

OTIMIZAÇÃO DE PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO ETANÓLICA DE POLISSACARÍDEOS CONTIDOS EM DIFERENTES SEMENTES DE PLANTAS

Optimization of the protocol of polysaccharides ethanolic extraction contained in different plant seeds

Makyson Roberto Silva LEAL¹, Paulo Antônio Galindo SOARES², Claudia Sampaio de Andrade LIMA³, Ricardo YARA⁴, Priscilla Barbosa Sales de ALBUQUERQUE^{5*}

RESUMO: O interesse crescente pelo desenvolvimento de produtos de origem biológica, que utilizem tecnologias de processamento que possam diminuir a dependência social por produtos sintéticos, tem incentivado a prospecção de polímeros naturais. Polissacarídeos são biopolímeros que apresentam propriedades interessantes a uma série de aplicações biotecnológicas, especialmente por serem biodegradáveis, biocompatíveis e de baixa ou nenhuma toxicidade. O processamento de polissacarídeos a nível industrial, porém, requer inúmeras etapas prévias; dentre elas, a extração é considerada fator determinante para a obtenção de um bom rendimento e a possível replicação em escala industrial. Este trabalho teve como objetivo otimizar a metodologia de extração de polissacarídeos proposta por Albuquerque et al., (2014) para os polissacarídeos das sementes de *Morinda citrifolia* (Polinoni) e *Senna occidentalis* (Polimanji). A extração foi realizada por precipitação etanólica, centrifugação e lavagens com etanol e acetona; em seguida, foram calculados os rendimentos de extração e a concentração total de carboidratos. Finalmente, a natureza polissacarídica dos biopolímeros foi analisada por FT-IR. Polimanji e Polinoni foram extraídos com $19,84 \pm 1,19\%$ e $5,63 \pm 1,59\%$ de rendimento e apresentaram concentração de carboidratos totais de $3,25 \pm 0,17$ mg/mL e $6,66 \pm 0,20$ mg/mL, respectivamente. O FT-IR apresentou picos de absorção característicos de polissacarídeos para ambos os biopolímeros. Os resultados obtidos indicam que a otimização do protocolo extrativo desponta como uma técnica eficiente na extração de polissacarídeos contidos em sementes de plantas por se adequar às características de cada substrato, além de apresentar baixo custo e duração quando comparado a outros métodos.

Palavras-chave: biopolímeros; carboidratos; método extrativo; rendimento de extração.

ABSTRACT: The growing interest in the development of products of biological origin, which use processing technologies that can reduce the social dependence on synthetic products, has encouraged the prospecting of natural polymers. Polysaccharides are examples of biopolymers that have interesting properties for various biotechnological applications, especially because they are biodegradable, biocompatible, and low or no toxic. The processing of polysaccharides at the industrial level, however, requires numerous previous steps; among them, extraction is considered a determining factor for obtaining a good yield and possible replication on an industrial scale. This work aimed to optimize the polysaccharide extraction methodology proposed by Albuquerque et al., (2014) for the polysaccharides of *Morinda citrifolia* (Polinoni) and *Senna occidentalis* (Polimanji) seeds. The extraction was performed by ethanolic precipitation, centrifugation, and washes with ethanol and acetone; then, extraction yields and total carbohydrate concentration were calculated. Finally, the polysaccharide nature of biopolymers was analyzed by FT-IR. Polimanji and Polinoni were extracted with $19.84 \pm 1.19\%$ and $5.63 \pm 1.59\%$ yield and presented a total carbohydrate concentration of 3.25 ± 0.17 mg/mL and 6.66 ± 0.20 mg/mL, respectively. FT-IR showed absorption peaks characteristic of polysaccharides for both biopolymers. The results obtained indicate that the optimization of the extractive protocol emerges as an efficient technique in the extraction of polysaccharides contained in plant seeds because it adapts to the characteristics of each substrate, besides presenting low cost and duration when compared to other methods.

Key words: biopolymers; carbohydrates; extractive method; extraction yield.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

¹Universidade de Pernambuco - UPE, R. Cap. Pedro Rodrigues, São José, 55.294-902, Garanhuns, PE, Brasil. Email: makyson.leal@upe.br

²Departamento de Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N, Cidade Universitária, CEP 50.670-420, Recife, PE, Brasil. Email: paulo.gsoares@ufpe.br

³Departamento de Biofísica e Radiobiologia, UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N, Cidade Universitária, CEP 50.670-901, Recife, PE, Brasil. Email: claudia.salima@gmail.com

⁴Departamento de Engenharia Biomédica, UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, S/N, Cidade Universitária, CEP 50.670-901, Recife, PE, Brasil. Email: ricardo.yara@gmail.com

