

Colombo, PR / Novembro, 2024

Perfil de compostos fenólicos da farinha de pinhão integral cozido com diferentes tamanhos de partículas

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Maria Josikelvya de Oliveira Almeida⁽¹⁾, Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley⁽¹⁾, Natália Duarte de Lima⁽¹⁾, Larissa Montibeller⁽²⁾, Carlise Beddin Fritzen Freire⁽³⁾, Cristiane Vieira Helm⁽⁴⁾, Renata Dias de Mello Castanho Amboni⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudantes de doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. ⁽²⁾ Estudantes de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. ⁽³⁾ Professora adjunta, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. ⁽⁴⁾ Pesquisadora, Embrapa Florestas, Colombo, PR. ⁽⁵⁾ Professora titular, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Introdução

Os compostos fenólicos são fitoquímicos de extrema importância para os organismos vegetais, uma vez que são constituintes da parede celular das plantas e responsáveis não apenas por características de textura, coloração, aroma e sabor, como também pelo crescimento e proteção contra mudanças ambientais, ataques externos e doenças (Dehghanian et al., 2022). O potencial bioativo desses compostos passou a ser amplamente investigado com o intuito de promover suas propriedades biológicas e efeitos benéficos para o organismo humano, com destaque para sua atividade antioxidante, visando suas aplicações nas indústrias de alimentos e farmacêuticas (Mikołajczak et al., 2021; Bondam et al., 2022).

Existem diversos relatos sobre a importância desses compostos para a saúde, uma vez que atuam na proteção contra doenças e na manutenção do organismo (Golonko et al., 2019; Arruda et al., 2020; Hadrach et al., 2022; Alves et al., 2023). Outras atividades biológicas também já foram identificadas, como ação antimicrobiana (Saricaoglu et al., 2023), anti-inflamatória, antitumoral (Liu et al., 2023) e cicatrizante (Mssillou et al., 2022), entre outras (Zhang et al., 2022). Considerando que os vegetais são as principais fontes desses fitoquímicos, suas

partes, bem como os subprodutos do seu processamento, podem ser empregadas para a obtenção desses compostos fenólicos, abrindo vertentes para a valorização de resíduos agroindustriais que, geralmente, são desperdiçados e descartados no meio ambiente (Alara et al., 2021; Gil-Martín et al., 2022). Neste sentido, o aproveitamento desses resíduos para a extração de compostos fenólicos tornou-se uma tendência mundial para a promoção do seu uso como recurso sustentável e para a exploração do seu potencial econômico (Mir-Cerdà et al., 2023; Sarangi et al., 2023). Seguindo este mesmo princípio, ao longo dos anos as pesquisas passaram a destacar a relevância de espécies nativas como fonte natural desses compostos, visando estimular o seu consumo e elevar a sua valorização comercial (Cittadini et al., 2021; Tischer et al., 2023).

O Brasil possui seis biomas onde espécies nativas disseminam-se amplamente devido ao clima e solo diversificado, mas que ainda não possuem elevada demanda comercial (Neri-Numa et al., 2018). Entre elas, está *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, uma espécie nativa com dispersão natural nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, da qual o pinhão (parte comestível) é extraído. Apesar da grande

importância ambiental, cultural e econômica para os estados produtores, esta espécie está ameaçada de extinção em decorrência do corte desordenado de sua madeira, necessitando, assim, de ações para sua preservação e de estímulos para o seu uso sustentável (Peralta et al., 2016).

O pinhão é um produto altamente nutritivo, livre de glúten e, tradicionalmente, é consumido em sua forma in natura após cocção ou destinado para a produção de farinha. No entanto, a falta de uma cadeia produtiva bem estruturada, aliada ao período de safra limitado, resulta em baixa comercialização e consumo restrito destes produtos (Gil et al., 2021). Destaca-se, ainda, que o descarte da casca do pinhão resulta em perdas de fibras e compostos fenólicos e impactos ambientais devido à elevada quantidade de resíduo acumulado (Peralta et al., 2016; Bellatto; Braguini, 2020). Considerando que diversas atividades biológicas do pinhão foram atribuídas à presença de compostos fenólicos em sua casca (Branco; Rodrigues, 2016), o uso integral do pinhão para a produção de farinha pode resultar em um alimento funcional, desde que devidamente aprovado para consumo humano pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), com elevada atividade antioxidante e sensorialmente atrativo.

A incorporação de materiais fibrosos em farinhas comerciais pode causar impactos tanto em sua composição e propriedades tecnológicas, como em sua composição fenólica (Memon et al., 2020). Entretanto, a redução e uniformização dos tamanhos das partículas estão sendo aplicadas para a obtenção de produtos integrais com qualidade satisfatória (Sun et al., 2023). Desta maneira, o peneiramento da farinha de pinhão integral pode resultar em um produto uniforme e com propriedades melhoradas, como relatado para farinhas de outras matrizes vegetais fibrosas (Ahmed et al., 2019; Bala et al., 2020). Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tamanho de partícula sobre os compostos fenólicos e atividade antioxidante da farinha de pinhão integral.

