

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO RESÍDUO DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC)

Data de aceite: 03/06/2024

Sérgio Dantas de Oliveira Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Natal - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/4641007172823726>

Jocélia Pinheiro Santos

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus - Amazonas
<https://orcid.org/0000-0001-8428-2719>

Sidnei Cerqueira dos Santos

Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa)
Marabá - Pará
<https://orcid.org/0000-0003-1169-256X>

RESUMO: Este estudo investigou a caracterização físico-química e nutricional do resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* DC), visando contribuir com a valorização do produto resultante após o processamento. O resíduo de acerola foi cedido por uma indústria de fruta do Rio Grande do Norte, Brasil. O resíduo foi submetido ao despolpamento mecânico, seco em estufa, triturado e caracterizado por técnicas físico-químicas tradicionais. A baixa umidade e

atividade de água observadas são atributos desejáveis para aumentar a preservação e facilitar o uso do resíduo de acerola como substrato em processos fermentativos. Os resultados mostraram que a secagem em estufa é uma estratégia eficaz e que exige menos energia para converter o resíduo de acerola em matéria-prima de valor agregado, sendo indicado como potencial substrato em processos biotecnológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Método de secagem, substrato, processos fermentativos.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF OVEN-DRIED ACEROLA RESIDUE (*Malpighia emarginata* DC)

ABSTRACT: This study investigated the physical-chemical and nutritional characterization of acerola residue (*Malpighia emarginata* DC), aiming to contribute to the valorization of the resulting product after processing. The acerola residue was provided by a fruit industry in Rio Grande do Norte, Brazil. The residue was subjected to mechanical pulping, dried in an oven, crushed and characterized using traditional physical-chemical techniques. The low humidity and water activity observed

are desirable attributes to increase preservation and facilitate the use of acerola residue as a substrate in fermentation processes. The results showed that oven drying is an effective strategy that requires less energy to convert acerola residue into value-added raw material, being indicated as a potential substrate in biotechnological processes.

KEYWORDS: Drying method, substrate, fermentative processes.

INTRODUÇÃO

A espécie *Malpighia emarginata* DC, conhecida popularmente como acerola, destaca-se como um dos frutos de maior cultivo no território brasileiro e possui capacidade de adaptação em diversas condições climáticas. É amplamente utilizada nas indústrias alimentícias, sendo empregada na produção de geleias, doces, sucos, entre outros, devido ao seu alto valor nutricional e riqueza em compostos bioativos. A incorporação desse fruto na dieta está associada à promoção da saúde dos consumidores, dada a sua contribuição para o aporte de nutrientes presentes nesta espécie (Alvarez-Suarez et al., 2018; Jaeschke et al., 2016; Paz et al., 2015).

Ao empregar frutas, como a acerola, na fabricação de produtos, ocorre a geração em larga escala de resíduos, resultantes das etapas de processamento dos frutos, englobando cascas, sementes, talos e bagaços. Esses resíduos apresentam elevadas concentrações de substâncias bioativas, frequentemente superiores às quantidades encontradas na polpa da fruta (Bortolotti et al., 2013; Michalska; Lysiak, 2014).

A obtenção da farinha ou pó de acerola ocorre mediante o processo de secagem da fruta *in natura* ou a partir dos subprodutos gerados na etapa de processamento. Esta abordagem se configura como uma alternativa para mitigar as perdas pós-colheita, em grande parte decorrentes da fragilidade das frutas durante a colheita e o transporte (Reis et al., 2017).

A transformação de resíduos agroindustriais, como cascas e partes dos frutos, representa uma alternativa para a valorização desses materiais, não apenas visando a obtenção de novos produtos, mas também como estratégia para mitigar impactos ambientais adversos. Dessa forma, o objetivo desse estudo concentrou-se na realização da caracterização físico-química e nutricional do resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* DC), visando contribuir com a valorização do produto resultante após o processamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Resíduo vegetal

O resíduo de acerola foi gentilmente doado pela indústria Delícia da Fruta, localizada em Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil. O fruto da acerola foi higienizado e submetido ao processo de despulpamento mecânico (Itametal, Compacta, Brasil), resultando no subproduto composto principalmente por cascas, além de polpa residual e sementes (Figura 1). O resíduo de acerola foi acondicionado em sacos de polietileno e mantido congelado a -20°C até o seu uso.