⁵UPE, R. Cap. Pedro Rodrigues, São José, 55.294-902, Garanhuns, PE, Brasil. Email: priscilla.albuquerque@upe.br*

INTRODUÇÃO

A bioprospecção de polímeros de interesse científico tem-se intensificado nos últimos 20 anos, principalmente no que se refere à incessante busca de matérias-primas biodegradáveis e sustentáveis em substituição a polímeros sintéticos (KARGARZADEH et al. 2017). Polissacarídeos são macromoléculas extraídas naturalmente de algas, plantas, fungos, animais e via fermentação microbiológica, geralmente neutros, constituídos por um ou diferentes tipos de monossacarídeos e potencialmente úteis na bioprospecção de moléculas (DA CUNHA et al., 2009).

Os polissacarídeos podem ser classificados como gomas ou mucilagens e geralmente são extraídos com bom rendimento, podendo ser direcionados a promissoras aplicações biotecnológicas devido às propriedades de sustentabilidade, biodegradabilidade, biodisponibilidade, biocompatibilidade e baixa ou nenhuma toxicidade (ALBUQUERQUE et al., 2018). Manjerioba, nome popular da *Senna occidentalis*, é um arbusto pertencente à família das Leguminosas, subfamília Caesalpinaceae, que contém um endosperma rico em polissacarídeo do tipo galactomanana. Pela versatilidade de aplicações biotecnológicas deste polissacarídeo, diversos estudos estão sendo desenvolvidos visando a utilização da galactomanana em escala industrial devido ao seu potencial para substituição de gomas convencionais e às propriedades reológicas como pseudoplasticidade, alta viscosidade e solubilidade em água (GUPTA et al., 2005, MIRHOSSEINI & TABATABAEE, 2012). O polissacarídeo extraído do endosperma das sementes de *Morinda citrifolia*, conhecida popularmente como Noni, uma árvore pertencente à família Rubiaceae, subfamília Rubioideae, também se destaca por suas propriedades inerentes e características como alto rendimento de extração, bioatividade e potencial antioxidante e antiproliferativo (LI et al., 2020).

A busca por novos produtos que apresentem origem natural, benefícios à saúde e bem-estar da população tem crescido nos últimos anos e ganhado força e destaque com a visibilidade promovida pelas redes sociais. No que se refere à aplicação industrial de polissacarídeos na área de alimentos, amido, celulose, quitina, ágar, alginato, pectina e galactomanana são os principais biopolímeros reportados pela literatura científica, apresentando excelentes resultados como fibras dietéticas (JIANG et al., 2020), modificadores de textura, estabilizantes e/ou emulsionantes (FENG et al., 2020; NECKEBROECK et al., 2020), agentes gelificantes (AVELAR; EFRAIM, 2020), espessantes (AGYEMANG et al., 2020), substitutos de gorduras (ANDRADE et al., 2018) e como revestimento de alimentos (KRITCHENKOV et al., 2019), onde foram eficientemente relatados por aumentar o tempo de prateleira e diminuir a contaminação microbiana de queijos (GONZÁLEZ-FORTE et al., 2019; GUITIÁN et al., 2019; KRITCHENKOV et al., 2020) e frutas (XING et al., 2020, NASCIMENTO et al., 2020). Logo, polissacarídeos podem ser considerados seguros o suficiente para consumo na forma de aditivos alimentares (RANA et al., 2011).

A aplicação biotecnológica de polissacarídeos, como revestimento de produtos alimentares, por exemplo, requer muitas etapas prévias; o método de extração é um dos principais, sendo considerado um fator determinante para a obtenção de um bom rendimento de extração e a possível replicação do mesmo em escala industrial. O método proposto por Albuquerque et al. (2014) para a extração de polissacarídeos contidos em sementes de plantas é uma técnica eficiente e de baixo custo para a obtenção de polissacarídeos a curto prazo, tendo sido desenvolvido por um grupo de pesquisa com base no estado de Pernambuco. O objetivo do presente trabalho foi otimizar o método de extração de polissacarídeos de Albuquerque et al. (2014) para as sementes de *Senna occidentalis* e *Morinda citrifolia*, ambas coletadas no Agreste do estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Extração dos polissacarídeos e cálculo do rendimento da extração

Sementes de Noni (*M. citrifolia*) e de Manjerioba (*S. occidentalis*) foram coletadas nas cidades de Barra de Guabiraba e Jucati, ambas localizadas no Agreste Pernambucano, sob as coordenadas S 8°25'26.1804", W 35°40'32.61" e S 8°42'14.3136, W36°29'27.5208, respectivamente. O polissacarídeo usado como reserva de energia para as sementes e contido em seus endospermas foi extraído segundo a metodologia de Albuquerque et al. (2014), com algumas modificações.