Metodologia

Os pinhões cedidos pela Embrapa Florestas (Colombo, Paraná) foram provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) e coletados na safra de 2021, no município de Colombo, Paraná, Brasil (25°17'30"S, 49°13'27"W). Os pinhões inteiros foram cozidos sob vapor d'água, em autoclave sob pressão de 1 atm e temperatura de 121 °C, durante 30 minutos. Posteriormente, foram secos em estufa

com circulação de ar sob temperatura de 60 °C, por 72 horas e triturados em moinho de facas tipo Willye (Fortinox, STAR FT-50, Brasil) com peneira de granulometria de 40 *mesh*. O peneiramento da farinha integral (farinha controle) foi realizado em RO-TAP (Tyler, modelo RX-29-16, Estados Unidos) equipado com peneiras granulométricas padrão ABNT, em ordem decrescente de abertura (30, 70, 100, 140 *mesh* e base). A fração retida na primeira peneira foi descartada e as frações retidas nas demais peneiras, incluindo a base, foram coletadas e classificadas como 210, 149, 105 e < 105 µm.

O preparo dos extratos hidroalcoólicos foi realizado conforme metodologia de Koehnlein et al. (2012), com adaptações. Aproximadamente 2 g de farinha foram dissolvidos em 20 mL de etanol 70% v/v (etanol: água, 70:30 v/v). Em seguida a mistura foi homogeneizada em agitador magnético (IKA, RO 5, Brasil) sob 140 rpm, durante 3 horas, ao abrigo da luz. Por fim, os extratos foram centrifugados a 2.147 rpm, por 10 minutos (Centrifuga Hermle, Z200A, Alemanha) e os sobrenadantes foram coletados.

A identificação e quantificação de compostos fenólicos dos extratos foi realizada em um sistema de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem, com ionização por eletrospray (LC-ESI-MS/MS), seguindo os mesmos parâmetros de Seraglio et al. (2016). O cromatógrafo líquido utilizado foi da série Agilent 1290 (Agilent Technologies, Wilmington, DE, EUA), acoplado a um espectrômetro de massa híbrido de armadilha linear de íons quadrupolo QTRAP 5500 (Sciex, Foster City, CA, EUA) equipado com uma fonte de ionização por eletropulverização (ESI). Para a separação foi utilizada uma coluna Zorbax Eclipse Plus C18 (3,0 x 100 mm, 3,5 µm) da Agilent. As fases móveis compostas pelo solvente A (água com 0,1% v/v de ácido fórmico) e solvente B (acetonitrila com 0,1% v/v de ácido fórmico) foram utilizadas. A obtenção dos dados foi baseada no modo de monitoramento de múltiplas reações (MRM) e o tratamento foi realizado em software Analyst 1.6.2 (AB Sciex, Foster City, CA). Os valores foram expressos em µg/g e apresentados como média ± desvio padrão.

Os compostos fenólicos totais foram quantificados seguindo a metodologia de Singleton e Rossi (1965). As leituras de absorbâncias foram realizadas em duplicata, em espectrofotômetro (Hitachi, U-1800, Japão) no comprimento de onda de 760 nm. Os resultados foram calculados com base em uma curva padrão de ácido gálico ($y = 0,0012x - 0,0066$, $R^2 = 0,999$) e expressos em mg Equivalente de Ácido Gálico por grama de amostra. A atividade

antioxidante in vitro foi avaliada pela determinação da capacidade de redução do íon férrico (FRAP), calculada com base na curva padrão de Trolox ($y = 0,0018x + 0,0379$, $R^2 = 0,993$) e pela determinação da capacidade de captura do radical livre ABTS^{•+}, calculada com base na curva padrão de Trolox ($y = 0,0729x + 0,7168$, $R^2 = 0,999$). As leituras de absorbâncias foram realizadas em duplicata, em espectrofotômetro UV-Vis (Hitachi, U-1800, Japão), nos comprimentos de onda de 595 nm e 734 nm, respectivamente. Os resultados foram expressos em μmol Equivalente de Trolox (TEAC) por grama de amostra. Esses resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software StatSoft. Inc. ASSISTAT versão 7.0.

Resultados

A aparência da farinha integral de pinhão com diferentes tamanhos de partículas são apresentadas na Figura 1. A farinha integral de pinhão apresentou uma grande variedade de compostos fenólicos, com 13 identificados na amostra controle e 15 nas amostras após o fracionamento (Tabela 1), compreendendo 6 ácidos fenólicos (ácido 3,4-dihidroxibenzoico, ácido elágico, ácido gálico, ácido benzoico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico) e 1 derivado do ácido cinâmico (cumarina) (Soares, 2002; Damodaran et al., 2010), 5 flavonóis ((+)-catequina, (-)-epicatequina, kaempferol, pinobanksina e quercetina), 2 flavanonas (naringenina e pinocembrina) (Abdulkhaleq et al., 2017; Kumar et al., 2020; Kopustinskiene et al., 2021; Shen et al., 2022), e um aldeído fenólico derivado da lignina (coniferaldeído) (Cernîșev, 2017). Alguns desses compostos também podem ser encontrados em outras partes de *Araucaria angustifolia*, como caule, nós, folhas, brácteas e sementes, além da resina e própolis oriundos da planta, e estão fortemente relacionados com a sua atividade antioxidante e outras atividades

biológicas (Branco; Rodrigues, 2016). Portanto, a farinha do pinhão integral com diferentes tamanhos de partículas apresenta grande potencial como ingrediente funcional (Helm et al., 2020).

