



## QUIMICA

### **Gustavo Reisdörfer**

Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia Química, Professor no curso de Engenharia Química da Universidade do Vale do Taquari

### **Fernanda Moreira Oliveira**

Engenheira de Alimentos, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

### **Patrícia Fonseca Duarte**

Química de Alimentos, Doutora em Engenharia de Alimentos



EXTRAÇÃO POR FLUIDO  
SUPERCRÍTICO NA OBTENÇÃO DE

# COMPOSTOS BIOATIVOS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS



Os compostos bioativos são substâncias encontradas em plantas, provenientes de seu metabolismo secundário, sendo responsáveis pela adaptação das mesmas aos seus ambientes e contribuindo para a interação com os diferentes ecossistemas (AERTS et al., 1991; HARBORNE, 1988). Estes compostos podem atuar como antibióticos, antifúngicos e antivirais para proteger as plantas dos patógenos, entre outras atividades biológicas que aumentam a probabilidade de sobrevivência de uma espécie (LI et al., 1993).

Vários estudos são realizados com alvo em compostos bioativos e suas fontes, devido aos benefícios à saúde humana, como atividades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e anticâncer, que podem contribuir na redução do risco de várias doenças (LESJAK et al., 2018; Li et al., 2019; VENKATESWARAN et al., 2023). Dentre esses compostos bioativos estão os compostos fenólicos, antocianinas, ácido ascórbico, taninos e os carotenoides (KOOB et al., 2022; PEDRO et al., 2024).

Nos dias atuais, cada vez mais, os consumidores têm buscado produtos mais saudáveis e naturais, havendo demanda por compostos bioativos em diversas áreas como alimentos, produtos farmacêuticos e cosméticos (UEDA et al., 2025). Ainda, na produção de alimentos são gerados resíduos agroindustriais, como polpa, casca e bagaço do processamento na indústria; folhas, galhos, flores e cascas de atividades de poda e farelo grosso, um resíduo de pós-colheita, materiais que também são ricos em compostos bioativos valiosos (JENA; SINGH, 2022). A utilização desses materiais para extração de compostos com atividade biológica tem relevância global, uma vez que os processos industriais, especialmente os associados à agroindústria, podem produzir uma quantidade significativa de resíduos.

A eliminação do grande volume de resíduos pode resultar em questões ambientais e prejuízos financeiros. Entidades globais têm destacado a preocupação com a elevada geração de resíduos, em virtude do crescimento populacional esperado nas próximas décadas (GARG et al., 2024). Portanto, a recuperação de compostos bioativos a partir de resíduos agroalimentares vai ao encontro com a crescente demanda no mercado mundial por moléculas naturais e adequadas para promoção do bem-estar humano, com aplicação como aditivos nutricionais naturais e conservantes e, dessa forma, converter resíduos em importantes compostos com valor agregado (AILI et al., 2024; BALLI et al., 2021).

Seguindo o contexto de sustentabilidade, uma forma verde de recuperar compostos bioativos a partir dessas fontes abundantes é a extração por fluido supercrítico (ECHENIQUE et al., 2024). Esta tecnologia de extração tem como vantagens em comparação a métodos convencionais: baixo consumo de solvente, excelente estabilidade do produto, durações curtas e ausência de resíduos nocivos no produto (ECHAVE et al., 2020). Além disso, pode substituir ou restringir o uso de produtos químicos agressivos como os utilizados para a extração tradicional por solvente (DURANTE et al., 2020). O fluido supercrítico foi descoberto por Hannay e Hogarth em 1879, que patentearam a extração de café, intitulada por Zosel em 1964 como: "Descafeinação do café pela técnica de extração por fluido supercrítico" (BHATTACHARJEE; PAUL; DUTTA, 2021; SOUMYA et al., 2019; ZOSEL, 1964).

Os fluidos supercríticos são substâncias que existem em temperaturas e pressões acima do seu ponto crítico, com características intermediárias entre líquido e gás. Um fluido supercrítico apresenta baixa viscosidade e ausência de tensão superficial, penetrando facilmente nos poros da matriz sólida como um gás, dissolvendo e transportando compostos químicos que podem ser extraídos como líquidos (UWINWZA; WASKIEWICZ, 2020). As propriedades dos fluidos supercríticos podem ser transformadas facilmente por alterações em sua pressão e temperatura (NONGMAITHEM; HULLE, 2022). Estes e outros parâmetros, como vazão do solvente, tempo de extração, tamanho de partícula da amostra e cossolvente, influenciam na solubilidade do composto alvo (LEFEBVRE; DESTANDAU; LESELLIER, 2021).