As sementes de Noni, separadas da polpa do fruto, e as de Manjerioba foram fervidas em água destilada [1: 5 (p/v)] a 100 °C por 1 h, para inativação enzimática, e mantidas em água por 18 h a 25 °C. Após esse período, cada *pool* de sementes foi triturado em liquidificador com NaCl 0,1 M [5% (p/v)] a 25 °C, filtrado através de um tecido *voil* e precipitado com etanol 46% [1: 3 (v/v)] por 18 h. Posteriormente, os precipitados foram centrifugados (9000 rpm, 5 min, 4° C) e lavados com álcool PA e acetona [1:1 (v/v)] apenas uma vez, usando centrifugação nas mesmas condições já mencionadas entre cada lavagem. Os precipitados obtidos foram secos em temperatura ambiente (25°C), triturados em almofariz e pistilo e, finalmente, denominados de Polinoni (*M. citrifolia*) e Polimanji (*S. occidentalis*). O rendimento de extração foi calculado dividindo a massa final de polissacarídeo (Mf) pela massa inicial da fonte (Mi) e expressa como %.

Determinação de carboidratos totais

A concentração de carboidratos totais foi realizada segundo a metodologia descrita por DUBOIS et al. (1956).

Caracterização dos polissacarídeos

FTIR

A espectroscopia de infravermelho transformada de Fourier foi usada para avaliar as interações químicas de cada amostra. As medições foram realizadas através

do modo de reflectância atenuada (ATR) nas condições de 400 a 4000 cm^{-1} , 16 scans e resolução de 4 cm^{-1} . A análise de dados foi realizada com o GraphPad Prism 5.00.288 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de extração de polissacarídeos (ALBUQUERQUE et al., 2014) foi proposto com base em sua ampla utilização por grupos de pesquisa do Estado de Pernambuco e por suas referências de coleta na mesorregião do Agreste Pernambucano, apresentando ótimos rendimentos para a extração de polissacarídeos do tipo galactomanana (ALBUQUERQUE et al., 2016; ALBUQUERQUE et al., 2017a; ALBUQUERQUE et al., 2017b; ANDRADE et al., 2018a; ANDRADE et al., 2018b; LEAL; ALBUQUERQUE. 2020) e xiloglucana (ARRUDA et al., 2015; FARIAS et al., 2018). As modificações na metodologia de extração para este trabalho aconteceram no intuito de adequar o método para diferentes sementes de plantas, sendo proposta a trituração das sementes com casca, centrifugação em substituição à filtração com tela de serigrafia entre cada etapa de lavagem e apenas uma lavagem com os reagentes álcool PA e acetona.

Os rendimentos de extração para Polinoni e Polimanji foram, respectivamente, $5,63 \pm 1,59\%$ e $19,84 \pm 1,19\%$. Embora apresentem resultados inferiores aos valores de 36 ± 8 e $72 \pm 5\%$ reportados pelos autores que utilizaram a metodologia de Albuquerque et al. (2014) como método extrativo (ALBUQUERQUE et al., 2016; ALBUQUERQUE et al., 2017a; ALBUQUERQUE et al., 2017b; ANDRADE et al., 2018a; ANDRADE et al., 2018b; ARRUDA et al., 2015; FARIAS et al., 2018; LEAL; ALBUQUERQUE. 2020), Polinoni e Polimanji foram eficientemente extraídos com o método otimizado, o qual ainda pode ser considerado mais eficiente e menos custoso do que outros métodos de extração de polissacarídeos descritos na literatura (Tabela 01).

O resultado obtido para Polinoni é semelhante aos valores já reportados para a extração de polissacarídeos contidos em sementes a partir de espécies da mesma família, como *Genipa americana*, com 6,5 % de rendimento (SOUZA, et al., 2018), e *Coffea spp.* com valores entre 2 e 6 % (BALLESTEROS et al., 2015). No entanto, o rendimento de extração do Polinoni foi inferior aos resultados de Li et al. (2020), os quais obtiveram valores entre 9 e 11 % utilizando três métodos de extração (extração com água quente, extração assistida por campo elétrico pulsado e extração assistida por ultrassom), e de Sousa et al., (2018), que reportaram o resultado de 13 % como rendimento de extração do fruto do Noni.

