

MICROENCAPSULAMENTO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EXTRAÍDOS DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DA GRAVIOLA (*Annona muricata* L.)

Lília Calheiros de Oliveira Barretto – profaliliabarretto@gmail.com

Núcleo de Graduação em Agroindústria – Universidade Federal de Sergipe

Carolina Natalie Fontes Arôxa – carolzinha_aroxa@hotmail.com

Departamento de Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Sergipe

Jane de Jesus da Silveira Moreira – jjsm.ufs@gmail.com

Departamento de Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Sergipe

Nina Kátia da Silva – ninakatia@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Suely Pereira Freitas – freitasp@eq.ufrj.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Resumo — Os resíduos provenientes do processamento da graviola, como cascas, sementes e bagaço, apesar de frequentemente descartados, são fontes importantes de compostos bioativos reconhecidos por suas propriedades anticarcinogênicas. Este trabalho visou produzir um ingrediente microencapsulado concentrado em compostos fenólicos extraídos do resíduo do processamento da graviola e analisar o seu potencial antioxidante por meio da quantificação de compostos fenólicos totais. O resíduo da graviola foi inicialmente submetido a uma extração hidroetanólica na proporção de 2,5:1 (solvente:amostra; m/m), seguida do processo de evaporação rotativa para concentração do soluto. O extrato concentrado foi incorporado ao agente encapsulante Capsul®, usando-se um homogeneizador Ultra-Turrax IKA e, a seguir, seco em *spray dryer*. O microencapsulado apresentou morfologia predominantemente esférica e rugosa. Obteve-se uma eficiência operacional de 61,0 % em termos de preservação dos compostos fenólicos extraídos do bagaço da graviola. Nas condições de processamento aplicadas obteve-se um ingrediente bioativo rico em compostos fenólicos e com consequente potencial antioxidante.

Palavras-chave — agroindústria, atomização, compostos fenólicos, etanol.

Abstract — Residues from soursop processing, such as shells, seeds and bagasse, despite being frequently discarded, are important sources of bioactive compounds recognized for their anticarcinogenic properties. This work aimed to produce a microencapsulated ingredient concentrated in phenolic compounds extracted from soursop processing residue and to analyze its antioxidant potential through the quantification of total phenolic compounds. Soursop residue was initially subjected to a hydroethanol extraction (2.5:1 solvent:sample; w/w), followed by evaporation process to soluble solids concentration. The concentrated extract was spray dried using Capsul® as a carrier agent. The powder presented predominantly spherical and rough morphology. An operational efficiency of 61.0 % was obtained in terms of preservation of phenolic compounds extracted from soursop bagasse. Under the applied operational conditions it was obtained a bioactive ingredient rich in phenolic compounds and with consequent antioxidant activity.

Keywords — agroindustry, atomization, phenolic compounds, ethanol.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro permanece como elemento determinante de incentivo para o desenvolvimento econômico nacional, apresentando-se como o principal fator de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), sendo fator chave, inclusive, durante os últimos anos de recessão econômica (BRASIL, 2018). Os significativos avanços tecnológicos do agronegócio integram conceitos de sustentabilidade econômica, social e ambiental, que repercutem em renda, qualidade de vida e uso sustentável dos recursos naturais (DUARTE, 2011).

A alocação dos grandes volumes de resíduos orgânicos, provenientes do processamento de alimentos e de produtos como a celulose e o papel, continua sendo um dos maiores desafios da agroindústria brasileira (BRITO, 2018). Pesquisas científicas vêm destacando, desde a década de 1980, possíveis soluções para o agravamento de problemas ambientais globais, como a destruição da camada de ozônio, o efeito estufa e o comprometimento da biodiversidade, além dos impactos provenientes da geração de resíduos líquidos e sólidos (ROSA et al., 2011).

A geração de resíduos está associada ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre a produção e o consumo, e aos materiais gerados ao longo da cadeia agroindustrial, que aparentemente não possuem valor econômico evidente. Atualmente, em países desenvolvidos como a Finlândia e o Canadá, os modelos econômicos baseados na sustentabilidade, que seguem os conceitos da bioeconomia circular, garantem a industrialização de produtos anteriormente categorizados como lixo (ROSA et al., 2011; JÚNIOR, 2014; LIMA et al., 2017; WELLE, 2018).