A presença de quercetina, epicatequina, catequina, ácido 3,4-dihidroxibenzoico, ácido gálico e ácido ferúlico já foi relatada anteriormente, para a casca do pinhão, água de cozimento e pinhões inteiros crus ou cozidos (Koehnlein et al., 2012; Freitas et al., 2018; Santos et al., 2018). Também foi relatada a presença de kaempferol nas brácteas estéreis de *A. angustifolia* (Fischer et al., 2022), ácido benzoico e álcool coniferílico em nanossuspensão elaborada a partir da casca do pinhão (Lima et al., 2020) e coniferaldeído na água do cozimento de pinhões (Cunha et al., 2021).

Não foram encontrados estudos relatando a presença de ácido elágico, cumarina, pinobanksina, naringenina e pinocembrina no pinhão, farinha ou outros subprodutos.

O ácido elágico é um derivado dimérico do ácido gálico, resultante da hidrólise de elagitânicos, e possui efeito hepatoprotetor, ação antioxidante, atividade antiangiogênica, ação moduladora e potencial para o tratamento de infecções (Girish; Pradhan, 2017). A cumarina é uma benzopirona (1,2 benzopirona) com propriedades aromáticas, empregada em fragrâncias de perfumes e cosméticos (Eggleston, 2024).

A pinocembrina (5,7-diidroxiflavanona) é utilizada em fármacos devido à sua atuação como agente antimicrobiano, anti-inflamatório, antioxidante e anticancerígeno (Rasul et al., 2013). A pinobanksina é um antioxidante encontrado no mel e no girassol, duas ricas fontes desse composto e a naringenina é um antioxidante com atividade antiproliferativa encontrado com maior abundância nas frutas cítricas (Ziaullah, 2015). Esses compostos podem contribuir para as atividades biológicas da farinha do pinhão.

A quercetina possui propriedades antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena e neuroprotetora (Javanbakht et al., 2023). O ácido 3,4-dihidroxibenzoico está relacionado com a presença de ácido



Figura 1. Farinha de pinhão integral com diferentes tamanhos de partículas. Farinha integral não peneirada (A); 210 μm (B); 149 μm (C); 105 μm (D) e < 105 μm (E).

protocatecuico (Lorigooini et al., 2020). Em conjunto com a (-)-epicatequina, (+)-catequina, ácido gálico e ácido ferúlico compreendem os taninos condensados da casca do pinhão (Silva et al., 2014; Santos et al., 2018). Os taninos condensados da casca do pinhão possuem a capacidade de inibir α -amilases, sendo capaz de promover a redução da glicemia e a perda de peso corporal, além de controlar a

obesidade (Silva et al., 2014). Ainda, estes compostos são capazes de inibir a lipase pancreática, podendo reduzir indiretamente os níveis de triglicérides no sangue (Oliveira et al., 2015).

Observando-se o perfil de fenólicos da farinha de pinhão integral com diferentes tamanhos de partículas (Tabela 1), pode-se notar que a quercetina apresenta quantidade elevada em todas as

Tabela 1. Perfil de fenólicos da farinha de pinhão integral com diferentes tamanhos de partículas.