Figura 1. Etapas do despulpamento da acerola: formação da polpa e do resíduo de acerola

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023

Condições de secagem

O processo de secagem em estufa foi conduzido a 50°C por 24 horas, utilizando uma estufa de secagem (Lucadema, LUCA-80/64, Brasil). Posteriormente, o material foi submetido à trituração em moinho de facas (Tecnal, TE-621, Brasil), e peneirados através de malha de 24 *mesh*. O pó do resíduo foi mantido em frasco de vidro protegido da luz a -20°C.

Rendimentos de secagem

Os rendimentos de secagem foram calculados como a recuperação total de sólidos após os processos de secagem, moagem e peneiramento. Os rendimentos foram definidos como a razão entre o teor de sólidos totais do resíduo de acerola seco e o teor de sólidos totais do bagaço de acerola *in natura* (Daza et al., 2016). Os resultados foram expressos em percentagem (%), como a média de três experiências de secagem independentes.

Caracterização do resíduo

Os parâmetros físico-químicos do material seco foram analisados conforme os métodos da Associação de Químicos Analíticos Oficiais (AOAC, 2006). A determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico, utilizando um analisador de umidade infravermelho (BEL Engineering, M5-iThermo 163L, Itália). A atividade de água (*aw*) foi avaliada utilizando um higrômetro de ponto de orvalho Aqualab® série 3 TE (Decagon Devices, Pullman, EUA). O teor de cinzas foi determinado por incineração a 550°C.

O pH foi determinado utilizando um potenciômetro digital (Instrutherm, pH 2600, Brasil). A acidez total foi avaliada por meio de titulação. O teor lipídico foi determinado por extração Soxhlet com hexano. O teor total de proteína foi avaliado pelo método Kjeldahl. A determinação do teor de pectina foi conduzida por meio de extração ácida, expressa em porcentagem (%), conforme descrito por Rangana (1979).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com Moraes et al. (2017). Após a realização do procedimento, o sobrenadante foi descartado e os sólidos restantes foram pesados. A proporção de CRA foi expressa como a massa de água retida por 1 g de amostras correspondente em base seca. A higroscopicidade foi avaliada conforme Correia et al. (2017). As amostras secas (0,5 g) foram acondicionadas em placas de Petri por 7 dias em dessecador contendo solução saturada de NaCl (UR 75,3%), à temperatura ambiente. O resultado foi expresso em porcentagem de absorção de umidade (%).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statística 7.0 (Tibco Statistica, Palo Alto, CA, EUA). Todos os testes foram realizados em triplicata ($n = 3$) e os dados apresentados como média e desvio padrão (DP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção do método de secagem adequado demanda atenção, visando otimizar a utilização do material residual, uma vez que diferentes processos podem influenciar nas características do produto (Correia et al., 2017).

O elevado teor de umidade presente nos bagaços de frutas (70-80%) os tornam suscetíveis à degradação microbiana e química, o que acaba prejudicando o uso dessa matéria-prima bioativa e rica em fibras. A aplicação de técnicas de secagem aplicadas aos bagaços de fruta são uma forma eficaz de reduzir a deterioração e permitir o reprocessamento dos subprodutos (Martins et al., 2018; Nóbrega et al., 2015).

O rendimento médio observado para o resíduo de acerola foi de 86,4% após o processo de secagem do material (Tabela 1). O elevado rendimento observado pode ser atribuído à natureza do resíduo de acerola, composto em grande parte por cascas de frutas e polpa residual, as quais apresentam facilidade de moagem após o processo de secagem.

O pó do resíduo de acerola apresentou baixo teor de umidade (1,58%), baixa atividade de água (0,365) e pH ácido (3,12 – 3,25) (Tabela 1), características que propiciam a preservação do produto contra reações deletérias e ataques microbianos (Nóbrega et al., 2015).

A acidez titulável teve um aumento já esperado após a secagem, o que também contribui para uma melhor preservação do pó de acerola. Esses resultados estão de acordo com os relatos de Rezende et al. (2018), usando extratos de acerola secos por pulverização, e bagaço de acerola seco em leite (Borges et al., 2016).

Análises	Resultados
Umidade (%)	1,58 ± 0,09
a_w	0,365 ± 0,01
pH	3,12 ± 0,02
AT (g ácido cítrico/ 100 g massa seca)	12,83 ± 0,04
Cinzas (%)	4,10 ± 0,04
Lípídeos (g/100 g massa seca)	3,40 ± 0,07
Proteína (g/100 g massa seca)	13,25 ± 0,03
Pectina (%)	14,09 ± 1,83
CRA (g água/g massa seca)	7,08 ± 0,17
Higroscopicidade (%)	15,59 ± 0,40

aw: atividade de água; AT: Acidez Titulável; CRA: Capacidade de retenção de água.