A estimativa da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO) sobre o crescimento da população mundial, a qual se aproximará dos 10 bilhões de pessoas até 2050, repercute diretamente no cenário econômico e social do agronegócio, uma vez a demanda global por produtos agrícolas aumentará em 50 % (FAO, 2017). A geração de mais alimentos implica na elevação dos volumes de resíduos agroindustriais produzidos. A agroindústria nacional, importante protagonista neste cenário, ainda precisa se reestruturar para tornar-se uma forte referência no quesito aproveitamento dos resíduos agroindustriais.

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás somente da China, líder no *ranking*, e da Índia. O país dota de uma produção anual de 43 milhões de toneladas, que representa 5 % da produção mundial. Cerca de 53 % da produção brasileira é destinada ao mercado de frutas processadas e 47 % ao mercado de frutas frescas.

O tipo de resíduo gerado na industrialização de polpas de frutas depende da fruta processada, sendo, geralmente, constituído por cascas, caroços ou sementes, e bagaço (LIMA, 2001). Segundo Sena et al. (2014), 40 % desse processamento se transforma em resíduo agroindustrial, o qual pode ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, aumentando seu valor agregado, já que são fontes importantes de nutrientes, minerais, fibras, vitaminas e compostos bioativos, amplamente reportados na literatura científica por apresentarem propriedades promotoras de saúde tais como as antioxidantes e as antimicrobianas (FERRARI; TORRES, 2002).

A graviola (*Annona muricata* Linnaeus) é uma das frutas tropicais brasileiras de maior aceitação comercial e essa grande demanda é justificada por suas características sensoriais agradáveis. Além do fruto, as folhas, o caule, as sementes e a casca da gravioleira são cientificamente reconhecidos como importantes fontes de substâncias bioativas que podem apresentar ações anti-inflamatórias, anticarcinogênicas, gastro-protetoras, antidiabéticas, dentre outras propriedades medicinais (SOUSA, 2011; JUNQUEIRA; JUNQUEIRA, 2014; QAZI et al., 2018). Os extratos das folhas da gravioleira são reportados por apresentarem atividade eficiente contra células tumorais (OBERLIES; CHANG; MCLAUGHLIN, 1997). Silva e Nepomuceno (2011) também afirmaram que extratos da polpa da graviola reduziram a frequência de tumores em organismos vivos.

Os fitoquímicos responsáveis pelas propriedades farmacológicas da graviola são as acetogeninas anonáceas. Estes compostos naturais apresentam toxicidade seletiva contra vários tipos de células cancerígenas e são caracterizados como derivados de ácidos graxos de cadeia longa (BERMEJO et al., 2005; ANJOS-GARCIA; NEPOMUCENO, 2011). Ainda, a graviola é uma importante fonte de compostos fenólicos, aos quais atribuem-se atividades antioxidantes com propriedades de se complexar com os radicais livres, neutralizando-os (SOUSA, 2011). Segundo Sousa et al. (2011), os compostos fenólicos presentes nos vegetais, inclusive na graviola, são os principais responsáveis pela atividade antioxidante da mesma.

A partir do processamento da graviola (*Annona muricata* L.) para produção de polpa, são obtidos como resíduos

agroindustriais cascas, fibras e sementes. Na etapa de despolpamento, realizada em equipamento específico (*pulp finisher*), são gerados como subprodutos o bagaço e as sementes, usualmente aproveitados para produção de compostagem e farinhas. Considerando o biopotencial do resíduo do processamento da graviola, este trabalho teve como objetivo produzir um extrato microencapsulado concentrado em compostos fenólicos extraídos do bagaço da fruta que apresente potencial antioxidante para ser empregado na indústria alimentícia como um ingrediente funcional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi realizado no Departamento de Tecnologia de Alimentos do Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe em parceria com a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Nesta foi realizado o processo de secagem por atomização, as análises de morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a determinação dos sólidos totais. As demais atividades foram conduzidas na Universidade Federal de Sergipe.

2.1 OBTENÇÃO DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DA GRAVIOLA

O bagaço gerado durante o despolpamento da graviola foi utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. As frutas foram adquiridas no comércio local da cidade de Aracaju-SE. O despolpamento foi conduzido conforme o processo reportado por Nazaré (2000). O bagaço foi separado manualmente das sementes (Figura 1) e submetido ao congelamento (-18 °C) por 01 semana até a realização das etapas subsequentes.

Figura 1. Bagaço da graviola utilizado para extração hidroetanólica dos compostos biativos.