O solvente mais utilizado na extração por fluido supercrítico é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que é atóxico, não inflamável, de baixo custo, reciclável, e não precisa de etapa de refino para separação do extrato, pois se desprende completamente do mesmo a pressão atmosférica (TIRADO; DE LA FUENTE; CALVO, 2019). As condições supercríticas com CO<sub>2</sub> são facilmente alcançadas e

## MATÉRIA DE CAPA



[A engenharia por trás dos carros elétricos](#)

## PALAVRA DA PRESIDENTE



[Uma reflexão sobre passado e futuro](#)

## ARTIGOS



[AGRONOMIA Bioinsumos na Agricultura](#)

[Ver mais >](#)

## INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS



[Fractal Engenharia](#)

[Ver mais >](#)

## FISCALIZAÇÃO



[#PartuFisca](#)

## POR DENTRO DAS ENTIDADES



[Espaço CDER/RS](#)

## NOTÍCIAS



[Noticias CREA-RS](#)

## RAIO X DAS INSPETORIAS



[Foco nas Inspeções](#)



[Livros e Sites](#)

[CAPA >](#)

relativamente baixas (31,1 °C e 7,39 MPa), o que o torna adequado para extração de produtos termolábeis, ajudando a manter suas atividades bioativas (DAUBER et al., 2022; VARDANEGA; OSORIO-TOBÓN; DUBA, 2022). Entretanto o CO<sub>2</sub> tem baixa polaridade, o que dificulta a solubilização de compostos polares, sendo necessária a utilização de um cossolvente para extração deste tipo de composto. Uma alternativa é a utilização do etanol como cossolvente, pois algumas pesquisas apontaram melhoria na extração de compostos polares, como os fenóis (DAUBER et al., 2022).

A extração por fluido supercrítico já é utilizada industrialmente em diversos setores para as mais variadas finalidades, como indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e de polímeros, podendo ser destacados os seguintes produtos: extratos de sementes oleaginosas, óleos essenciais, óleos de especiarias, fragrâncias, corantes, lúpulo, café e chás descafeinados (COSTA et al., 2024; LAM et al., 2020). Muitos estudos foram realizados com foco na utilização de fluido supercrítico como solvente para obtenção de compostos bioativos a partir de plantas e resíduos agroindustriais, sendo investigados os potenciais benefícios para a saúde. Na Tabela 1 estão expostas fontes, compostos de interesse e atividade biológica avaliada de alguns destes estudos.

**Tabela 1** - Estudos que utilizaram fluido supercrítico para extração de compostos bioativos de plantas e resíduos agroindustriais