Embora Li et al. (2020) tenham alcançado maiores valores de rendimento através das extrações assistidas por ultrassom e por campo elétrico, as técnicas requerem um aparelho de geração de pulso e um ultrassom, os quais, por sua vez, agregam custo ao processo. No que concerne a extração com água quente, mesmo aparentemente mais simples, também utiliza etanol absoluto e centrífuga como o método otimizado neste trabalho; a necessidade de liofilizador e

rotaevaporador, no entanto, encarece o custo da técnica e prolonga o processo de extração. Etanol em diferentes proporções, a exemplo de 4:1 (SOUZA, et al., 2018; CASTRO, 2007; ALVES, 2013) e 3:1 (SILVA, 2012), e éter de petróleo (BALLESTEROS, et al., 2015) são alguns dos reagentes utilizados para precipitação de açúcares. Embora o custo real dos reagentes acima mencionados seja semelhante ao proposto neste trabalho, o tempo de execução é significativamente maior. Ainda, é importante salientar que Sousa et al. (2018) utilizaram o fruto completo do Noni, enquanto a extração proposta neste trabalho iniciou apenas com as sementes sem polpa. Portanto, não somente os equipamentos, mas também os substratos e os solventes são fatores determinantes para a obtenção de maiores valores de rendimento de extração e devem ser levados em consideração na avaliação do tempo e custo do processo.

Tabela 1 - Diferentes resultados de rendimentos de extração para polissacarídeos de origem vegetal

Espécie	Método de extração	Rendimento (%)	Referência
<i>Morinda citrifolia</i>	Albuquerque et al., (2014) com modificações	5,63 ± 1,59	Este trabalho.
<i>Senna occidentalis</i>	Albuquerque et al., (2014) com modificações	19,84 ± 1,19	Este trabalho.
<i>Adenanthera pavonina</i>	Teixeira (2005) com modificações	12	Castro (2007).
<i>Cassia fistula</i>	Cunha et al., (2009)	26,5	Silva (2012).
<i>Cassia grandis</i>	Albuquerque et al., (2014)	36 ± 8	Albuquerque et al. (2016, 2017a, 2017b) e Andrade et al. (2018a, 2018b).
<i>Cassia occidentalis</i>	Albuquerque et al., (2014) com modificações	19	Leal & Albuquerque (2020).
<i>Coffea spp</i>	Simões et al., (2010)	2,38	Ballesteros et al., 2015.
<i>Coffea spp</i>	Simões et al., (2010)	4,57	Ballesteros et al., 2015.
<i>Coffea spp</i>	Simões et al., (2010)	6,05	Ballesteros et al., 2015.
<i>Delonix regia</i>	Alves (2013)	7,12	Alves (2013).
<i>Genipa americana</i>	Souza et al., (2015)	6,5	Souza, et al., (2018).
<i>Hymenaea courbaril</i>	Albuquerque et al., (2014)	72 ± 5	Arruda et al. (2015).
<i>Morinda citrifolia</i>	Extração com água quente	9,19	Li et al. (2020).
<i>Morinda citrifolia</i>	Extração assistida por ultrassom	11,13	Li et al. (2020).
<i>Morinda citrifolia</i>	Hirazumi and Furasawa (1999) com modificações	13	Sousa et al., (2018).

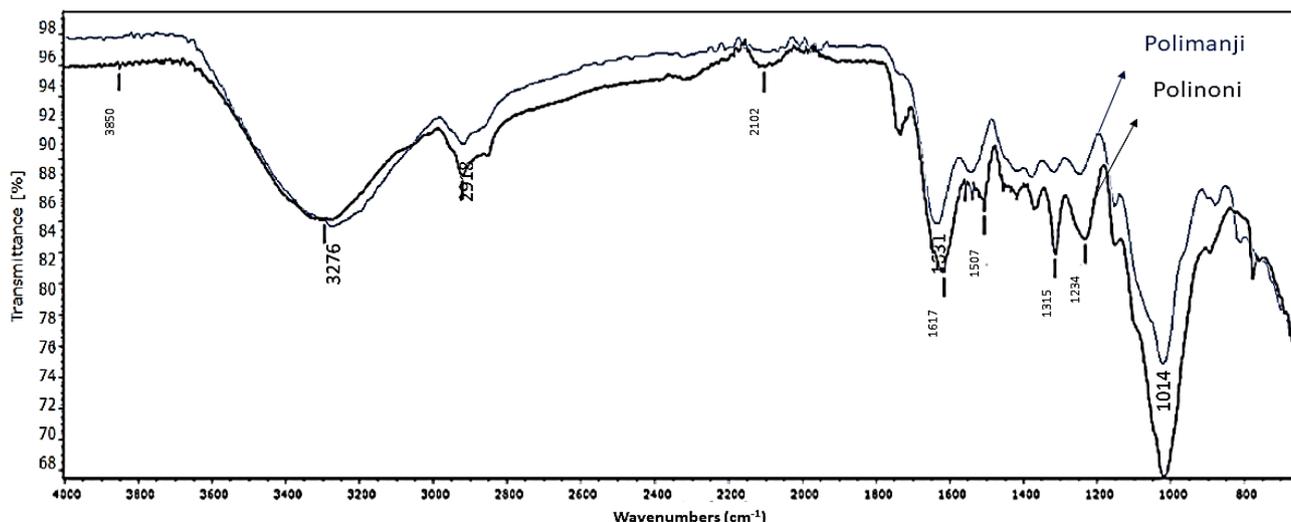
Em relação ao Polimanji, o rendimento de 19,84 ± 1,19 % está de acordo com os valores reportados para rendimentos de extração de polissacarídeos contidos em sementes de espécies da subfamília Caesalpinioideae, os quais geralmente variam entre 8 e 40% (WHISTLER e SMART, 1953; BUCKERIDGE et al., 1995). Quando comparado com outras leguminosas, Polimanji apresenta rendimento maior do que os de *A. pavonina* (CASTRO, 2007) e *D. regia* (ALVES, 2013); ainda, é semelhante aos polissacarídeos extraídos de *C. fistula* (SILVA, 2012) e *C. occidentalis* (LEAL; ALBUQUERQUE, 2020). Levando em consideração os resultados obtidos, o método de extração utilizado neste estudo resultou em valores semelhantes aos reportados pela literatura científica e desponta como uma técnica promissora e de baixo custo para a extração de polissacarídeos contidos em sementes de plantas.