2.2 EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

A extração hidroetanólica foi conduzida utilizando-se uma proporção de 2,5:1 (solvente:amostra; m/m), conforme procedimento reportado por Barretto, (2015). Como solvente extrator usou-se uma mistura binária de etanol (95 % P.A.) e água destilada (1:1; m/m). As amostras e respectivos solventes foram transferidos para *erlenmeyers* tampados com algodão, homogeneizados e submetidos à incubação em *shaker* de bancada com agitação orbital (Marconi MA376) à temperatura ambiente durante um período de duas horas.

Após agitação, as misturas foram filtradas a vácuo com a utilização de funil de Buchner de porcelana, obtendo-se assim os extratos hidroetanólicos, os quais foram concentrados por evaporação a vácuo em evaporador rotativo (Fisotom Mod. 801) com banho-maria (Fisotom Mod. 550) ajustado para 70 °C, rotacionando a 70 rpm, com sistema de refrigeração e pressão de cerca de 700 mmHg, controlada por uma bomba de vácuo (Prismatec Mod. 131) acoplada. Após evaporação parcial do solvente, recuperado por condensação, foram obtidos os extratos concentrados, os quais foram caracterizados quando ao teor de sólidos totais e quantificação de compostos fenólicos.

2.3 MICROENCAPSULAMENTO DO EXTRATO CONCENTRADO POR ATOMIZAÇÃO

O microencapsulado do resíduo da graviola foi obtido conforme condições experimentais reportadas por Barretto (2015). A operação de microencapsulamento foi conduzida escala laboratorial utilizando-se um mini *spray dryer* (LabPlant UK Spray Dryer; modelo SD06). As condições de operação foram definidas com base em Santiago (2014) e Silva et al. (2013), com destaque para: (i) temperatura do ar de entrada de 160 °C (± 5 °C); (ii) temperatura do ar de saída de 78 °C (± 5 °C); e (iii) vazão média do ar de secagem de 20 kg.L⁻¹. A temperatura do laboratório foi mantida em 26,5 °C ($\pm 0,5$ °C) e a umidade relativa do ar em 37 % durante a execução dos ensaios experimentais.

Ao extrato concentrado, foi incorporado o material de parede Capsul® (Ingredion, São Paulo, Brasil), constituído

de amido de milho quimicamente modificado, na proporção de 19 % (m/m) do agente encapsulante para obtenção da solução alimentadora, sendo utilizado um homogeneizador Ultra-Turrax IKA para a incorporação do agente encapsulante. O produto microencapsulado foi acondicionado em embalagens flexíveis de alumínio revestidas com polietileno hermeticamente fechadas e estocadas a -18 °C para análises posteriores.

2.4 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

2.4.1 SÓLIDOS TOTAIS

A análise de sólidos totais do extrato concentrado, da solução alimentadora e do microencapsulado foi realizada segundo a metodologia 015/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os extratos concentrados foram pesados em cápsulas de vidro previamente aquecidas em estufa (Quimis Q314M223) a 105 °C por 2 horas, sob pressão reduzida, e resfriadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente. As cápsulas contendo 02 gramas de cada amostra foram aquecidas em estufa a 105 °C por 24 horas, esfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas em balança analítica (Shimadzu AY220). Esta operação foi repetida até obtenção da massa constante das amostras. O teor de sólidos totais foi calculado utilizando-se a Equação 1.

$$\text{Sólido totais (g. } 100\text{g}^{-1}) = \frac{C_f - C_0}{m} \times 100$$

Equação (1)

onde,

C_f – massa da cápsula com amostra no peso constante;

C_0 – massa da cápsula sem amostra;

m – massa da amostra inicial.

2.4.2 MORFOLOGIA

A análise morfológica das microcápsulas foi realizada em microscópio eletrônico de varredura (Hitachi, modelo TM-3030 Plus, Japão) utilizando uma voltagem acelerada de 15 kV. Alíquotas do extrato microencapsulado do resíduo da graviola foram fixadas na superfície de discos adesivos de carbono, que foi aderido em compartimento metálico específico do equipamento e introduzido no microscópio. A morfologia foi observada sistematicamente utilizando-se ampliações de 200, 500, 1000, 2000, 3000 e 5000 vezes (BARRETTO, 2015; SILVA et al., 2013).

2.4.3 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Georgé et al. (2005), utilizando-se ácido gálico ($C_7H_6O_5$) como padrão de referência. Primeiramente, o microencapsulado foi diluído em acetona P.A. (7 %; v/v), agitado em agitador vortex (Quimis Q220m) por 03 minutos e submetido a banho ultrassom (Yaxum Yx 2000a) durante o período de 01 minuto.