Composto fenólico ($\mu\text{g/g}$)	Controle	210 μm	149 μm	105 μm	<105 μm
Quercetina	223,34 $\pm$ 2,69 b	236,75 $\pm$ 3,44 a	160,67 $\pm$ 1,44 c	133,93 $\pm$ 3,43 d	212,27 $\pm$ 7,82 b
(-)-epicatequina	86,39 $\pm$ 8,10 a	69,82 $\pm$ 1,50b c	61,17 $\pm$ 0,74 cd	57,07 $\pm$ 1,41 d	74,00 $\pm$ 4,41 b
(+)-catequina	37,89 $\pm$ 1,54 a	29,65 $\pm$ 0,13 b	25,40 $\pm$ 1,10 c	23,56 $\pm$ 0,86 c	32,46 $\pm$ 0,46 b
Ácido 3,4-dihidro-xibenzoico	24,98 $\pm$ 0,28 c	26,32 $\pm$ 0,32 b	25,04 $\pm$ 0,20 c	22,44 $\pm$ 0,38 d	28,82 $\pm$ 0,20 a
Ácido gálico	5,92 $\pm$ 0,23 b	5,29 $\pm$ 0,14 c	5,39 $\pm$ 0,08 c	4,36 $\pm$ 0,14 d	7,16 $\pm$ 0,20 a
Ácido ferúlico	1,58 $\pm$ 0,16 a	1,05 $\pm$ 0,15 b	0,82 $\pm$ 0,10 b	0,82 $\pm$ 0,14 b	1,02 $\pm$ 0,14 b
Coniferaldeído	1,45 $\pm$ 0,05 a	1,10 $\pm$ 0,01 b	0,74 $\pm$ 0,02 c	0,55 $\pm$ 0,02 d	1,05 $\pm$ 0,03 b
Cumarina	1,16 $\pm$ 0,06 a	0,86 $\pm$ 0,13 bc	0,72 $\pm$ 0,07 c	0,72 $\pm$ 0,05 c	1,08 $\pm$ 0,16 ab
Naringenina	0,75 $\pm$ 0,02 b	0,92 $\pm$ 0,03 a	0,50 $\pm$ 0,00 c	0,41 $\pm$ 0,01d	0,73 $\pm$ 0,04 b
Ácido p-cumárico	0,67 $\pm$ 0,03 a	0,56 $\pm$ 0,01 b	0,49 $\pm$ 0,00 c	0,53 $\pm$ 0,01 bc	0,49 $\pm$ 0,02 c
Pinobanksina	0,60 $\pm$ 0,02 b	0,72 $\pm$ 0,03 a	0,45 $\pm$ 0,01 c	0,38 $\pm$ 0,01 d	0,59 $\pm$ 0,02 b
kaempferol	0,55 $\pm$ 0,02 a	0,54 $\pm$ 0,01 a	0,44 $\pm$ 0,02 a	0,37 $\pm$ 0,01 a	0,62 $\pm$ 0,02 a
Ácido elágico	0,45 $\pm$ 0,03 a	0,39 $\pm$ 0,06 a	0,38 $\pm$ 0,14 a	0,59 $\pm$ 0,14 a	0,46 $\pm$ 0,24 a
Pinocembrina	< LOQ ⁽¹⁾	0,59 $\pm$ 0,01 a	< LOQ	< LOQ	0,34 $\pm$ 0,01 b
Ácido benzoico	< LOQ	0,30 $\pm$ 0,00 c	0,32 $\pm$ 0,00 b	0,37 $\pm$ 0,00 a	0,30 $\pm$ 0,00 c

Média $\pm$ Desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras com diferentes granulometrias ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾LOQ: limite de quantificação.

amostras, seguida pela (-)-epicatequina, (+)-catequina, ácido 3,4-dihidroxibenzoico e ácido gálico. Observa-se, ainda, que a fração com maior tamanho de partícula (210 μm) apresentou aumento significativo nas concentrações de quercetina, naringenina, pinobanksina e pinocembrina, em comparação com as demais.

A (-)-epicatequina, (+)-catequina, ácido ferúlico, coniferaldeído e ácido p-cumárico apresentaram redução significativa em todas as amostras peneiradas, em relação ao controle, demonstrando uma influência negativa do fracionamento sobre a liberação destes compostos, enquanto os teores de ácido 3,4-dihidroxibenzoico e ácido gálico aumentaram significativamente com a redução da partícula, tendo em vista que a amostra com < 105 μm apresentou valores estatisticamente maiores que as demais amostras.

O ácido benzoico e a pinocembrina apresentaram valores abaixo do limite de quantificação na farinha integral não peneirada (controle), aumentando significativamente após o peneiramento, sugerindo um acréscimo na liberação destes compostos após a padronização e redução das partículas. Contudo, o fracionamento não provocou alterações significativas nas concentrações de cumarina, kaempferol e ácido elágico, pois todas as amostras apresentaram valores estatisticamente semelhantes.

Os teores de compostos fenólicos totais das farinhas obtidas (Tabela 2) foram próximos ao relatado por Freitas et al. (2018) para a casca do pinhão (15, 53 mg/g), com exceção da fração retida na peneira de 105 μm na qual o valor de Compostos fenólicos totais (CFT) foi ligeiramente menor. Não houve comportamento linear no teor destes compostos à medida que o tamanho de

Tabela 2. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da farinha de pinhão integral com diferentes tamanhos de partículas.

Análises ⁽¹⁾	Controle	210 µm	149 µm	105 µm	<105 µm
CFT (mg EAG/g ⁽²⁾)	12,83 ± 0,12 c	14,23 ± 0,12 b	12,57 ± 0,12 c	4,24 ± 0,14 d	15,28 ± 0,12 a
FRAP (µmol TEAC/g ⁽³⁾)	70,95 ± 8,81 a	73,79 ± 5,48 a	77,06 ± 4,23 a	81,12 ± 4,39 a	88,29 ± 2,57 a
ABTS ⁺ (µmol TEAC/g)	83,06 ± 2,64 c	97,53 ± 0,79 b	88,78 ± 1,59 bc	55,83 ± 3,18 d	136,47 ± 2,10 a

Média ± Desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras com diferentes granulometrias ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ CFT: Compostos fenólicos totais. FRAP: Poder antioxidante de redução do ferro. ABTS⁺: Captura do radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) (ABTS). ⁽²⁾ EAG/g = Equivalente de Ácido Gálico por grama, ⁽³⁾ TEAC/g = atividade antioxidante equivalente ao Trolox.