Tabela 1. Caracterização físico-química do resíduo de acerola

Teores significativos de cinzas e lípídeos podem estar relacionados à presença de minerais, fibras insolúveis e lipídios na estrutura morfológica das cascas e sementes dos frutos (Borges et al., 2016). O alto teor de proteína encontrado no pó do resíduo de acerola (13,25 g/100 g) foi superior ao da farinha de semente de acerola (8,51 ± 0,11 g/100g) e da farinha de bagaço de acerola (11,55 ± 0,09 g/100 g) obtidos por liofilização (Marques et al., 2013).

O alto teor de pectina observado (14,09%) é um atributo desejável para aplicações biotecnológicas do bagaço de acerola desidratado, indicando seu potencial como possível substrato indutor para à produção de enzimas pectinolíticas. Os teores médios de pectina foram semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2018) para cascas de maracujá (11–19%) e por Wikiera et al. (2016) para bagaço de maçã (10–20%).

Os resultados indicam que as amostras do resíduo de acerola possuem a capacidade de retenção de água de 7,08 ± 0,17 g água/g massa seca (Tabela 1). A CRA representa a capacidade que as amostras têm de absorver e reter água em suas estruturas (Ahmadi et al., 2019). Em geral, os resíduos agroindustriais apresentam teor significativo de fibras insolúveis, o que influencia a CRA das amostras em pó (López-Marcos et al., 2015).

Os resultados da higroscopicidade apresentados neste estudo corroboram com os relatados por Moraes et al. (2017), onde avaliaram a adição de transportadores de secagem durante a liofilização de polpa e bagaço de acerola e observaram valores semelhantes. Segundo Moraes et al. (2017), o material seco em estufa pode ser categorizado como higroscópico.

A absorção de água pelo substrato exerce influência direta no fenômeno de transferência de massa (Casciadori et al., 2015; Durand, 2003). Tanto a CRA e a higroscopicidade estão relacionadas a diferentes formas de retenção de água pelo substrato. Concomitantemente, o teor de água retido por conta do CRA preenche os espaços capilares e porosos, o que torna favorável para o uso microbiano durante o processo fermentativo (He; Chen, 2015; Yang, 1988). A aplicação de substratos higroscópicos e de alta retenção de água para a produção de enzimas celulolíticas em fermentação em estado sólido já foi descrito (Casciadori et al., 2015; Vijayaraghavan et al., 2016).

CONCLUSÃO

A secagem é uma estratégia eficaz e versátil para desenvolver formas alternativas de aproveitar matérias-primas ricas e abundantes, como resíduos e/ou bagaços de frutas. A escolha do processo de secagem deve ser baseada nos parâmetros custo-benefício e qualidade, conceito que deve considerar a aplicação alvo do subproduto. O baixo custo dos equipamentos de secagem em estufa, fácil manuseio e operação, associados à menor demanda energética, fazem da secagem em estufa uma abordagem eficaz para a exploração racional do resíduo de acerola em processos fermentativos.

Os resultados mostraram que a secagem em estufa é uma estratégia eficiente para o reprocessamento do resíduo de acerola, conciliando custo operacional mais baixo e a manutenção de características físico-químicas e nutricionais importantes do resíduo vegetal, sendo indicado como potencial substrato em processos biotecnológicos. .

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa).

REFERÊNCIAS

AHMADI, S., SHEIKH-Zeinoddin, M., SOLEIMANIAN-ZAD, S., ALIHOSSEINI, F., YADAV, H. **Effects of different drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activities of isolated acorn polysaccharides.** *Lwt* 100, 1–9, 2019.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. **Guava (*Psidium guajava* L. cv. Red Suprema) Crude Extract Protect Human Dermal Fibroblasts against Cytotoxic Damage Mediated by Oxidative Stress.** *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 73, p. 18-24, 2018.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International, 20th ed.** AOAC International, Arlington, VA, 2006.

BORGES, K.C., AZEVEDO, J.C., DE FÁTIMA MEDEIROS, M., CORREIA, R.T.P. **Physicochemical characterization and bioactive value of tropical berry pomaces after spouted bed drying.** J. Food Qual. 39, 192–200, 2016.

BORTOLOTTI, C.T. et al. **Hydrodynamic study of a mixture of west indian cherry residue and soybean grains in a spoutedbed.** Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 91, p. 1871–1880, 2013.

