**USO DA EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA COMO TECNOLOGIA LIMPA PARA OBTENÇÃO DE CAROTENOIDES A PARTIR DE FONTES VEGETAIS AMAZÔNICAS: UMA REVISÃO**

Leonardo Victor Gomes de Melo1; Maria Caroline Rodrigues Ferreira2; Ana Paula de Souza e Silva3; Raul Nunes de Carvalho Junior4

1 Licenciado em Ciências Naturais. Universidade Federal do Pará. leonardo.melo@icb.ufpa.br.

2 Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Pará. carolineof@gmail.com.

3 Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Pará. apdesouzaesilva@gmail.com.

4 Doutor em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Pará. raulncj@ufpa.br.

**RESUMO**

Há um interesse crescente por carotenoides de matrizes vegetais no desenvolvimento sustentável de produtos voltados aos mais diferentes setores, sendo a região amazônica, com sua enorme biodiversidade, uma região de interesse para a exploração destes compostos. A extração supercrítica surge como alternativa ambientalmente amigável de recuperação de componentes bioativos de fontes vegetais, especialmente por conta das baixas temperaturas utilizadas, que podem favorecer a preservação de compostos termossensíveis, tornando interessante a investigação de sua aplicação para a extração de carotenoides a partir dos recursos naturais da região. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a utilização da extração supercrítica para a obtenção de carotenoides a partir de fontes vegetais amazônicas. A busca de artigos científicos foi realizada utilizando as bases de dados *Google Acadêmico*, *ScienceDirect* e *Scientific Eletronic Library On-line* (SciELO) usando termos-chave relacionados ao tema, sem fixação de limites temporais, com posterior seleção de artigos que se relacionavam à extração supercrítica de carotenoides aplicada a fontes vegetais amazônicas. Ao total, a viabilidade do uso da técnica foi investigada em 4 espécies vegetais da região e todos os trabalhos realizaram a extração a partir dos frutos, utilizando sua polpa ou casca, resultando em óleos e extratos com elevado teor de diferentes classes de carotenoides e com possibilidade de aproveitamento de subprodutos de extração para a obtenção destes compostos, encorajando a aplicação da técnica em diferentes matrizes vegetais da região. Os resultados demonstram que extração com fluido supercrítico é eficiente para a obtenção de carotenoides a partir de fontes amazônicas, agregando valor às espécies, evidenciando o potencial de sua utilização para a exploração sustentável da biomassa amazônica e contribuindo para o desenvolvimento da bioeconomia na região.

**Palavras-chave:** Carotenoides. Extração. Tecnologia supercrítica.

**Área de Interesse do Simpósio**: Biotecnologia.

**1. INTRODUÇÃO**

A bacia Amazônica apresenta uma das maiores biodiversidades do mundo e engloba uma ampla oferta de recursos genéticos excepcionalmente ricos em nutrientes e compostos bioativos, reconhecidos por seus poderes nutricionais e cuja exploração econômica é de grande importância para a região (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007). Um desafio chave para o desenvolvimento da região amazônica consiste na sua capacidade e habilidade de promover formas adequadas de gestão socioeconômica de sua enorme biodiversidade, através da aplicação de tecnologias apropriadas. Neste contexto, o mercado de produtos naturais está impulsionando uma triagem contínua de diferentes espécies na esperança de descobrir novos compostos para o desenvolvimento de uma variedade de produtos nos setores de alimentos, cosméticos e farmacêuticos, uma vez que estes estão intimamente relacionados à saúde humana e à prevenção de doenças (CUNHA et al., 2012; PATRA et al., 2018).

Dentre os compostos bioativos cuja exploração é de interesse, os carotenoides recebem destaque, sendo os pigmentos naturais alimentícios mais estudados. Os carotenoides são compostos bioativos lipofílicos responsáveis pelas cores amarelo, laranja e vermelho de alimentos vegetais, como cenoura, mamão e tomate, por exemplo. Conhecidos por sua grande diversidade estrutural, sua característica mais distinta é um sistema de ligação dupla conjugado, que serve como cromóforo e é essencial para múltiplas funções e ações. No entanto, esse sistema também torna os carotenoides propensos à processos de isomerização e oxidação. Por este motivo, os carotenoides possuem relativa instabilidade e sofrem degradação quando submetidos à altas temperaturas, exposição à luz e oxigênio (RODRIGUEZ-AMAYA, 2019).

