



Extração do óleo da semente de maracujá e encapsulação em lipossomas

Extraction of passion fruit seed oil and encapsulation in liposomes

Marcelo de Jesus Corte Rosalem*, Vitor Viganô Oliveira †,
Danielli Andrea Nardino ‡, Rubia Michele Suzuki§, Caroline Casagrande Sipoli ¶

RESUMO

O aumento do consumo de frutas no Brasil tem feito as indústrias de polpas e sucos aumentarem sua produção e conseqüentemente sua geração de resíduos. O presente trabalho tem como intuito agregar valor a um resíduo que seria descartado por essas indústrias. O resíduo em questão é a semente de maracujá, a qual possui óleo em seu interior que pode ser extraído por uma rota alternativa pelo uso de solventes orgânicos de menores toxicidades, no caso, hexano, etanol e água, utilizando o Shaker. Sabendo que esses lipídios sofrem degradações dependendo do local no qual é guardado, além de perder importantes componentes com o passar do tempo, utilizou-se a incorporação de lipossomas por meio da injeção de etanol, avaliando seu diâmetro hidrodinâmico, sua polidispersidade e o potencial zeta. O melhor ponto da extração foi sob condições de temperatura de 30 °C com 15 minutos de extração. A caracterização físico-química das encapsulações se mostraram promissoras.

Palavras-chave: Maracujá, Resíduos, Lipídios, Extração, Lipossomas.

ABSTRACT

The increase in fruit consumption in Brazil has made the pulp and juice industries increase their production and consequently their waste generation. This work aims to add value to a waste that would be discarded by these industries. The residue in question is the passion fruit seed, which has oil inside that can be extracted by adding solvents. Knowing that these lipids undergo degradation depending on where they are stored, in addition to losing important components over time, the incorporation of liposomes through the injection of ethanol was used, evaluating their hydrodynamic diameter, polydispersity and zeta potential. The best extraction point was under temperature conditions of 30 °C with 15 minutes of extraction. The physical-chemical characterization of the encapsulations proved to be promising.

Keywords: Passion fruit, Residue, Lipids, Extraction, Liposomes.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população, juntamente com a busca por uma alimentação saudável, levou a um maior consumo de frutas, sejam in natura, sucos e também processadas industrialmente. Conseqüentemente, cresceu

* Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; marcelorosalem@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; vitoro@alunos.utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; dani-nardino@hotmail.com

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; rubiasuzuki@utfpr.edu.br

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; carolinesipoli@utfpr.edu.br



também a produção industrial e isso fez com que a geração de resíduos se multiplicasse, tornando-se um ponto relevante que necessita de uma destinação correta (SILVA, 2014, p.17).

Em relação ao cultivo do maracujá, o Brasil é o maior produtor mundial, chegando a aproximadamente 590 toneladas do fruto por ano (IBGE, 2020). Desse montante, cerca de 65 % trata-se dos resíduos que não são utilizados pela indústria, sendo composta basicamente pela casca e semente (OLIVEIRA; REGIS; RESENDE, 2011, p. 729). Mesmo com a possibilidade de agregar valor aos resíduos, em muitos casos, as empresas não possuem infraestrutura para o reaproveitamento desse material que acaba sendo descartado (SANTOS et al., 2020, p. 527).

O fruto in natura é composto por ácidos graxos poli-insaturados, carotenoides, compostos fenólicos e flavonoides, substâncias essenciais para a dieta humana que são encontradas, em sua maior parte, nas sementes (BORNOVI, 2018, p. 23). Sendo assim, é de interesse científico e econômico, buscar alternativas para o aproveitamento desses resíduos.

A presença dos compostos bioativos, proporcionam ao óleo extraído das sementes de maracujá, função antioxidante, anti-inflamatória, anti-hipertensiva e ação citotóxica, que agem de forma a combater os radicais livres no organismo minimizando o estresse oxidativo (CORRÊA et al., 2016, p. 8).

Dentre os métodos convencionais de extração de óleo, tem-se a prensagem a frio, extração por Soxhlet e a extração por solventes orgânicos. A diferença entre as técnicas reflete diretamente na concentração dos compostos extraídos e no rendimento (CASTEJÓN et al., 2016, p. 66). Em relação a extração com solventes orgânicos, além de um alto rendimento de óleo, favorece a obtenção de compostos com menor polaridade, como os carotenoides (BANERJEE et al., 2017, p. 15). Sendo assim, um cuidado especial deve ser tomado na escolha dos solventes.