Fonte de composto bioativo	Principais compostos extraídos	Atividade biológica	Referência
Patê de azeitona (resíduo da produção de azeite de oliva)	Fitoesteróis, tocoferóis, esqualeno e triterpenos pentacíclicos	Declínio dos triglicerídeos hepáticos	Durante et al. (2020)
Fruto de <i>Ammodaucus leucotrichus</i> (planta aromática do Saara)	Terpenoides, ácidos graxos e compostos fenólicos	Atividade anti-Alzheimer	Abderrezag et al. (2024)
Subproduto de maçã (resíduo da produção de suco ou sidra)	Ácidos graxos e triterpenos (ácido betulínico, ácido oleanólico, ácido ursólico, uvaol, eritrodíol e lupeol)	Atividade antioxidante	Armada et al. (2021)
Cascas de castanhas	Ácidos fenólicos (ácidos fenilpropionídeos, ácidos hidroxibenzoicos e ácidos fenilacéticos)	Atividade antioxidante	Pinto et al. (2024)
Polpa do fruto do coqui-azedo ( <i>Butia capitata</i> )	Compostos fenólicos, carotenoides totais e ácidos graxos (ácidos oleico e linoleico)	Atividade antioxidante	Pereira et al. (2023)
Pó de gengibre (resíduo da produção de chá)	Sesquiterpenos e compostos fenólicos (gingeróis e shogaóis)	Atividade antidiabética anticâncer	Sulejmanović et al. (2024)
Farelo de arroz pigmentado	Y-orizanol e $\alpha$ -tocoferol	Atividade antioxidante	Okonogi et al. (2024)
Alecrim	Compostos fenólicos (ácido rosmarínico, ácido carnósico e carnosol)	Atividade antioxidante	Boufetacha et al. (2024)
Polpa de café	Compostos fenólicos e flavonoides	Atividade antioxidante atividade anti- inflamatória e antiapoptótica	Thai et al. (2024)
Casca de castanha	Compostos fenólicos (ácido elágico epigalocatequina, catequina/epicatequina e derivado do ácido cafeico)	Atividade antioxidante	Pinto et al. (2024)
Polpa de groselha-do-cabo ( <i>Physalis peruviana</i> L.)	Compostos fenólicos e $\beta$ -caroteno	Atividade antioxidante	Torres-Ossandón et al. (2018)
Inflorescências femininas de <i>Cannabis sativa</i> L.	Canabinoides (tetrahydrocannabinol, canabidiol, canabicromeno e canabigerol)	Citotoxicidade e atividade antiproliferativa de adenocarcinoma de cólon.	Fernández et al. (2022)
Frutos de <i>Rubus ulmifolius</i>	Ácidos graxos (ácido linoleico, ácido oleico e ácido linolênico)	Atividade antimicrobiana	Ibba et al. (2024)
Folhas de cajueiro	Ácidos anacárdico, cardanol e cardol	Atividade anti-inflamatória	Roko et al. (2024)
Folha de chá verde	Clorofila A e B, carotenóides, cafeína, 1-octacosanol, ergosta-7,22-dien-3-ol, triacotanoato de trimetilsilil e $\beta$ -amirina	Atividade antioxidante e antifúngica	Debczak et al. (2024)
Pimenta rosa	Ácido morônico e (Z)-masticadienoico	atividade anti- <i>Trypanosoma cruzi</i>	Neto et al. (2024)

Além das aplicações mencionadas anteriormente, alguns compostos bioativos podem ser utilizados na elaboração de biopesticidas, visando a diminuição do uso de inseticidas químicos que afetam negativamente o meio ambiente. O uso de pesticidas sintéticos afeta diversos outros organismos vivos importantes no ecossistema e, principalmente, se acumulam em diferentes fontes ambientais e também nos alimentos ingeridos tanto pelos animais quanto pelos seres humanos, provocando várias doenças.

Em dezembro de 2022, a Univates aprovou o projeto "Obtenção de Biopesticida a partir da árvore do cinamomo utilizando CO<sub>2</sub> Supercrítico para controle do ácaro rajado" pelo programa Techfuturo da Secretaria de Inovação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SICT/RS), o qual possibilitou a aquisição de um extrator supercrítico que foi instalado no laboratório de Operações Unitárias, ligado ao curso de Engenharia Química.

O ácaro rajado é considerado uma das pragas agrícolas mais graves, visto que afeta mais de 4.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 150 são de culturas comercialmente importantes. Apesar disso, há poucos agrotóxicos sintéticos desenvolvidos para seu controle. Este ácaro, além de seu rápido desenvolvimento e alta fecundidade, elevada resistência a acaricidas sintéticos, sendo seu controle um grande desafio (MALDONADO-MICHEL et al., 2022; VAN LEEUWEN et al., 2013).

Nesse sentido, o uso da tecnologia supercrítica no desenvolvimento de um processo ambientalmente adequado para obtenção de um biopesticida a partir de uma árvore abundante, e sem uma utilização específica definida, reaproveitando e valorizando resíduos, se faz importante para aplicação e melhoramento da produção agrícola, difundindo e aperfeiçoando conhecimento técnico e científico.