500 μ L do extrato foram colocados em tubo de ensaio para condução da reação com 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu previamente diluído em água na proporção de 1:10 (v/v) e agitado em vortex por 10 segundos. Esta mistura foi incubada por 02 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, 02 mL de carbonato de sódio 7,5% (m/v) foram adicionados ao tubo, que foi novamente agitado em vortex por 10 segundos. A nova mistura foi então incubada em banho-maria (Julabo F34) por 15 minutos a 50°C e, finalmente, resfriada em banho de gelo por 30 segundos.

A absorvância (760 nm) do extrato obtido foi medida imediatamente após o resfriamento da amostra em espectrofotômetro UV/Visível (Bioespectro, modelo SP-220). O teor de compostos fenólicos totais foi expresso em mg de ácido gálico equivalente.100 g^{-1} de amostra, sendo as análises realizadas em triplicata. A linearidade da curva padrão de ácido gálico foi obtida entre 50 e 500 $mg.L^{-1}$, que corresponde a valores de absorvância entre 0,1 e 0,7, com a equação descrita por $y = 0,0089x + 0,0347$ e com valor de $R^2 = 0,999$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SÓLIDOS TOTAIS

A matéria sólida é uma característica física de grande interesse no processo de microencapsulação por *spray dryer*. A análise de sólidos totais se refere à quantificação dos sólidos suspensos e dissolvidos no extrato aquoso do resíduo da graviola, em g de sólidos por 100 g do extrato, sendo fundamentais para a escolha da proporção entre o

extrato e o material de parede. A análise de sólidos totais de produtos microencapsulados por atomização reflete diretamente a eficiência do processo. Na Tabela 1 estão apresentados os teores de sólidos totais do extrato concentrado do resíduo da graviola, da solução alimentadora e do produto microencapsulado. O resultado de sólidos totais para o extrato concentrado foi de $4,73 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, resultado da adição do agente encapsulante na proporção de 1:4 (agente encapsulante:extrato concentrado).

TABELA 1
VALORES DE SÓLIDOS TOTAIS PARA O EXTRATO CONCENTRADO E O MICROENCAPSULADO DO RESÍDUO DA GRAVIOLA.

Amostras	Matéria seca ($\text{g.}100\text{g}^{-1}$) ¹ ± DP
Extrato aquoso concentrado ²	$4,73 \pm 0,15$
Solução alimentadora	$20,10 \pm 0,12$
Microencapsulado	$92,57 \pm 0,13$

¹Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 3); ²Obtido após evaporação rotativa do extrato hidroetanólico; DP: desvio padrão.

Operando com um gradiente de temperatura de 90 °C entre as correntes de entrada e saída do ar, Nunes (2014) e Cornejo et al. (2010) obtiveram valores de matéria seca próximos a 96 %. Este resultado é ligeiramente superior aos obtidos no presente trabalho. Elevados teores de matéria seca são importantes para o processo de estocagem do microencapsulado, pois garantem a estabilidade microbiana do produto. Entretanto, menores valores para o gradiente de temperatura do ar usadas no presente estudo (80 °C) favorecem a formação de microcápsulas menos porosas e mais resistentes à oxidação.