partícula diminuiu, uma vez que foi registrado um aumento significativo de CFT na amostra com partículas maiores (210 µm), seguida de redução nas frações com partículas de tamanho médio (149 e 105 µm) e novo aumento na fração com partículas menores que 105 µm. Esse comportamento foi diferente do relatado para farinhas elaboradas com outras matrizes, como trigo sarraceno e quinoa, que apresentaram redução gradual e aumento gradual no conteúdo de fenólicos, respectivamente, conforme o tamanho de partícula foi reduzido (Ahmed et al., 2019; Martín-García et al., 2019). Deste modo, o conteúdo de fenólicos de diferentes vegetais assume comportamentos distintos, podendo estar relacionado com as diferenças estruturais, a composição química ou o tipo de processamento empregado.

As amostras com 210 e < 105 µm apresentaram a maior retenção dos compostos fenólicos (14,23 e 15,28 mg EAG/g, respectivamente) quando comparadas com o controle (12,83 mg EAG/g) e com as demais amostras, podendo ser reflexo do acúmulo de maiores quantidades de casca nestas amostras, uma vez que é a principal fonte de fenólicos do pinhão (Helm et al., 2020; Costa et al., 2022).

O mesmo comportamento foi observado para a atividade antioxidante por meio do ensaio de captura do radical ABTS, no qual as frações com 210 e < 105 µm também apresentaram maiores valores (97,53 e 136,47 µmol TEAC/g, respectivamente) quando comparados com o controle (83,06 µmol TEAC/g) e com as demais frações.

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os valores encontrados para a atividade antioxidante determinada pelo ensaio de redução do íon férrico, os valores de atividade antioxidante encontrados para todas as amostras de farinha foram superiores ao relatado para extratos etanólicos da casca do pinhão (Freitas et al., 2018).

Com base nos resultados obtidos, foi observado que o tamanho de partícula influenciou significativamente o conteúdo de compostos fenólicos totais da farinha integral de pinhão, uma vez que as concentrações foram estatisticamente maiores nas amostras com 210 e < 105 µm, em relação às demais amostras. Todas as frações analisadas neste estudo apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais em comparação com a farinha de pinhão cozido sem a casca (0,003 mg EAG/g) elaborada por Helm et al. (2020), além de maior atividade antioxidante, tendo em vista que não foi detectada atividade antioxidante para a farinha de pinhão cozido sem a casca, por ambos os métodos. Este resultado mostrou que a inclusão da casca resultou na incorporação de antioxidantes à farinha integral de pinhão com diferentes granulometrias, que podem ser utilizadas como ingredientes para o enriquecimento de produtos panificáveis, cremes, sopas, massas, entre outros alimentos com fibras e antioxidantes com base em seu tamanho de partícula, desde que devidamente aprovada para consumo humano pela Anvisa. Esta aplicação pode ser expandida também para uma variedade de alimentos sem glúten, com melhoria das propriedades nutricionais, uma vez que o pinhão também é rico em carboidratos e minerais, tendo-se o mesmo cuidado de uso apenas após aprovação da Anvisa (Barbosa et al., 2019; Reis et al., 2021).

No entanto, é necessária uma investigação mais aprofundada sobre os efeitos do tamanho de partículas da farinha integral de pinhão sobre as características tecnológicas e aceitação sensorial destes produtos, para garantir um destino adequado a cada tipo de farinha.

Este trabalho apresenta alinhamento às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela agenda 2030 das Nações Unidas (ONU), especialmente os objetivos 2, 8, 12 e 15. A farinha de pinhão como ingrediente, rico em

fibras alimentares, para a produção de barra de cereais, é mais uma opção de novos produtos para a indústria de alimentos funcionais. As barras de cereais são produtos com alto valor agregado, o que contribui para aumentar a diversidade de produtos com pinhão. Além de disponibilizar o produto o ano todo nas prateleiras dos supermercados em todo o Brasil, já que o pinhão é um produto nativo, sazonal e regional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à SL Alimentos pelo suporte durante o fracionamento da farinha, ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) pelas análises de LC-ESI-MS/MS, ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGCAL), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Código de Financiamento 001 - n.88887.495397/2020-00) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - n.140616/2021-7 e PQ1D n. 305007/2022-0).