A dosagem de carboidratos totais é expressa como uma relação entre absorvância e concentração e analisada pela construção de uma curva padrão em relação à amostra a ser analisada. A solução de Polinoni a 0,5 % (p/v) apresentou 6,66 ± 0,20 mg/mL de carboidratos totais, resultado inferior às dosagens reportadas por outros autores trabalhando com polissacarídeos extraídos de sementes de plantas, a exemplo de estudos realizados por Costa et al., (2013) com a mesma espécie (*M. citrifolia*), que apresentou valor de 27,21 ± 0,82 %, e de Ballesteros et al., (2015) para uma espécie de mesma família com 39,00 ± 0,19 % (*Coffea spp.*); em contrapartida, foi superior ao polissacarídeo extraído das sementes de *C. occidentalis*, com 3,25 ± 0,17 mg/mL (LEAL;ALBUQUERQUE, 2020).

A solução do Polimanji (0,5% p/v) apresentou concentração de carboidratos totais de 3,25 ± 0,17 mg/mL, semelhante aos resultados obtidos por Vercelollotti et al., (1995) em frutos pós colheita (6,78 ± 0,32, 5,74 ± 0,52, 4,26 ± 0,08 e 3,56 ± 0,60 %). Outros autores apresentaram valores de conteúdo de carboidratos totais em porcentagem (SAMAL; DANGI, 2014) e mg/g (EI AMERANY et al., 2020). Os valores apresentados estimam o que é esperado para leguminosas em relação às concentrações de açúcares livres de acordo com a descrição da literatura; em geral, a concentração de carboidratos totais pode ser influenciada por diferentes fatores, como método de extração, temperatura, metabolismo e biossíntese de diferentes açúcares, inferindo sobre a capacidade de armazenamento de açúcares e, portanto, justificando os diferentes valores relatados pela literatura.

O FT-IR é uma técnica valiosa para estudar polímeros, estimando interações químicas e possíveis modificações em sua estrutura (ALBUQUERQUE et al., 2018). Os espectros de FT-IR para Polimanji e Polinoni (Figura 1) mostraram picos de absorção típicos de polissacarídeos em torno de 3200-3400, 2800-2900 e 1000-1030 cm⁻¹ (YUEN et al. 2009), podendo ser atribuído a vibrações de alongamento entre O-H, ligações C-H e C-O, respectivamente. O pico em aproximadamente 1620 cm⁻¹ está na região correspondente ao alongamento assimétrico de ânions carboxilato (COO⁻) (ZHAO et al., 2020; CHEN et al., 2014).

Figura 1. Espectro de FT-IR para Polimanji e Polinoni.



Li et al., (2020), trabalhando com diferentes métodos de extração para o polissacarídeo de *M. cirifolia*, reportaram picos de absorção de 3320 cm^{-1} , 2928 cm^{-1} e 1622 cm^{-1} no espectro de FT-IR, os quais estão compreendidos nas regiões acima mencionadas para os polissacarídeos analisados neste trabalho. Ainda, os autores mostraram forte pico de absorção na região de 1000-1200 cm^{-1} , sugerida por conter ligação glicosídica C-O-C e estrutura de anéis de piranose, resultado semelhante ao demonstrado neste trabalho para o pico de absorção do Polinoni a 1014 cm^{-1} . Polimanji, por sua vez, apresentou espectro de FT-IR muito similar ao da galactomanana extraída das sementes de *Senna tora* (PAWAR; LALITHA, 2014). Os resultados apresentados demonstram que, embora os métodos extrativos apresentem diferenças significativas, não são capazes de alterar a natureza do polímero analisado por FT-IR.