Durante os últimos anos, numerosos estudos relataram que os carotenoides e seus derivados podem contribuir beneficamente para a saúde e reduzir o risco de uma série de doenças. Na literatura clássica de carotenoides, bem como em revisões mais recentes dos trabalhos originais, os carotenoides têm sido associados a possíveis benefícios na imunidade e na prevenção de doenças, incluindo vários tipos de câncer (próstata, mama, colo do útero, ovário, colorretal), doenças cardiovasculares, doenças ósseas, cutâneas ou oculares (MELÉNDEZ-MARTINÉZ, 2019). Os benefícios à saúde atrelados aos carotenoides são consequência direta das atividades biológicas oferecidas por estes compostos, como a atividade pró-vitamina A, que diz respeito à capacidade de compostos em converterem-se em vitamina A no organismo, além da atividade antioxidante, por meio da capacidade de reter espécies reativas de oxigênio, com consequente papel na redução do risco de doenças cujas origens podem ser atribuídas a eventos oxidativos. Tais características encorajam a exploração dos carotenoides visando o desenvolvimento de produtos com capacidade de promover a saúde (MELÉNDEZ-MARTINÉZ, 2019; RODRIGUEZ-AMAYA, 2019).

A extração é uma etapa importante para a obtenção e recuperação de compostos bioativos de matrizes vegetais. Recentemente, se tem almejado o uso de técnicas que permitam altos rendimentos, menor geração de resíduos e obtenção de produtos com alta qualidade e livre de compostos tóxicos (SAINI et al., 2019). Dentre as técnicas que podem ser aplicadas, destaca-se a extração com fluido supercrítico (EFS), uma técnica de separação que utiliza solventes acima de seus pontos críticos de temperatura e pressão para extrair componentes solúveis de uma mistura. Numerosos gases são testados como fluido supercrítico, sendo o dióxido de carbono (CO2) o mais utilizado, especialmente por possuir baixos valores críticos de temperatura (31,3 °C) e pressão (73,9 bar) e possuir status GRAS (*Generally Regarded as Safe*) sendo, portanto, considerado seguro. O CO2 é considerado um solvente não polar, o que o torna adequado para extração de substâncias lipofílicas. A tecnologia supercrítica é considerada segura, inovadora, ambientalmente amigável, além de ser recomendada para a extração de compostos termossensíveis, pois pode ser realizada a baixas temperaturas, permitindo uma eficiente remoção das substâncias de interesse, o que torna interessante sua investigação para a separação de carotenoides (HERRERO et al., 2006). Além disso, a técnica não utiliza solventes orgânicos, que podem ser perigosos à saúde humana e ao meio ambiente e são geralmente incômodos, uma vez que interferem negativamente na qualidade e composição química dos extratos obtidos (PARHI; SURESH, 2013; DOS SANTOS et al., 2019).

Com a crescente busca pelo desenvolvimento sustentável, que se baseia na exploração dos recursos naturais, mantendo a floresta em pé e utilizando tecnologias mais eficazes em diferentes etapas do desenvolvimento de produtos, torna-se interessante investigar a viabilidade da aplicação da extração supercrítica como técnica de separação de bioativos a partir da biomassa amazônica. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a utilização da extração supercrítica para a obtenção de carotenoides a partir de fontes vegetais amazônicas.

**2. METODOLOGIA**

A presente pesquisa foi realizada em novembro de 2024. Consiste em uma revisão bibliográfica de natureza básica. O objetivo da pesquisa foi exploratório, sendo baseado na coleta de dados obtidos por meio de fontes secundárias. Inicialmente, foram estabelecidos o tema e a questão de pesquisa. O tema estabelecido foi “Extração supercrítica de carotenoides de fontes amazônicas” e a seguinte questão de pesquisa foi formulada: “Como a extração supercrítica pode ser aplicada na obtenção de carotenoides a partir de fontes vegetais da região amazônica?”. A pesquisa foi constituída a partir da integração de informações obtidas de artigos científicos publicados sobre o tema.

Os artigos foram obtidos através das bases de dados *Google Acadêmico*, *ScienceDirect* e *Scientific Eletronic Library On-line* (*SciELO*). Foram utilizados os termos-chave "supercritical extraction", "supercritical technology", "carotenoids", “plants” e "Amazon". Não foram fixados limites temporais para a busca. Os artigos foram lidos para determinar se o foco da pesquisa estava alinhado com os objetivos do estudo, focando-se nas metodologias utilizadas e resultados obtidos, sendo excluídos os artigos que não se adequaram a estes critérios. Por fim, as informações coletadas a partir da leitura dos artigos selecionados foram organizadas e integradas para apresentação da revisão bibliográfica.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao total, 5 artigos relacionados à extração supercrítica de carotenoides de plantas amazônicas foram selecionados para compor esta revisão. Ao total, a viabilidade do uso da técnica foi investigada em 4 espécies vegetais da região e todos os trabalhos realizaram a extração a partir dos frutos, utilizando sua polpa (mesocarpo) ou casca (exocarpo). Os artigos selecionados e os resultados encontrados são descritos, de forma sumarizada, no Quadro 1.