Os solventes mais usuais para extrações de lipídios são realizados por uma mistura de clorofórmio e metanol, contudo seu uso tem sido substituído por rotas alternativas, empregando solventes com menor toxicidade (RYDLEWSKI, 2020, p. 7). Tanto o metanol quanto o clorofórmio são nocivos aos seres humanos, podendo acarretar em problemas de saúde a longo prazo (LIMA, 2018, p. 87). Com o intuito de diminuir a toxicidade dos solventes, ambos foram substituídos pelos *Green Solvents*, no caso, o etanol e hexano.

Sob ação da luz ou de condições ambientes desfavoráveis, os compostos presentes no óleo podem ter seu tempo de vida útil reduzido, pois sofrem degradação com luz, calor e umidade (DEVI et al., 2017, p. 3). Considerando a fragilidade desses compostos frente a agentes externos, a encapsulação se torna uma maneira de protegê-los aumentando sua vida útil além de proporcionar a liberação controlada dos compostos de interesse (ANDRADE CHAPAL, 2017, P. 3).

A escolha do método de produção das nanopartículas vai depender de fatores como propriedades físicas e químicas do material a ser encapsulado, do tamanho de partícula desejado assim como a aplicação final dos sistemas produzidos (MAQSOU DLOU et al., 2020, p. 12). Visando a encapsulação do óleo da semente de maracujá, os lipossomas se mostram favoráveis pois apresentam biocompatibilidade, possibilitam a obtenção de estruturas com diversos diâmetros e permitem a encapsulação de compostos tanto hidrofílicos quanto hidrofóbicos (WILLIAM (2020) Apud KOYNOVA; TENCHOV (2015, p. 2)).

A partir do que foi apresentado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a melhor temperatura e tempo de extração do óleo da semente de maracujá seca a 105 °C. Para o melhor ponto, foi realizado a encapsulação em lipossomas pelo método de injeção de etanol, caracterizando os lipossomas formados pelo diâmetro hidrodinâmico, polidispersidade e potencial zeta.

2 MÉTODO



As sementes de maracujá foram fornecidas pela empresa Polpa Norte (Japurá-PR), e após o recebimento, o material foi lavado em água corrente para remoção da polpa residual e qualquer material que pudesse influenciar nas extrações. Após lavagem, as sementes foram secas em estufas com circulação de ar (Solab, modelo SL-102) a 105 °C por 24 horas, visto que essas mesmas condições foram operadas em outras análises e não apresentaram degradação do material. Em seguida, as sementes foram trituradas em mini processador (Black&Decker) e armazenadas em local seco até a realização das próximas etapas.

O processo de extração foi dividido em duas etapas, sendo que cada uma foi executada durante metade do tempo total avaliado, ou seja, até metade do tempo, a extração era realizada com os solventes da primeira etapa e após passar a metade do tempo, foi realizada uma segunda adição de solventes, presentes na segunda etapa. Os solventes utilizados e suas respectivas quantidades estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Solventes utilizados para a extração do óleo da semente de maracujá

Solvente	Etapa 1	Etapa 2
	Volume (mL)	Volume (mL)
Hexano	4,74	31,27
Etanol	10,00	-
Água	0,68	4,50

Autoria Própria (2021).

Para obtenção do óleo, foram adicionados 5 g de semente em erlenmeyers com os solventes descritos anteriormente e mantidos sob agitação no shaker (Marconi modelo MA-420) a 180 rpm. As extrações foram realizadas variando temperatura (30 e 60°C) e tempo (5, 15 e 30 minutos). Após agitação, as soluções foram transferidas para funis de decantação e permaneceram em repouso por 24 horas para separação de fases. O sobrenadante obtido foi submetido ao processo de rotaevaporação para eliminar o hexano, restando apenas o óleo. Todas as extrações foram realizadas em triplicata e o percentual de óleo obtido foi calculado conforme a Equação (1).

$$\% \text{óleo} = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{semente}}} \times 100 \quad (1)$$

Onde $m_{\text{óleo}}$ é a massa extraída de óleo (g) e m_{semente} é a massa de sementes de maracujá (g) utilizadas em cada extração.