3.2 MORFOLOGIA

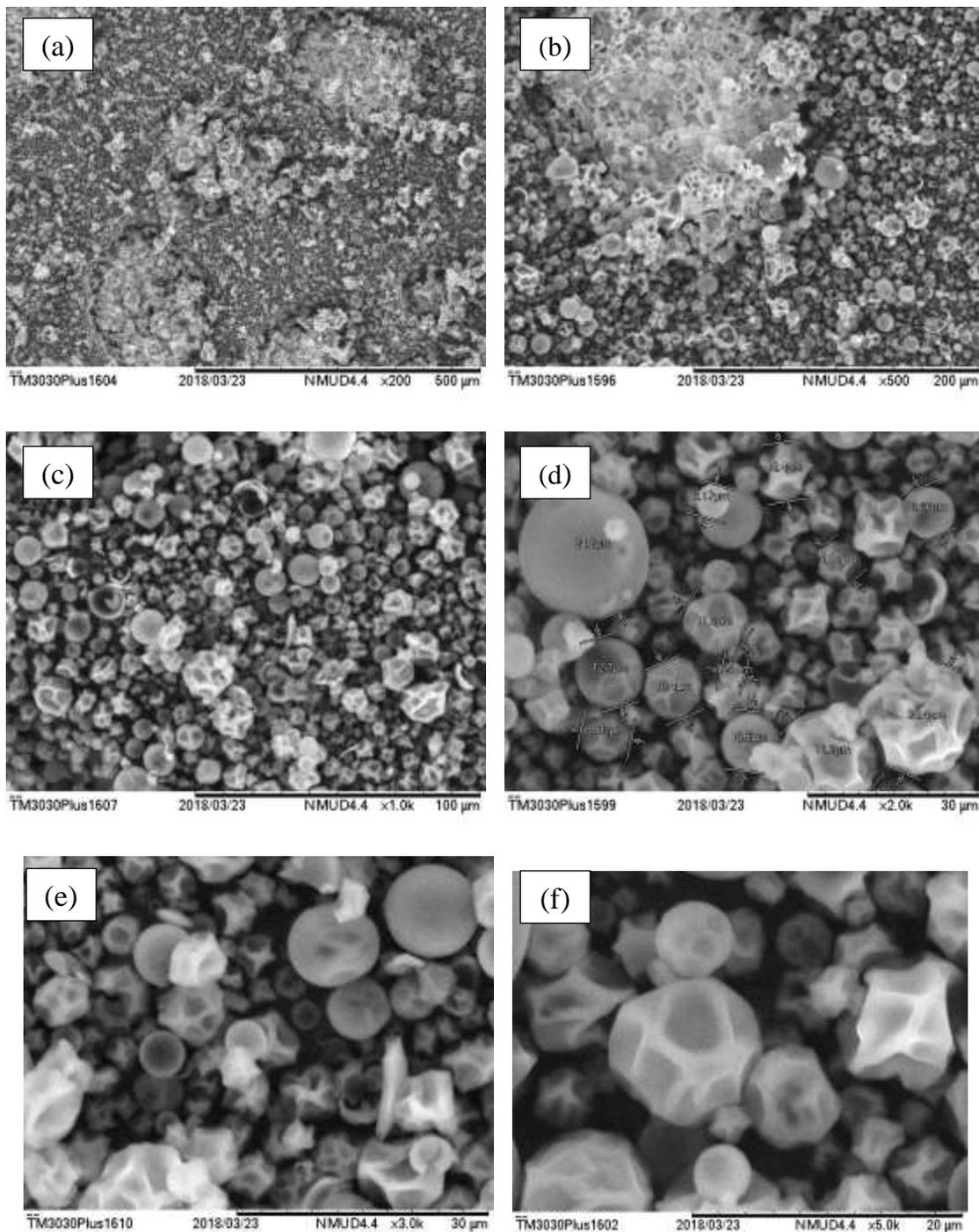
A morfologia do microencapsulado do resíduo de graviola avaliada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) está apresentada na Figura 2. As partículas mostraram volume esférico sem fissuras ou rachaduras aparentes, indicando que o material de parede se encontra íntegro, representando menor permeabilidade das cápsulas a gases, aumentando a proteção e retenção do material ativo. Além disso, nos aumentos de 500 e 1000 vezes, é possível observar uma grande aglomeração das partículas chamadas de grumo e que podem dificultar levemente a solubilização do material no momento da utilização, não apresentando maiores problemas.

No aumento de 5000 vezes é possível identificar detalhes nas superfícies das microcápsulas como sua forma arredondada e com rugosidades. Apesar de ser possível observar que algumas cápsulas apresentaram superfície totalmente lisa, o aspecto rugoso de algumas é esperado em processos de secagem por atomização com materiais de parede amiláceos e está relacionado com a redução do tamanho das partículas que se expandem ao serem aquecidas e retraem ao resfriar rapidamente (BARRETTO, 2015).

Soottitantawat et al. (2005) avaliaram a microencapsulação do 1-menthol por atomização em *spray dryer* utilizando três distintos agentes encapsulantes: goma arábica, HiCap e Capsul®, sendo os dois últimos amidos modificados, e obtiveram microcápsulas com a superfície mais lisa do que as incorporadas com a goma arábica. Além disso, micrografias de microcápsulas produzidas com maltodextrina de diferentes trabalhos mostraram possuir maior presença de superfícies deformadas, amassadas e até mesmo com rupturas, em relação ao presente trabalho (NUNES, 2014).