CONCLUSÕES

No Brasil, as principais pesquisas desenvolvidas com polissacarídeos estão atreladas à enorme biodiversidade do país e à sua potencial aplicação em diferentes ramos da indústria, no entanto, a ponte entre pesquisa e mercado, ou seja, o caminho que estas biomoléculas devem fazer até chegarem à população é laborioso, caro e está muito aquém do esperado. A adequação de um protocolo eficiente para extração de

polissacarídeos de origem vegetal é um fator determinante para obtenção de bons rendimentos, açúcares solúveis e métodos replicáveis em escala industrial, capazes de sugerir uma série de aplicações biotecnológicas na indústria alimentícia, partindo do pressuposto que novas fontes de carboidratos estão ganhando atenção especial devido à recente preocupação em utilizar biopolímeros para formular novos produtos para a indústria. A otimização do método proposto por Albuquerque et al. (2014) foi eficiente na extração de polissacarídeos contidos em diferentes sementes de plantas por permitir o ajuste de etapas que se adequaram às características de cada substrato, além de apresentar baixo custo e pouco tempo de processamento quando comparado a outros métodos extrativos.

A confirmação da natureza polissacarídica dos biopolímeros obtidos pelo método otimizado sugere diversas aplicações biotecnológicas dos mesmos, a exemplo do emprego de polissacarídeos na indústria de alimentos como revestimentos capazes de aumentar o tempo de prateleira de diferentes produtos.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nosso agradecimento ao fomento aportado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e ao apoio técnico da Universidade de Pernambuco - *Campus Garanhuns*.

REFERÊNCIAS

- AGYEMANG, P. N.; AKONOR, P. T.; TORTOE, C.; JOHNSON P-N. T.; MANU-ADUENING. Effect of the use of starches of three new Ghanaian cassava varieties as a thickener on the physicochemical, rheological and sensory properties of yoghurt. *Scientific African*, v. 9, 2020.
- ALVES, R. C. Caracterização de gomas extraídas de seis tipos de sementes de leguminosas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- ALBUQUERQUE, P. B. S.; BARROS, W.; SANTOS, G. R. C.; CORREIA, M. T. S.; MOURÃO, P. A. S.; TEIXEIRA, J. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Characterization and rheological study of the galactomannan extracted from seeds of *Cassia grandis*. *Carbohydrate Polymers*, v. 104, p. 127–134, 2014.
- ALBUQUERQUE, P. B. S. et al. Investigating a galactomannan gel obtained from *Cassia grandis* seeds as immobilizing matrix for Cramoll lectin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 86, p. 454–461, 2016.
- ALBUQUERQUE, P. B. S.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Immobilization of bioactive compounds in *Cassia grandis* galactomannan-based films: Influence on physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 96, p. 727-735, 2017a.
- ALBUQUERQUE, P. B. S.; SOARES, P. A. G.; ARAGÃO-NETO, A. C.; ALBUQUERQUE, GIWELLINGTON S.; SILVA, L. C. N.; LIMA-RIBEIRO, M. H. M.; SILVA NETO, J. C.; COELHO, L. C. B. B.; CORREIA, M. T.S.; TEIXEIRA, J. A.C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Healing activity evaluation of the galactomannan film obtained from *Cassia grandis* seeds with immobilized *C ratylia mollis* seed lectin. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 102, p. 749-757, 2017b.
- ALBUQUERQUE, P. B. S.; ARAUJO, K. S.; SILVA, K. A. A.; HOULLOU, L. M.; LOCATELLI, G. O.; MALAFAIA, C. B. Potential production of bioplastics polyhydroxyalkanoates using residual glycerol. *Journal of Environmental Analysis Progress*, v. 3, n. 1, p. 55-60, 2018.
- ANDRADE, F. J. E. T.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; SEIXAS, J. R. P. C.; FEITOZA, G. S.; BARROS JÚNIOR, W.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Influence of galactomannan on the properties of sponge cakes: a substitute for fat. *Food & Function*, v. 9, p. 2456-2468, 2018a.
- ANDRADE, F. J. E. T.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; MORAES, G. M. D. DE; FARIAS, M. D. P.; TEIXEIRA-SÁ, D. M. A.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Influence of hydrocolloids (galactomannan and xanthan gum) on physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cake based on fava beans (*Phaseolus lunatus*). *Food & Function*, v. 9, p. 6369-6379, 2018b.
- ARRUDA, I. R. S.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; SANTOS, G. R. C.; SILVA, A. G.; MOURÃO, P. A. S.; CORREIA, M. T. S.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Structure and rheological properties of a xyloglucan extracted from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules* v. 73, p. 31–38, 2015.
- AVELAR, M. H. M.; EFRAIM, P. Alginate/pectin cold-set gelation as a potential sustainable method for jelly candy production. *Food Science and Technology*, v. 123, 2020.
- BALLESTEROS, L. F.; CERQUEIRA, M. A.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATO, S. I., Characterization of polysaccharides extracted from spent coffee grounds by alkali pretreatment. *Carbohydrate Polymers*, v. 127, p. 347-354, 2015.
- BUCKERIDGE, M. S. Seed galactomannan in the classification and evolution of the Leguminosae. *Phytochemistry*, v. 38, n. 4, p. 871-875, 1995.
- CASTRO, P. G. Xiloglucanas e galactomananas de leguminosas: Interação com lectinas D-Galactose-ligantes. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- CHEN, Y.; ZHANG, J.-G.; SUN, H.-J.; WEI, Z.-J. Pectin from *Abelmoschus esculentus*: Optimization of extraction and rheological properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 70, p. 498-505, 2014.
- COSTA, A. B. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do Noni (*Morinda citrifolia* Linn). *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP*, v. 35, n. 2, p. 345-354, junho 2013.
- DA CUNHA, P. L. R.; DE PAULA, R. C. M; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos Da Biodiversidade Brasileira: Uma Oportunidade De Transformar Conhecimento Em Valor Econômico. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 649–660, 2009.
- DUBOIS, M.; GUILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.
- FARIAS, M. D. P.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; SOARES, P. A. G.; SÁ, D. M. A. T.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Xyloglucan from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds as encapsulating agent of L-ascorbic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, V. 107, p. 1559-1566, 2018.
- FENG, Y.-Y.; MU, T.-H.; ZHANG, M.; MA, M.-M. Effects of different polysaccharides and proteins on dough rheological properties, texture, structure and in vitro starch digestibility of wet sweet potato vermicelli.