Para encapsulação, o método empregado foi de injeção de etanol, de acordo com ZÔMPERO et al., 2015, p. 4, com modificações, devido ao fato de ser uma técnica que apresenta vantagens como a simplicidade de operação, rápida implementação, alta reprodutibilidade e pelo fato de não causar degradação lipídica (CHARCOSSET et al., 2015, p. 2). Variou-se as concentrações de fosfolipídio utilizado e a proporção de óleo, utilizando um planejamento composto central rotacional 2² com 3 experimentos no ponto central (Tabela 3). A fase orgânica foi preparada com o auxílio de ultrassom (Cristófoli 42 KHz) com temperatura controlada (55 ± 2°C), em que foi disperso o fosfolipídio (lecitina de soja) em etanol. A caracterização dos lipossomas se deu por meio da técnica de espalhamento de luz dinâmica (*Dynamic Light Scattering* – DLS), analisando o diâmetro hidrodinâmico (Dh), polidispersidade (P) e potencial zeta (Z).

3 RESULTADOS



A otimização da extração do óleo das sementes de maracujá foi realizada a partir das sementes secas a 105°C por 24 horas, variando a temperatura (30 e 60°C) e o tempo (5, 15 e 30 minutos) de extração. Os resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Proporção de óleo extraído da semente de maracujá seca a 105 °C

Temperatura de Extração (°C)	Tempo de Extração (min)	Óleo (%)
30	5	30,9044 ^{a,b} (± 0,2861)
30	15	33,6314 ^a (± 0,8510)
30	30	27,8962 ^{b,c} (± 0,5427)
60	5	26,4616 ^c (± 1,2472)
60	15	30,7082 ^{a,b} (± 0,5185)
60	30	33,8296 ^a (± 0,5224)

Os dados representam a média das amostras (n=3). Na mesma coluna, valores com letras iguais (a, b e c) não diferenciam significativamente (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2021).

Pela Tabela 2, é possível observar uma variação significativa entre os resultados, sendo que as melhores condições foram as extrações produzidas a 30°C por 15 minutos (33,6314 ± 0,8510%) e a temperatura de 60°C por 30 minutos (33,8296 ± 0,5224%).

Dentre os melhores pontos, o óleo produzido a 30°C por 15 minutos foi o escolhido para dar continuidade aos experimentos pois, essa condição, além de permitir ter extraído uma boa proporção do óleo, também foi a que permite uma economia energética, por ser realizada a baixa temperatura.

Para os testes de encapsulação, variou-se as concentrações de lecitina de soja entre 1,76 a 10,24 g L⁻¹ e a concentração do óleo variou de 1,89 a 23,11% em termos de massa de fosfolipídio presente, conforme planejamento realizado. A Tabela 3 apresenta as condições estudadas e os resultados da caracterização físico-química obtida.

Tabela 3 – Condição de encapsulação e caracterização físico-química

Ensaio	Fosfolipídio (g.L ⁻¹)	Óleo (%)	Dh (nm)	Polidispersidade (%)	Zeta (mV)
1	6,00	12,50	318,00	18,20	-48,90
2	6,00	23,11	322,70	17,40	-48,60
3	3,00	5,00	224,70	15,90	-48,10
4	6,00	12,50	336,60	20,70	-52,40
5	1,76	12,50	210,00	18,00	-43,50
6	10,24	12,50	368,20	23,00	-49,90
7	9,00	20,00	478,10	25,70	-51,10
8	9,00	5,00	359,10	20,80	-48,80
9	6,00	12,50	336,40	22,90	-47,80
10	6,00	1,89	316,70	21,50	-49,40
11	3,00	20,00	274,20	21,80	-47,10

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com o diâmetro hidrodinâmico das encapsulações, observou-se que conforme o material recebe uma maior quantidade de fosfolipídio e óleo, seu diâmetro aumenta proporcionalmente. Em pontos que se



adicionaram menores quantidades desses compostos, ensaio 5 e 3, apresentaram um baixo diâmetro hidrodinâmico, 210,00 e 224,70 nm, respectivamente. Já o ensaio 7, ao receber uma das mais altas quantidades de fosfolipídio e óleo, apresentou o maior diâmetro hidrodinâmico, 478,1 nm.

Em termos de polidispersidade, sua porcentagem inferior a 25 % em todas as análises, com exceção ao ensaio 7, mostra que o sistema apresenta certa homogeneidade visto que valores inferiores a 25 % indicam uma boa estabilidade das nanoemulsões (HOELLER; SPERGER; VALENTA, 2009, p. 182). Em relação ao potencial zeta percebe-se uma estabilidade nos sistemas visto que, suas cargas em valores absolutos, superiores a zero, indicam menor possibilidade de agregação dos lipossomas (Nardino, 2021, p. 45 apud (BOZZUTO; MOLINARI, 2015; MITIC et al., 2017)). A eficiência de encapsulação será realizada em estudos posteriores.