Tonon, Brabet e Hubinger (2009) reportaram a prevalência do aspecto rugoso nos microencapsulados do suco de açaí por atomização aplicando-se uma temperatura do ar de secagem de 170 °C. De maneira oposta, a maior parte das microcápsulas secas a 202 °C apresentaram uma superfície mais lisa, demonstrando que o aumento da temperatura favorece esta característica. No entanto, temperaturas elevadas também favorecem a degradação dos compostos bioativos presentes nestas microcápsulas, o que não é desejável quando o interesse é a preservação dos mesmos.

Figura 2. Análise morfológica das microcápsulas derivadas do extrato do resíduo de graviola microencapsulado por atomização. Aumento de 200x (a), 500x (b), 1000x (c), 2000x (d), 3000x (e) e 5000x (f).



3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A determinação do teor de compostos fenólicos totais para o extrato concentrado e para o microencapsulado do resíduo da graviola está apresentada na Tabela 2. A secagem por atomização vem sendo utilizada com grande sucesso para concentrar compostos fenólicos de uma amostra, pois neste procedimento, são empregadas baixas temperaturas e curtos períodos de tempo, o que contribui para a preservação destes bioativos (NUNES, 2014).

TABELA 2.
COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS DO EXTRATO AQUOSO E DO MICROENCAPSULADO DO RESÍDUO DA GRAVIOLA.

Amostra	Compostos fenólicos (mg AGE.g ⁻¹) ¹ ± DP	
	Base úmida	Base seca
Extrato aquoso concentrado	6,69 ± 0,37	141,53 ± 7,83
Microencapsulado	15,90 ± 0,80	17,18 ± 0,86

¹Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 3); AGE: ácido gálico equivalente; DP: desvio padrão.

De acordo com o balanço de massa do processo apresentado na Tabela 2, obteve-se uma eficiência operacional de 61,0 % em termos de preservação dos compostos fenólicos extraídos do bagaço da graviola. Barretto (2015) reportou uma eficiência de preservação dos compostos fenólicos de 78,4 % para o microencapsulamento de um extrato do bagaço de caju ao utilizar maltodextrina e goma arábica como agentes carreadores. Valores de eficiência de microencapsulamento de compostos fenólicos extraídos do bagaço de azeitona entre 65 e 77 % foram reportados por Paini et al. (2015). A escolha do agente encapsulante influencia diretamente no rendimento de processo e comportamento do produto final, pois contribui com o aumento da temperatura de transição vítrea do pó, reduzindo possíveis problemas de higroscopicidade (BHANDARI et al. 1997; OLIVEIRA et al., 2013). Assim como as maltodextrinas, o Capsul® propicia a produção de pós com alta solubilidade em água, condição ideal para uso dos pós como ingredientes alimentícios (OLIVEIRA et al., 2013). Também é possível modificar alguns parâmetros operacionais, como vazão e temperatura do ar e vazão de alimentação, quando se deseja aumentar a recuperação do produto final (BARRETTO, 2015).

Ressalta-se que os teores de compostos bioativos presentes nas matérias-primas vegetais podem sofrer inúmeras variações devido a fatores como maturidade do fruto, variedade da espécie, origem geográfica, condições climáticas de produção e colheita (GARGIA, 2016). Dessa forma, não se recomenda uma comparação direta de resultados quantitativos para este tipo de análise com dados reportados na literatura, entretanto enfatiza-se que as condições experimentais aplicadas neste estudo contribuíram para a preservação de aproximadamente 50 % dos compostos fenólicos presentes na amostra inicial.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo, foram avaliados os efeitos da secagem por atomização nas microcápsulas obtidas do extrato do resíduo da graviola. A extração hidroetanólica inicial, conduzida na proporção 1:1 (etanol:água: m/m), garantiu uma polaridade adequada para a obtenção dos compostos fenólicos. As condições de secagem aplicadas permitiram obter um ingrediente bioativo rico em compostos fenólicos extraídos do resíduo do processamento da graviola e com alta solubilidade em água. O uso do Capsul®, na proporção 4:1 (m/m) material de parede:núcleo, permitiu a formação de microcápsulas aproximadamente esféricas, sem fissuras ou rachaduras aparentes. Obteve-se uma eficiência operacional de 61,0 % em termos de preservação de compostos bioativos. Do ponto de vista tecnológico, sugerem-se novos estudos que contemple a viabilidade técnica e econômica da aplicação deste ingrediente em produtos da indústria alimentícia de modo a melhorar sua funcionalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Sergipe e à Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo apoio técnico e pessoal para a conclusão deste projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. A. M. S. et al. Optimization of the extraction process of polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 354-360, 2015. DOI: 10.1590/1678-457X.6585.
- BARATA, L. E. S.; ALENCAR, A. A. J.; TASCONE, M.; TAMASHIRO, J. Plantas Medicinais Brasileiras IV - *Annona muricata* L. (Graviola). **Revista Fitos**. Vol.4, Nº01, março. 2009.
- BARRETTO, L. C. O. **Microencapsulamento de compostos fenólicos extraídos de resíduo do processamento de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 2015. 143 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