- International Journal of Biological Macromolecules, v. 148, p. 1-10, 2020.
- EL AMERANY, F.; RHAZI, M.; WAHBI, S.; TAOURIRTE, M.; MEDDICH, A. The effect of chitosan, arbuscular mycorrhizal fungi, and compost applied individually or in combination on growth, nutrient uptake, and stem anatomy of tomato. *Scientia Horticulturae*, v. 261, 2020.
- GONZÁLEZ-FORTE, L. S.; AMALVY, J. I.; BERTOLA, N. Corn starch-based coating enriched with natamycin as an active compound to control mold contamination on semi-hard cheese during ripening. *Heliyon*, v. 5, n. 6, 2019.
- GUIZIÁN, M. V.; IBARGUREN, C.; SORIA, M. C.; HOVANYEZ, P.; BANCHIO C.; AUDISIO, M. C. Anti-*Listeria monocytogenes* effect of bacteriocin-incorporated agar edible coatings applied on cheese. *International Dairy Journal*, v. 97, p. 92-98, 2019.
- GUPTA S.; SHARMA P.; SONI PL. Chemical modification of *Cassia occidentalis* seed gum: carbamoylethylation. *Carbohydrate Polymers*, v. 59, p. 501-506, 2005.
- JIANG, Y.; YIN, H.; ZHENG, Y.; WANG, D.; LIU, Z.; DENG, Y.; ZHAO, Y., Structure, physicochemical and bioactive properties of dietary fibers from *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. seeds using ultrasonication/shear emulsifying/microwave-assisted enzymatic extraction. *Food Research International*, v. 136, 2020.
- KARGARZADEH, H.; JOHAR, N.; AHMAD, I. Starch biocomposite film reinforced by multiscale rice husk fiber. *Composites Science and Technology*, v. 151, p. 147–155, 2017.
- KRITCHENKOV, A. S.; EGOROV, A. R.; DUBASHYNSKAYA, N. V.; VOLKOVA, O. V.; ZABODALOVA, L. A.; SUCHKOVA, E. P.; KURLIUK, A. V.; SHAKOLA, T. V.; DYSIN, A. P. Natural polysaccharide-based smart (temperature sensing) and active (antibacterial, antioxidant and photoprotective) nanoparticles with potential application in biocompatible food coatings. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 134, p. 180-186, 2019.
- KRITCHENKOV, A. S.; EGOROV, A. R.; YAGAFAROV, N. Z.; VOLKOVA, O. V.; ZABODALOVA, L. A.; SUCHKOVA, E. P.; KURLIUK, A. V.; KHRUSTALEV, V. N. Efficient reinforcement of chitosan-based coatings for Ricotta cheese with non-toxic, active, and smart nanoparticles. *Progress in Organic Coatings*, v. 145, 2020.
- LEAL, M. R. S.; ALBUQUERQUE, P. B. S. Production of films based on a regional Brazilian polysaccharide: potential application in the food and biomedical areas. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, v. 25, n. 2, p. 18992 – 18996, 2020.
- LI, J.; NIU, D.; ZHANG, Y.; ZENG, X. Physicochemical properties, antioxidant and antiproliferative activities of polysaccharides from *Morinda citrifolia* L. (Noni) based on different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 150, p. 114-121, 2020.
- MIRHOSSEINI, H.; TABATABAEE, A. B. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International*, v. 46, p. 387–398, 2012.
- NASCIMENTO, J. I. G.; STAMFORD, T. C. M.; MELO, N. F. C. B.; NUNES, I. S.; LIMA, M. A. B.; PINTADO, M. M. E.; STAMFORD-ARNAUD, T. M.; STAMFORD, N. P.; STAMFORD, T. L. M. Chitosan–citric acid edible coating to control *Colletotrichum gloeosporioides* and maintain quality parameters of fresh-cut guava. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 163, 2020.
- NECKEBROECK, B.; VERKEMPINCK, S. H. E.; VAES, G.; WOUTERS, K.; MAGNÉE J.; HENDRICKX, M. E.; VAN LOEY, A. M. Advanced insight into the emulsifying and emulsion stabilizing capacity of carrot pectin subdomains. *Food Hydrocolloids*, v. 101, 2020.
- PAWAR, H. A.; LALITHA, K. G. Isolation, purification and characterization of galactomannans as an excipient from *Senna tora* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 65, p. 167-175, 2014.
- RANA, V.; RAI, P.; TIWARY, A. K.; SINGH, R. S.; KENNEDY, J. F.; KNILL, C. J. Modified gums: Approaches and applications in drug delivery. *Carbohydrate Polymers*, v. 83, n. 3, p. 1031–1047, 2011.
- SAMAL, P. K.; DANGI, J. S. Isolation, preliminary characterization and hepatoprotective activity of polysaccharides from *Tamarindus indica* L. *Carbohydrate Polymers*, v. 102: 1-7, 2014.
- SILVA, L. M. Galactomanana de sementes de *Cassia fistula*: Extração, caracterização e modificação. Um potencial substituinte de galactomanana de *Locusta bean*. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- SOUSA, S. G.; OLIVEIRA, L. A.; MAGALHÃES, D. A.; BRITO, T. V.; BATISTA, J. A.; PEREIRA, C. M. C.; COSTA, M. S.; NETO, J. C. R. M.; FILGUEIRAS, M. C.; VASCONSELOS, D. F. P.; SILVA, D. A.; BARROS, F. C. N.; SOMBRA, V. G.; FREITAS, A. L. P.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A.; BARBOSA, A. L. R. Chemical structure and anti-inflammatory effect of Polysaccharide extracted from *Morinda citrifolia* Linn (Noni). *Carbohydrate Polymers*, v. 197, 2018.
- SOUZA, R. O. S.; SOUSA, P. L.; MENEZES, R. R. P. P. B.; SAMPAIO, T. L.; TESSAROLO, L. D.; SILVA, F. C. O.; PEREIRA, M. G.; MARTINS, A. M. C. Trypanocidal activity of polysaccharide extract from *Genipa americana* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 210, 2018.