Referências

- ABDULKHALEQ, L. A.; ASSI, M. A.; NOOR, M. H. M.; ABDULLAH, R.; SAAD, M. Z.; TAUFIQ-YAP, Y. H. Therapeutic uses of epicatechin in diabetes and cancer. **Veterinary World**, v. 10, n. 8, p. 869-872, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.869-872>.
- AHMED, J.; THOMAS, L.; ARFAT, Y. A. Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. **Food Research International**, v. 116, p. 302-311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.039>.
- ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: a review. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 200-214, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>.
- ALVES, J. L. B.; BRASIL, J. M. A.; MAIA, L. A.; LIMA, M. C.; SAMPAIO, K. B.; SOUZA, E. L. Phenolic compounds in hypertension: Targeting gut-brain interactions and endothelial dysfunction. **Journal of Functional Foods**, v. 104, p. 105531, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105531>.
- ARRUDA, H. S.; NERI-NUMA, I. A.; KIDO, L. A.; JÚNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. **Journal of Functional Foods**, v. 75, p. 104203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104203>.
- BALA, M.; HANDA, S.; MRIDULA, D.; SINGH, R. K. Physicochemical, functional and rheological properties of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) flour as influenced by particle size. **Heliyon**, v. 6, n. 11, e05471, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05471>.
- BARBOSA, J. Z.; DOMINGUES, C. R. S.; POGGERE, G. C.; MOTTA, A. C. V.; REIS, A. R.; MORAES, M. F.; PRIOR, S. A. Elemental composition and nutritional value of *Araucaria angustifolia* seeds from subtropical Brazil. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 1073-1077, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03555-y>.
- BELLATTO, G. A.; BRAGUINI, W. L. Assessment of the use of cooked *Araucaria angustifolia* seed coats extract as food for brine shrimp. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, n. 9, p. 813-819, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1786327>.
- BONDAM, A. F.; SILVEIRA, D. D.; SANTOS, J. P.; HOFFMANN, J. F. Phenolic compounds from coffee by-products: extraction and application in the food and pharmaceutical industries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 123, p. 172-186, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>.
- BRANCO, C. S.; RODRIGUES, T. S. Chemical constituents and biological activities of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: a review. **Journal of Organic & Inorganic Chemistry**, v. 2, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21767/2472-1123.100008>.
- CERNÎȘEV, S. Analysis of lignin-derived phenolic compounds and their transformations in aged wine distillates. **Food Control**, v. 73, p. 281-290, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.015>.
- CITTADINI, M. C.; GARCÍA-ESTÉVEZ, I.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; BODOIRA, R. M.; BARRIONUEVO, D.; MAESTRI, D. Nutritional and nutraceutical compounds of fruits from native trees (*Ziziphus mistol* and *Geoffroea decorticans*) of the dry chaco forest. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 97, p. 103775, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103775>.
- COSTA, A.; TIMM, T. G.; HELM, C. V.; TAVARES, L. B. B. Pinhão seeds and coats: drying process and flour characterization for application in food products. **Industrial Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 214-223, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1089/ind.2021.0030>.
- CUNHA, I. P.; GONÇALVES, E. K.; NASCIMENTO L. E. S.; MELO, D. W.; BILUCA, F. C.; VITALI, L.; COSTA, A. C. O.; RIBEIRO, D. H. B.; AMANTE, E. R. *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto kuntze): comparative evaluation of phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of seeds cooking water. **Research, Society and**

Development, v. 10, n. 9, p. e8810917942, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17942>.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: RS: Artmed, 2010.

DEHGHANIAN, Z.; HABIBI, K.; DEHGHANIAN, M.; ALIYAR, S.; LAJAYER, B. A.; ASTATKIE, T.; MINKINA, T.; KESWANI, C. Reinforcing the bulwark: unravelling the efficient applications of plant phenolics and tannins against environmental stresses. **Heliyon**, v. 8, n. 3, p. e09094, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09094>.

EGGLESTON, W. Coumarins. In: WEXLER, P. **Encyclopedia of toxicology**. Amsterdam: Elsevier, 2024. p. 293-297. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00541-8>.

FISCHER, T. E.; MARCONDES, A.; ZARDO, D. M.; NOGUEIRA, A.; CALHELHA, R. C.; VAZ, J. A.; BARROS, L.; ZIELINSKI, A. A. F.; ALBERTI, A. Bioactive activities of the phenolic extract from sterile bracts of *Araucaria angustifolia*. **Antioxidants**, v. 11, n. 12, p. 2431, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11122431>.

FREITAS, T. B.; SANTOS, C. H. K.; SILVA, M. V.; SHIRAI, M. A.; DIAS, M. I.; BARROS, L.; BARREIRO, M. F. FERREIRA, I. C. F. R.; GONÇALVES, O. H.; LEIMANN, F. V. Antioxidants extraction from Pinhão (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) coats and application to zein films. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 15, p. 28-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.006>.

GIL, B. V.; MOURA, A. P. C.; SACHET, M. R.; RIBAS, M. F.; PERTILLE, R. H.; ROHR, A.; PEREIRA, E. A.; DANNER, M. A. Proximate composition and kinetics drying of sweet pine nuts compared to typical nuts of *Araucaria angustifolia*. **Ciência Rural**, v. 51, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200399>.

GIL-MARTÍN, E.; FORBES-HERNÁNDEZ, T.; ROMERO, A.; CIANCIOSI, D.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. Influence of the extraction method on the recovery of bioactive phenolic compounds from food industry by-products. **Food Chemistry**, v. 378, p. 131918, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131918>.

GIRISH, C.; PRADHAN, S. C. Herbal drugs on the liver. In: MURIEL, P. **Liver pathophysiology: therapies and antioxidants**. Saint Louis: Elsevier, 2017. p. 605-620. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804274-8.00044-8>.