Quadro 1 – Artigos relacionados à extração supercrítica de carotenoides a partir de fontes vegetais amazônicas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Base de dados** | **Planta** | **Parte utilizada** | **Referência** |
| *Google Acadêmico/ ScienceDirect* | Buriti (*Mauritia flexuosa)* | Fruto (polpa e casca) | De França et al., 1999 |
| *Google Acadêmico/ ScienceDirect* | Murici (*Byrsonima crassifolia*) | Fruto (polpa) | Pires et al., 2019 |
| *Google Acadêmico/ SciELO* | Tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum* Meyer.) | Fruto (polpa) | Costa et al., 2016 |
| *Google Acadêmico/ SciELO* | Tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) | Fruto (polpa) | Costa et al., 2016 |
| *Google Acadêmico/ ScienceDirect* | Tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) | Fruto (polpa) | Menezes et al;. 2022 |

Fonte: Autores (2024).

Quando se trata de carotenoides de fontes amazônicas, o buriti (*Mauritia flexuosa*) é o fruto de maior destaque. O buriti é reconhecido pelo seu altíssimo teor de carotenoides, sendo estes os compostos bioativos de maior concentração no fruto. O fruto possui β-caroteno, γ-caroteno, δ-caroteno e α-caroteno, α- e β-criptoxantina e luteína. O β-caroteno é o carotenoide presente em maior concentração no fruto e possui notável atividade pró-vitamina A e antioxidante. Atualmente, o buriti é reconhecido por possui o maior teor de β-caroteno da natureza. Um alto teor de carotenoides pode ser encontrado tanto na polpa, quanto na casca do buriti (DE ALBUQUERQUE et al., 2005; CÂNDIDO et al., 2015). No trabalho de De França et al. (1999) foi realizada extração com CO2 supercrítico a partir da polpa com casca dos frutos de buriti, usando como condições operacionais uma temperatura de 40 ºC e pressão de 400 bar. A partir do óleo obtido, foi quantificado um teor total de carotenoides de 1.043,00 μg/g, indicando excelente separação. Os resultados obtidos mostraram que a extração com fluido supercrítico foi capaz de recuperar até 80 % do teor inicial de carotenoides, reforçando a viabilidade da técnica na obtenção de carotenoides a partir do fruto.

O murici (*Byrsonima crassifolia*) é uma fruta difundida em toda a região amazônica, sendo o gênero conhecido por apresentar uma polpa rica em carotenoides. A luteína, o principal carotenoide presente no fruto, está associada a uma diminuição do risco de desenvolvimento de degeneração macular, pois está entre os carotenoides comumente encontrados na retina (PIRES et al., 2019). Pires et al. (2019) realizaram extração com CO2 supercrítico a partir da polpa do murici, usando como condições operacionais temperaturas de 50 - 70 ºC e pressões de 150 - 490 bar, obtendo extratos com teor de luteína que chegam a 207,18 μg/g. Após a obtenção dos extratos foram obtidas tortas desengorduradas de murici, submetidas à um segundo processo de extração utilizando CO2 supercrítico + etanol como cossolvente, resultando em extratos que chegaram a teores de luteína de até 209,73 μg/g. Os altos teores de luteína indicam que a extração supercrítica pode ser utilizada para a obtenção de produtos ricos em carotenoides a partir dos subprodutos da EFS, reduzindo o despejo de resíduos de extração no ambiente.

A região amazônica possui consideráveis peculiaridades territoriais e diversidade de espécies vegetais, às vezes da mesma família botânica, que podem apresentar diferenças significativas nas suas propriedades, como é o caso das espécies tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart). Os frutos de tucumã possuem apreciável concentração de carotenoides, relatados à atividade pró-vitamina A e antioxidante, com uma série de funções biológicas (COSTA et al., 2016). Costa et al. (2016) estudaram a extração com CO2 supercrítico para a obtenção de óleo a partir da polpa em ambas as espécies, usando como condições operacionais temperaturas de 40 - 60 ºC e pressão de 300 bar. Os resultados mostraram teor de carotenoides totais de até 1.065,00 μg/g no óleo obtido do tucumã-do-Amazonas e de até 2.101,00 μg/g no óleo obtido do tucumã-do-Pará, evidenciando as diferenças na concentração destes compostos nas diferentes espécies. No entanto, a quantidade de carotenoides separada foi elevada para ambas os óleos, reforçando a viabilidade do uso da extração supercrítica na obtenção destes compostos lipofílicos. Adicionalmente, Menezes et al. (2022) realizaram extração com CO2 supercrítico para a obtenção de óleo a partir do tucumã-do-Pará, usando como condições operacionais temperaturas de 40 - 60 ºC e pressão de 150 - 400 bar. O óleo apresentou teor total de carotenoides de até 1.351,80 μg/g, evidenciando que o processo foi eficiente na obtenção de óleo rico em carotenoides.