## REFERÊNCIAS

- AERTS, R. J. et al. Allelopathic inhibition of seed germination by Cinchona alkaloids. **Phytochemistry**, v. 30, p. 2947-2951, 1991.
- ABDERREZAG N. et al. Optimization of supercritical fluid extraction of bioactive compounds from *Ammodaucus leucotrichus* fruits by using multivariate response surface methodology. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 207, 106211, 2024.
- AILI, O. et al. Composing functional food from agro-forest wastes: Selectively extracting bioactive compounds using supercritical fluid extraction. **Food Chemistry**, v. 455, 139848, 2024.
- ARMADA, R. L. et al. Triterpene-Rich Supercritical CO<sub>2</sub> Extracts from Apple By-product Protect Human Keratinocytes Against ROS. **Food Bioprocess Technology**, v. 14, p. 909-919, 2021.
- BAILLI, D. et al. Food by-products valorisation: Grape pomace and olive pomace (pâté) as sources of phenolic compounds and fiber for enrichment of tagliatelle pasta. **Food Chemistry**, v. 355, 129642, 2021.
- BHATTACHARJEE, P.; PAUL, K.; DUTTA, S. Supercritical carbon dioxide (SC-CO<sub>2</sub>) extraction of piperine: a green extraction method for biomolecule of therapeutic importance Biotechnical Processing in the Food Industry. **Apple Academic Press**, p. 137-159, 2021.
- BOUFETACHA, M. et al. Selective extraction of carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid from *Rosmarinus officinalis* L. using supercritical fluid and their antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 212, 106344, 2024.
- COSTA, J. L. G. et al. Life cycle assessment of the production of an extruded dog food in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 458, 142505, 2024.
- DAUBER, C., et al. Response surface methodology for optimizing the recovery of "alperujo" biophenols using supercritical fluid removal. Comparison between Arbequina and Coratina cultivars. **Supercritical Fluids**, v. 180, 2022.
- DEBCZAK, A. et al. Green and sustainable recovery of polyphenols, flavonoids, alkaloids, and pigments from green tea leaves: Comparative analysis of Soxhlet, accelerated solvent, and supercritical fluid extraction techniques. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 42, 101810, 2024.
- DURANTE, M. et al. Application of response surface methodology (RSM) for the optimization of supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from paté olive cake: yield, content of bioactive molecules and biological effects in vivo. **Food Chemistry**, v. 332, 127405, 2020.
- ECHAVE, J. **Capsicum seeds as a source of bioactive compounds: biological properties, extraction systems, and industrial application**. Capsicum: IntechOpen London, 2020.
- ECHENIQUE, J. V. F. et al. Pressurized liquid extraction with ethanol in an intermittent process for rice bran oil: Evaluation of process variables on the content of  $\beta$ -sitosterol and phenolic compounds, antioxidant capacity, acetylcholinesterase inhibitory activity, and oil quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 207, 116650, 2024. DOI: [10.1016/j.lwt.2024.116650](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116650).
- FERNÁNDEZ, S. et al. A comparative study of supercritical fluid and ethanol extracts of cannabis inflorescences: Chemical profile and biological activity. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 179, 105385, 2022.
- GARG, P. et al. Using nostalgic emotions to revive Indian ethnic drinks market: Competitive strategy at paper boat. **FIIB Business Review**, v. 13, n. 3, p. 294-303, 2024.
- HARBORNE, J. B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. London: Academic Press, 1988.
- IBBA, A. et al. Evaluation of fatty acid composition and antimicrobial activity of supercritical fluid extract of *Rubus ulmifolius* Schott fruits. **Natural Product Research**, 2024.
- JENA, S.; SINGH, R. Agricultural crop waste materials - A potential reservoir of molecules. **Environmental Research**, v. 206, 112284, 2022.
- KOOP, B. L. et al. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. **Food Research International**, v. 153, 110929, 2022.
- LEFEBVRE, T.; DESTANDAU, E.; LESELLIER, E. Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: a review. **Journal of Chromatography A**, v. 1635, 461770, 2021.
- LESJAK, M. et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. **Journal Functional Foods**, v. 40, p. 68-75, 2018.
- LI, C. et al. Discovery of the mechanisms and major bioactive compounds responsible for the protective effects of Gualou Xiebai Decoction on coronary heart disease by network pharmacology analysis. **Phytomedicine**, v. 56, p. 261 - 268, 2019.
- LI, J. et al. Arabidopsis mutants are hypersensitive to UV-B radiation. **Plant Cell**, v. 5, p. 171-179, 1993.
- MALDONADO-MICHEL, M. A. et al. Acaricidal, ovicidal and fagoinhibition activities of seed extracts from *Swietenia humilis* against *Tetranychus urticae* under laboratory conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 177, p. 114494, 2022.
- NETO, R. M. Steam distillation, supercritical fluid extraction, and anti-Trypanosoma cruzi activity of compounds from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Natural Product Research**, [10.1080/14786419.2024.2371108](https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2371108).
- NONGMAITHEM, S. D.; HULLE, N. R. S. Nanostructures for improving food structure and functionality. **Food, Medical, and Environmental Applications of Nanomaterials**, p. 231-252, 2022.
- OKONOGI, S. et al. Potential of supercritical carbon dioxide extraction for high recovery of bioactive compounds and antioxidant activities of pigmented rice bran. **Applied Food Research**, 100549, 2024.
- PEDRO, A. C. et al. Valorization of bioactive compounds from juice industry waste: Applications, challenges, and future prospects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 152, 104693, 2024.