GOLONKO, A.; PIENKOWSKI, T.; SWISLOCKA, R.; LAZNY, R.; ROSZKO, M.; LEWANDOWSKI, W. Another look at phenolic compounds in cancer therapy the effect of polyphenols on ubiquitin-proteasome

system. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 167, p. 291-311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.01.044>.

HADRIKH, F.; CHAMKHA, M.; SAYADI, S. Protective effect of olive leaves phenolic compounds against neurodegenerative disorders: promising alternative for Alzheimer and Parkinson diseases modulation. **Food and Chemical Toxicology**, v. 159, p. 112752, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112752>.

HELM, C. V.; MATOS, M.; LIMA, G. G.; MAGALHAES, W. L. E. **Produção de farinha de pinhão funcional com compostos bioativos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 452). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124119/1/CT-452-1811-final.pdf>.

JAVANBAKHT, P.; YAZDI, F. R.; TAGHIZADEH, F.; KHADIVI, F.; HAMIDABADI, H. G.; KASHANI, I. R.; ZARINI, D.; MOJAVERROSTAMI, S. Quercetin as a possible complementary therapy in multiple sclerosis: Anti-oxidative, anti-inflammatory and remyelination potential properties. **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e21741, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21741>.

KOEHNLEIN, E. A.; CARVAJAL, A. E. S.; KOEHNLEIN, E. M.; COELHO-MOREIRA, J. D. S.; INÁCIO, F. D.; CASTOLDI, R.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M. Antioxidant activities and phenolic compounds of raw and cooked Brazilian pinhão (*Araucaria angustifolia*) seeds. **African Journal of Food Science**, v. 6, n. 21, p. 512-518, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJFS12.128>.

KOPUSTINSKIENE, D. M.; BERNATONIENE, J.; JAKSTAS, V.; MORKUNIENE, R. The effects of catechins on the cardiac mitochondria. In: OLIVEIRA, M. R. (ed.). **Mitochondrial physiology and vegetal molecules**. [s.l.] Elsevier, 2021. p. 471-487. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821562-3.00012-5>.

KUMAR, R.; TSVETKOV, D. E.; VARSHNEY, V. K.; NIFANTIEV, N. E. Chemical constituents from temperate and subtropical trees with reference to knotwood. **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112077, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112077>.

LIMA, G. G. de; MIRANDA, N. B.; TIMM, T. G.; MATOS, M.; LIMA, T. A. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; TAVARES, L. B. B.; HANSEL, F. A.; HELM, C. V. Characterisation and *in vivo* evaluation of *Araucaria angustifolia* pinhão seed coat nanosuspension as a functional food source. **Food & Function**, v. 11, n. 11, p. 9820-9832, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0FO02256J>.

LIU, W.; CUI, X.; ZHONG, Y.; MA, R.; LIU, B.; XIA, Y. Phenolic metabolites as therapeutic in inflammation and neoplasms: Molecular pathways explaining their efficacy. **Pharmacological Research**, v. 193, p. 106812, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106812>.

LORIGOOINI, Z.; JAMSHIDI-KIA, F.; HOSSEINI, Z. Analysis of aromatic acids (phenolic acids and hydroxycinnamic acids). In: SILVA, A. S.; NABAVI, S. F.; SAEEDI, M.; NABAVI, S. M. (ed.). **Recent advances in natural products analysis**. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 199-219. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816455-6.00004-4>.

MARTÍN-GARCÍA, B.; PASINI, F.; VERARDO, V.; GÓMEZ-CARAVACA, A. M.; MARCONI, E.; CABONI, M. F. Use of sieving as a valuable technology to produce enriched buckwheat flours: a preliminary study. **Antioxidants**, v. 8, n. 12, p. 583, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8120583>.

MEMON, A. A.; MAHAR, I.; MEMON, R.; SOOMRO, S.; HARNLY, J.; MEMON, N.; BHANGAR, M. I.; LUTHRIA, D. L. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, p. 103358, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103358>.

MIKOŁAJCZAK, N.; TAŃSKA, M.; OGRODOWSKA, D. Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 110-138, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.046>.

MIR-CERDÀ, A.; NUNEZ, O.; GRANADOS, M.; SENTELLAS, S.; SAURINA, J. An overview of the extraction and characterization of bioactive phenolic compounds from agri-food waste within the framework of circular bioeconomy. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 161, p. 116994, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.116994>.

MSSILLOU, I.; BAKOUR, M.; SLIGHOUA, M.; LAAROUSSI, H.; SAGHROUCHNI, H.; AMRATI, F. E. Z.; LYOUSSI, B.; DERWICH, E. Investigation on wound healing effect of Mediterranean medicinal plants and some related phenolic compounds: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 298, p. 115663, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115663>.

NERI-NUMA, I. A.; SANCHÓ, R. A. S.; PEREIRA, A. P. A.; PASTORE, G. M. Small Brazilian wild fruits: nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345-360, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.053>.