4 CONCLUSÃO

Os dados apresentados mostraram que a utilização de solventes com menor toxicidade é eficiente para a extração do óleo da semente de maracujá, tornando-se uma boa opção para substituir os solventes tradicionais. Dentre as condições de extração avaliadas (temperatura e tempo), o óleo produzido a 30°C por 15 min foi a opção escolhida para realizar os testes posteriores. A encapsulação mostrou-se eficiente frente aos testes físico-químicos empregados, entretanto outros ensaios devem ser realizados para confirmar o aprisionamento do óleo em lipossomas, tais como eficiência de encapsulação e microscopia eletrônica de transmissão (MET).

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária pelo apoio financeiro, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana, pelo espaço cedido aos experimentos, ao Laboratório Multiusuário de Apucarana (LAMAP) e a Polpa Norte pela disponibilização das sementes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE CHAPAL, Johana Carolina. **Desenvolvimento e caracterização de um sistema lipossomal para a encapsulação de eugenol**. 2017. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.
- BANERJEE, Jhumur et al. **Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals**. Food chemistry, 2017.
- BORGONOV, Tais Fernanda. **Biocompostos das polpas de maracujá e de buriti: caracterização e aplicação em leite**. 2018.
- CASTEJÓN, Natalia; LUNA, Pilar; SEÑORÁNS, Francisco J. **Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents**. Food chemistry, v. 244, p. 75-82, 2018.
- CHARCOSSET, Catherine et al. **Preparation of liposomes at large scale using the ethanol injection method: Effect of scale-up and injection devices**. Chemical engineering research and design, 2015.



- CORRÊA, Rúbia CG et al. **The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of Passiflora spp.**(passion fruit). Trends in Food Science & Technology, 2016.
- DEVI, Nirmala et al. **Encapsulation of active ingredients in polysaccharide–protein complex coacervates.** Advances in colloid and interface science, v. 239, p. 136-145, 2017.
- HOELLER, Sonja; SPERGER, Andrea; VALENTA, Claudia. **Lecithin based nanoemulsions: A comparative study of the influence of non-ionic surfactants and the cationic phytosphingosine on physicochemical behaviour and skin permeation.** International journal of pharmaceutics, v. 370, n. 1-2, p. 181-186, 2009.
- IBGE, Produção Agrícola Municipal 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- LIMA, Guilherme de Souza. **Caracterização de propriedades químicas e nutricionais de variedades de maracujazeiro azedo cultivado em Garopaba, Santa Catarina.** 2021.
- LIMA, Kárita Fernanda Fontes. **Extração de bio-óleo via base úmida a partir da microalga da espécie Nannochloropsis oculata.** 2018. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Energia)– Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo.
- MAQSOUDDLOU, Atefe et al. **Improving the efficiency of natural antioxidant compounds via different nanocarriers.** Advances in colloid and interface science, v. 278, p. 102122, 2020.
- NARDINO, Danielli Andrea. **Otimização Do Processo De Extração De Compostos Bioativos Do Zingiber Officinale (Gengibre) Para Incorporação Em Lipossomas E Estudo Do Potencial Em Aplicações Farmacêuticas.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.
- OLIVEIRA, Eliana Monteiro Soares de; REGIS, Suelen Alvarenga; RESENDE, Eder Dura de. **Caracterização dos resíduos da polpa do maracujá-amarelo.** Ciência Rural, 2011.
- RYDLEWSKI, Adriela Albino et al. **Métodos analíticos utilizados para a determinação de lipídios em leite humano: uma revisão.** Revista Virtual de Química, v. 12, n. 1, 2020.
- SANTOS, L. S. C.; MOTA, P. S. C.; REBOUÇAS, S. S.; NASCIMENTO, M. M.; SANTOS, A. G. **Produção e caracterização física e química do bioetanol a partir de resíduos de biomassa da banana *Musa acuminata*, laranja *Citrus sinensis* e maracujá *Passiflora edulis f. flavicarpa*.** Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent, 2020.
- SILVA, Carlos Eduardo de Farias. **Avaliação do potencial de uso de resíduos do processamento de frutas na produção de etanol 2G.** 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal Alagoas, Maceió, 2014.
- WILLIAM, Bigazzi et al. **Supercritical fluid methods: An alternative to conventional methods to prepare liposomes.** Chemical Engineering Journal, v. 383, p. 123106, 2020.
- ZÔMPEIRO, R. H. DE F. et al. **Hybrid encapsulation structures based on β -carotene-loaded nanoliposomes within electrospun fibers.** Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 134, p. 475–482, 1 out. 2015.