- PEREIRA et al. et al. Extraction of bioactive compounds from *Butia capitata* fruits using supercritical carbon dioxide and pressurized fluids, **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 199, 105959, 2023.
- PINTO, D. et al. Predicting the effects of in-vitro digestion in the bioactivity and bioaccessibility of antioxidant compounds extracted from chestnut shells by supercritical fluid extraction - A metabolomic approach. **Food Chemistry**, v. 435, 137581, 2024.
- PINTO, D. et al. Valorisation of underexploited *Castanea sativa* shells bioactive compounds recovered by supercritical fluid extraction with CO<sub>2</sub>: A response surface methodology approach. **Journal of CO<sub>2</sub> Utilization**, v. 40, 101194, 2020.
- ROKO, G. et al. Comparison of supercritical CO<sub>2</sub> extraction and pressurized fluid extraction for isolation of alkaloids from *Anacardium occidentale* with the study of its anti-inflammatory activity. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 241, 115982, 2024.
- SULEJMANOVIĆ, M. et al. Supercritical fluid extraction of ginger herbal dust bioactives with an estimation of pharmacological potential using in silico and in vitro analysis. **Food Bioscience**, v. 59, 104074, 2024.
- SOUMYA, S. et al. Extraction methods used for extraction of anthocyanin: a review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 12, p. 280-285, 2019.
- THAI, L. Q.; NIWAT, C.; KONSUE, N. Supercritical carbon dioxide and ethanol-assisted extraction of bioactive compounds from Bourbon, Catimor, and Caturra coffee pulp for maximized antioxidant and therapeutic properties. **Future Foods**, v. 9, 100381, 2024.
- TIRADO, D. F., DE LA FUENTE, E., CALVO, L. A selective extraction of hydroxytyrosol rich olive oil from alperujo. **Journal of Food Engineering**, v. 263, p. 409-416, 2019.
- TORRES-OSSANDÓN, M. J. et al. Effects of high hydrostatic pressure processing and supercritical fluid extraction on bioactive compounds and antioxidant capacity of Cape gooseberry pulp (*Physalis peruviana* L.). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 138, p. 215-220, 2018.
- UEDA, K. M. et al. Evaluation of a simultaneous approach to concentrate and preserve bioactive compounds with distinct polarities by employing supramolecular solvents (SUPRAS). **Separation and Purification Technology**, v. 356, Part B, 129894, 2025.
- UWINEZA, P. A.; WASKIEWICZ, A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3847, 2020.
- VAN LEEUWEN, T. et al. Spider mite control and resistance management: Does a genome help? **Pest Management Science**, v. 69, n. 2, p. 156-159, 2013.
- VARDANEGA, R.; OSORIO-TOBÓN, J. F.; DUBA, K. Contributions of supercritical fluid extraction to sustainable development goal 9 in South America: industry, innovation, and infrastructure. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 188, 105681, 2022.
- VENKATESWARAN, M. R. et al. Mehani formulation is rich in bioactive compounds and ameliorates diabetes and associated inflammatory condition - In vitro and in vivo studies. **South African Journal of Botany**, v. 154, n. 21, p. 56 - 66, 2023.
- ZOSEL, K.; HULLE, N. R. S. Method for separation of mixtures. German Patent 1, p. 231-252, 1964.



DOWNLOAD DO ARTIGO

0 comentários



Deixe sua mensagem