OLIVEIRA, R.; GONÇALVES, G. A.; INÁCIO, F. D.; KOEHNLEIN, E. A.; SOUZA, C. G. M.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M. Inhibition of pancreatic lipase and triacylglycerol intestinal absorption by a pinhão coat (*Araucaria angustifolia*) extract rich in condensed tannin. **Nutrients**, v. 7, n. 7, p. 5601-5614, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7075242>.

PERALTA, R. M.; KOEHNLEIN, E. A.; OLIVEIRA, R. F.; CORREA, V. G.; CORRÊA, R. C.; BERTONHA, L.; BRACHT, A.; FERREIRA, I. C. Biological activities and chemical constituents of *Araucaria angustifolia*: an effort to recover a species threatened by extinction. **Trends in Food Science & Technology**, v. 54, p. 85-93, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.013>.

RASUL, A.; MILLIMOUNO, F. M.; ALI ELTAYB, W.; ALI, M.; LI, J.; LI, X. Pinocembrin: A Novel natural compound with versatile pharmacological and biological activities. **BioMed Research International**, v. 2013, p. 1-9, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/379850>.

REIS, N. N.; TAIRA, J. Y.; QUAST, L. B.; QUAST, E.; JUNIOR, A. M.; GARAIS, B. S. Microwave and convective air on drying of *Araucaria angustifolia* seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, supl. 1, p. 1487-1498, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1487>.

SANTOS, C. H. K.; BAQUETA, M. R.; COQUEIRO, A.; DIAS, M. I.; BARROS, L.; BARREIRO, M. F.; FERREIRA, I. C. F. R.; GONÇALVES, O. H.; BONA, E.; SILVA, M. V.; LEIMANN, F. V. Systematic study on the extraction of antioxidants from pinhão (*Araucaria angustifolia* (bertol.) Kuntze) coat. **Food Chemistry**, v. 261, p. 216-223, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.057>.

SARANGI, P. K.; VIVEKANAND, V.; MOHANAKRISHNA, G.; PATNAIK, B.; MUDDAPUR, U. M.; AMINABHAVI, T. M. Production of bioactive phenolic compounds from agricultural by-products towards bioeconomic perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 414, p. 137460, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137460>.

SARICA OGLU, B.; SUBAŞI, B. G.; KARBANCIOGLU-GULER, F.; LORENZO, J. M.; CAPANOGLU, E. Phenolic compounds as natural microbial toxin detoxifying agents. **Toxicon**, v. 222, p. 106989, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.106989>.

SERAGLIO, S. K. T.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; BERGAMO, G.; AZEVEDO, M. S.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Development and validation of a LC-ESI-MS/MS method for the determination of phenolic compounds in honeydew honeys with the diluted-and-shoot approach. **Food Research International**, v. 87, p. 60-67, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.019>.

SHEN, N.; WANG, T.; GAN, Q.; LIU, S.; WANG, L.; JIN, B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 383, p. 132531, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531>.

SILVA, S. M.; KOEHNLEIN, E. A.; BRACHT, A.; CASTOLDI, R.; MORAIS, G. R.; BAESSO, M. L.;

PERALTA, R. A.; SOUZA, C. G. M.; SÁ-NAKANISHI, A. B.; PERALTA, R. M. Inhibition of salivary and pancreatic α -amylases by a pinhão coat (*Araucaria angustifolia*) extract rich in condensed tannin. **Food Research International**, v. 56, p. 1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.004>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732002000100008>.

SUN, X.; BU, Z.; QIAO, B.; DRAWBRIDGE, P.; FANG, Y. The effects of wheat cultivar, flour particle size and bran content on the rheology and microstructure of dough and the texture of whole wheat breads and noodles. **Food**

Chemistry, v. 410, p. 135447, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135447>.

TISCHER, B.; PANGLOLI, P.; NIETO-VELOZA, A.; REEDER, M.; DIA, V. P. Bioactive compounds, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of native fruits from Brazil. **Plos One**, v. 18, n. 5, p. e0285625, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285625>.

ZHANG, Y.; CAI, P.; CHENG, G.; ZHANG, Y. A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity. **Natural Product Communications**, v. 17, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>.

ZIAULLAH, H. P.V. R. Application of NMR spectroscopy in plant polyphenols associated with human health. In: RAHMAN, A.-U.-; CHOUDHARY, M. I. (ed.). **Applications of NMR Spectroscopy**. Shāriqah: Bentham Science Publishers, 2015. v. 2, p. 3-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-60805-999-7.50001-X>.

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba
Caixa Postal 319
83411-000 Colombo, PR
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Vice-presidente: *José Elidney Pinto Júnior*
Secretária-executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Annete Bonnet, Cristiane Aparecida Fioravante Reis, Elenice Fritzsons, Guilherme Schnell e Schühli, Marilice Cordeiro Garrastazú, Sandra Bos Mikich, Susete do Rocio Chiarello Penteado e Valderês Aparecida de Sousa*

Comunicado Técnico 504

ISSN 1517-5030 / e-ISSN 1980-3982
Novembro, 2024

Edição executiva e revisão de texto: *José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche* (CRB-9/1204)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Celso Alexandre de O. Eduardo*

Publicação digital: PDF



Ministério da Agricultura e
Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.