- BERMEJO, A.; FIGADÈRE, B.; ZAFRA-POLO, M. C.; BARRACHINA, I.; ESTORNELL, E.; CORTES, D. Acetogenins from Annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. **Natural Products Reports**, v. 22, n. 2, p. 269-303, 2005.
- BHANDARI, B. R.; DATA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.
- BRAGA, R. Plantas do nordeste, especialmente do Ceará. 2. cd. Fortaleza, **Imprensa Oficial**, p.274. 1960.
- BRASIL. Governo do Brasil. **Agronegócio impulsiona avanço do PIB do 1º trimestre, aponta IBGE**. 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/economia-e-financas/2018/05/agronegocio-impulsiona-avanco-do-pib-no-1-trimestre-aponta-ibge>>. Acesso em 27 jun. 2018.
- BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, v.56, n. 11, p.317–333, 1998.
- BRITO, S. **Bioeconomia e economia circular**: a transformação de restos agrícolas em matéria-prima. Agência Universitária de Notícias, 2018. Disponível em: <<https://paineira.usp.br/aun/index.php/2018/05/14/bioeconomia-e-economia-circular-a-transformacao-de-restos-agricolas-em-materia-prima/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- CARNEIRO, H. C. F. **Microencapsulação de óleo de linhaça por spray drying: influência da utilização de diferentes combinações de materiais de parede**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. 2011.
- CASTRO, F. A.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; GUEDES, Z. B. L.; FÉ, J. A. M. Características físicas e químicas da graviola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19(3):361-365, março. Brasília, 1984.
- CASTRO, M. H. C. A. **Fatores determinantes de desperdício de alimentos no Brasil: Diagnóstico da situação**. (Monografia de especialização em Gestão de Qualidade em Serviços de Alimentação) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. 2002.
- CHATTERJEE, D.; BHATTACHARJEE, P. Comparative evaluation of the antioxidant efficacy of encapsulated and unencapsulated eugenol-rich clove extracts in soybean oil: Shelf-life and frying stability of soybean oil. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 545-550, 2013. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.016.
- COELHO, M. A. Z. et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **B. CEPPA**, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2001.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/>>. Acesso em 09 jun. 2018.
- CORNEJO, F. E. P.; SILVA, N. K.; MATTA, V. M.; FREITAS, S. P. Obtenção de Camu-camu em Pó com Elevado Teor de Compostos Bioativos. Comunicado técnico 176. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. 1ª ed. ISSN 0103-5231. Rio de Janeiro, RJ. 2010.
- CORRÊA, M. P. Dicionário das Plantas Úteis do Brasil. **IBDF**. 1984.
- DEMAJORIVIC J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Adm. De Empresas**, 35 (3), pp. 88-93. 1995.
- DUARTE, B.S. **Avanços no agronegócio brasileiro**. Diário do Comércio. 2018. Disponível em: <http://diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=avancos_no_agronegocio_brasileiro&id=43766>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- FAO. **The future of food and agriculture**: trades and challenges. FAO: Rome. 2017. 180 p.
- FERRARI, C.K.B.; TORRES, E.A.F.S. Novos compostos dietéticos com propriedades anticarcinogênicas. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 48, n. 3, p 375-382, 2002.
- GARCIA, C. M. S. **Microencapsulação por spray drying de compostos bioativos de subprodutos do ananás**. 2016. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 2016.
- GARCIA, T. A.; NEPOMUCENO, J. C. Atividade antigenotóxica da polpa da graviola (*annona muricata*), avaliada por meio do teste para detecção de mutação e recombinação somática (SMART) em asas de *Drosophila melanogaster*. **Perquirere**: Patos de Minas: UNIPAM, 8(2):70-80, dez. 2011.
- GEORGÉ, S. et al. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1370-1373, 2005. DOI: 10.1021/jf048396b.
- GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International** 40: 1107-1121.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – **IBRAF**. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: 09 jun. 2018.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. Ed. São Paulo: IMESP, 2008.
- JÚNIOR, S. D. O. **Produção de enzimas por fungos em fermentação semi-sólida utilizando bagaço de coco e pedúnculo de caju como substratos**. 2014. 103 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P. Principais doenças de Anonáceas no Brasil: descrição e controle. **Revista Brasileira de Fruticultura** (Impresso), v. 36, p. 55-64, 2014.
- KAHKONEN, M. P. et al. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 3954-3962, 1999.