- VERCELLOTTI, J. R.; SANDERS, T. H.; CHUNG, S-Y.; BETT, K. L.; VINYARD, B. T. Carbohydrate metabolism in peanuts during postharvest curing and maturation. G. Charalambous (Ed.), *Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence*. Elsevier, v. 37, p. 1547-1578, 1995.
- WHISTLER, R. L.; SMART, C. L. *Polysaccharide Chemistry*. Academic Press, New York, p. 493, 1953.
- XING, Y; YANG, H.; GUO, X.; BI, X.; LIU, X.; XU, Q.; WANG, Q.; LI, W.; LI, X.; SHUI, Y.; CHEN, C.; ZHENG, Y. Effect of chitosan/Nano-TiO₂ composite coatings on the postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruits. *Scientia Horticulturae*, v. 263, 2020.
- YUEN, S.-N.; CHOI, S.-M.; PHILLIPS, D. L.; MA, C.-Y. Raman and FTIR spectroscopic study of carboxymethylated non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*, v. 114, p. 1091–1098, 2009.
- ZHAO, P.; LI, X.; WANG, Y.; YAN, L.; GUO, L.; HUANG, L.; GAO, W. Characterisation and saccharide mapping of polysaccharides from four common *Polygonatum* spp. *Carbohydrate Polymers*, v. 233, 2020.