**4. CONCLUSÃO**

 De maneira geral, a extração supercrítica resultou em óleos e extratos com altos teores de diferentes classes de carotenoides a partir dos frutos testados, com possibilidade de aproveitamento de subprodutos de extração para esta finalidade. As baixas temperaturas utilizadas e a ausência de solventes orgânicos reforçam a viabilidade da técnica e encorajam sua aplicação para extração a partir de outras matrizes vegetais amazônicas que apresentem carotenoides. A extração com fluido supercrítico é uma técnica segura, inovadora e eficiente para a obtenção de carotenoides a partir de fontes amazônicas, evidenciando o potencial de sua utilização para a exploração sustentável dos recursos amazônicos.

**REFERÊNCIAS**

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) From the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313-319, 2015.

COSTA, B. E. T.; DOS SANTOS, O. V.; CORRÊA, N. C. F.; DE FRANÇA, L. F. Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 322-328, 2016.

CUNHA, M. A. E.; NEVES, R. F.; SOUZA, J. N. S.; FRANÇA, L. F.; ARAÚJO, M. E.; BRUNNER, G.; MACHADO, N. T. Supercritical adsorption of buriti oil (*Mauritia flexuosa* Mart.) in γ-alumina: A methodology for the enriching of anti-oxidants. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 66, p. 181-191, 2012.

DE ALBUQUERQUE, M. L. S.; GUEDES, I.; ALCANTARA JR., P.; MOREIRA, S. G. C.; BARBOSA NETO, N. M.; CORREA, D. S.; ZILIO, S. C. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6A, p. 1113-1117, 2005.

DE FRANÇA, L. F.; REBER, G.; MEIRELES, M. A. A.; MACHADO, N. T.; BRUNNER, G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 14, p. 247-256, 1999.

DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5062-5072, 2007.

DOS SANTOS, O. V.; CARVALHO JUNIOR, R. N.; DA COSTA, C. E. F; LANNES, S. C. da S. Chemical, chromatographic-functional, thermogravimetric-differential and spectroscopic parameters of the sapucaia oil obtained by different extraction methods. **Industrial Crops and Products**, v.132, p. 487-496, 2019.

HERRERO M.; CIFUENTES, A.; IBANEZ, E. 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, 2006.

MELÉNDEZ‐MARTÍNEZ, A. J. An overview of carotenoids, apocarotenoids and vitamin A in agro‐food, nutrition, health, and disease. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 63, n. 15, p. 1801045, 2019.

MENEZES, E. G. O.; BARBOSA, J. R.; PIRES, F. C. S.; FERREIRA, M. C. R.; E SILVA, A. P. de S.; SIQUEIRA, L. M. M.; DE CARVALHO JUNIOR, R. N. Development of a new scale-up equation to obtain Tucumã-of-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) oil rich in carotenoids using supercritical CO2 as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 181, p. 105481, 2022.

PARHI, R.; SURESH, P. Supercritical Fluid Technology: A Review. **Journal of Advanced Pharmaceutical Science And Technology**, v. 1, n. 1, p. 13-36, 2013.

PATRA, J. K.; DAS, G.; LEE, S.; KANG, S.; SHIN, H. A review of extraction and isolation of bioactive compounds and their pharmacological market value. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, p. 89-109, 2018.

PIRES, F. C. S.; SILVA, A. P. de S.; SALAZAR, M. de los A. R.; COSTA, W. A.; DA COSTA, H. S. C.; LOPES, A. S.; ROGEZ, H.; DE CARVALHO JUNIOR, R. N. Determination of process parameters and bioactive properties of the murici pulp (*Byrsonima crassifolia*) extracts obtained by supercritical extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 146, p. 128-135, 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, v. 124, p. 200-205, 2019.

SAINI, A.; PANESAR, P. S.; BERA, M. B. Valorization of fruits and vegetables waste through green extraction of bioactive compounds and their nanoemulsions-based delivery system. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 6, n. 26, 2019.