- LAUFENBERG G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, 87, pp.167-198. 2003.
- LIMA, L. M. O. **Estudo do Aproveitamento dos Bagaços de Frutas Tropicais, Visando a Extração de Fibras**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2001.
- LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi 'pérola' minimamente processado. **HOLOS**, Ano 33, Vol. 02. 2017. DOI: 10.15628/holos.2017.5238.
- NAZARÉ, R. F. R. Produtos agroindustriais de bacuri, cupuaçu, graviola e açaí, desenvolvidos pela Embrapa Amazônia Oriental. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2000. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental, 41).
- NUNES, G. L. **Microencapsulação por spray drying do extrato crioconcentrado de erva mate (*ilex paraguariensis* A. St. Hill) empregando a maltodextrina como agente encapsulante**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2014.
- OBERLIES, N. H.; CHANG, C. J.; MCLAUGHLIN, J. L. Structure-activity relationships of diverse Annonaceous acetogenins against multidrug resistant human mammary adeno-carcinoma (MCF-7/Adr) cells. **Journal of Medicinal Chemistry**, n. 40, 2102-2106, 1997.
- OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 310-318, 2013.
- PAINI, M. et al. Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace usingspray drying: A study of operative parameters. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 177-186, 2015.
- QAZI, A.K.; SIDDIQUI, J.A.; JAHAN, R.; CHAUDHARY, S.; WALKER, L.A.; SAYED, Z.; JONES, D.T.; BATRA, S.K.; ROSA, M. F. et al. Valorização de resíduos da agroindústria. **Anais do III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**. Volume 1. Foz do Iguaçu, 2011.
- SANTIAGO, M. C. P. A. **Avaliação de processos para obtenção de produtos ricos em antocianinas utilizando suco de romã (*Punica granatum* L.)**. 2014. 135 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- SENA, D. N.; SOUSA, M. M. A.; SOUSA, P. H. M.; ALMEIDA, M. M. B. Estudo do potencial antioxidante em amostras de farinha de resíduos de processamento de acerola, tangerina e graviola. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis/SC, 2014.
- SILVA, L. A. et al. Influência do óleo extraído da borra do café no poli(cloreto de vinila). **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 16, n. 5, p. 206-212, 2015.
- SILVA, L. M.; NEPOMUCENO, J. C. Efeito modulador da polpa da graviola (*Annona muricata*) sobre a carcinogenicidade da mitomicina C, avaliado por meio do teste para detecção de clones de tumor (warts) em *Drosophila melanogaster*. **Revista do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão da Unipam**, v. 1, n. 8, p. 80-94, 2011.
- SILVA, N. K. et al. Influence of shell material on vitamin C content, total phenolic compounds, sorption isotherms and particle size of spray-dried camu-camu juice. **Fruits**, v. 68, n. 3, p. 175-183, 2013. DOI: 10.1051/fruits/2013065.
- SOOTTITANTAWAT, A.; BIGEARD, F.; YOSHI, H.; FURUTA, T.; OHKAWARA, M.; LINKO, P. Influence of emulsion and powder size on the stability of encapsulated D-limonene by spray-drying. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 6, p. 107-114, 2005a.
- SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, jul./set. 2011. DOI: 10.4260/BJFT2011140300024
- SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; DA SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.554-559, 2011.
- SOUZA, L. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; BOMFIM, M. P.; DA SILVA, M. V.; PORTO, J. S. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de polpa e resíduos de graviola. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. **Anais 1º Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**. Aracaju-SE. Maio de 2015.
- TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.
- WELLE, D. **Bioeconomia: uma tendência global?**. Portal G1. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/bioeconomia-uma-tendencia-global.ghtml>>. Acesso em 25 jun. 2018.
- ZACARONI, A. B., JUNQUEIRA, N. T. V.; SUSSEL, A. A. B.; FREITAS, I. S., BRAGA, M. F., JUNQUEIRA, K. P. Desempenho agrônomo de gravioleira (*Annona muricata* L.) sobre diferentes espécies de porta-enxertos. **Cadernos de Agroecologia**, 235 v.9, n. 3, 2014.