CASCIATORI, F.P., LAURENTINO, C.L., ZANELATO, A.I., THOMÉO, J.C. **Hygroscopic properties of solid agro-industrial by-products used in solid-state fermentation.** Ind. Crops Prod. 64, 114–123, 2015.

CORREIA, R., GRACE, M.H., ESPOSITO, D., LILA, M.A. **Wild blueberry polyphenol-protein food ingredients produced by three drying methods: Comparative physico-chemical properties, phytochemical content, and stability during storage.** Food Chem. 235, 76–85, 2017.

DAZA, L.D., FUJITA, A., FÁVARO-TRINDADE, C.S., RODRIGUES-RACT, J.N., GRANATO, D., GENOVESE, M.I. **Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts.** Food Bioprod. Process. 97, 20–29, 2016.

DURAND, A. **Bioreactors design for solid state fermentation.** Biochem. Eng. J. 13, 113–125, 2003.

HE, Q., CHEN, H.Z. **Comparative study on occurrence characteristics of matrix water in static and gas double-dynamic solid-state fermentations using low-field NMR and MRI.** Anal. Bioanal. Chem. 407, 9115–9123, 2015.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. **Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating.** Food Chemistry, v. 199, p. 128–134, 2016.

LÓPEZ-MARCOS, M.C., BAILINA, C., VIUDA-MARTOS, M., PÉREZ-ALVAREZ, J.A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. **Properties of Dietary Fibers from Agroindustrial Coproducts as Source for Fiber-Enriched Foods.** Food Bioprocess Technol. 8, 2400–2408, 2015.

MARQUES, T.R., CORRÊA, A.D., LINO, J.B. DOS R., ABREU, C.M.P. DE, SIMÃO, A.A. **Chemical constituents and technological functional properties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) waste flour.** Food Sci. Technol. 33, 526–531, 2013.

MARTINS, M.D., GUIMARÃES, M.W., DE LIMA, V.A., GAGLIOTI, A.L., DA-SILVA, P.R., KADOWAKI, M.K., KNOB, A. **Valorization of passion fruit peel by-product: Xylanase production and its potential as bleaching agent for kraft pulp.** Biocatal. Agric. Biotechnol. 16, 172–180, 2018.

MICHALSKA, A.; ŁYSIAK, G. **Przydatność do suszenia owoców śliw uprawianych w Polsce w aspekcie przemian związków bioaktywnych i tworzących się produktów reakcji Maillarda.** Żywność Nauka Technologia Jakość, v. 21, p. 29-38, 2014.

PAZ, M., et al. **Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds.** Food Chemistry, 172, 462-468, 2015.

REIS, D. S.; FIGUEIREDO N. A.; FERRAZ, A. D. V.; FREITAS, S. T. **Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas.** Embrapa Semiárido- Artigo em periódico indexado, 2017.

MORAES, F.P. DE, GONÇALVES, A.C., MIGUEL, T.B.V., BORGES, K.C., CORREIA, R.T.P. **Freeze Dried Acerola (*Malpighia emarginata*) Pulp and Pomace: Physicochemical Attributes, Phytochemical Content and Stability during Storage 1**, 2017.

NÓBREGA, E.M., OLIVEIRA, E.L., GENOVESE, M.I., CORREIA, R.T.P. **The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue**. J. Food Process, 2015.

RANGANA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Tata McGraw Hill Publ, 1979.

REZENDE, Y.R.R.S., NOGUEIRA, J.P., NARAIN, N. **Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization**. Food Chem. 254, 281–291, 2018.

SOUZA, C.B. DE, JONATHAN, M., ISAY SAAD, S.M., SCHOLS, H.A., VENEMA, K., 2018. **Characterization and in vitro digestibility of by-products from Brazilian food industry: Cassava bagasse, orange bagasse and passion fruit peel**. Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre 1–10, 2018.

VIJAYARAGHAVAN, P., PRAKASH VINCENT, S.G., DHILLON, G.S. **Solid-substrate bioprocessing of cow dung for the production of carboxymethyl cellulase by *Bacillus halodurans* IND18**. Waste Manag. 48, 513–520, 2016.

WIKIERA, A., MIKA, M., STARZYŃSKA-JANISZEWSKA, A., STODOLAK, B. **Endo-xylanase and endo-cellulase-assisted extraction of pectin from apple pomace**. Carbohydr. Polym. 142, 199–205, 2016.

YANG, S. **Protein enrichment of sweet potato residue with amylolytic yeasts by solid-state fermentation**. Biotechnol. Bioeng. 32, 886–890, 1988.