

Galactomananas obtidas a partir de fontes cultivadas no Brasil: uma revisão

Galactomannans obtained from sources cultivated in Brazil: a review

Ana Karolina Menezes Costa^{1*}, Luiz Carlos Magalhães Palermo¹ e Claudia Regina Elias Mansur¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Brasil

*Autor para correspondência: karolinacosta45@gmail.com

Recebido em: 19/09/2019, Aceito em: 04/11/2019, Publicado em: 21/12/2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.22407/1984-5693.2019.v11.p.82-94>

RESUMO

Os biopolímeros estão disponíveis em grandes quantidades a partir de fontes renováveis e, por apresentarem melhorias não encontradas pelos polímeros sintéticos, sua utilização vem sendo cada vez mais observada. Neste contexto, as galactomananas vêm ganhando destaque, sendo objeto de estudo para aplicação em diferentes finalidades. O presente trabalho tem como objetivo fazer um levantamento bibliográfico voltado para as propriedades e metodologias de extração das galactomananas cultivadas no Brasil, bem como sua aplicabilidade em três principais áreas. A partir dos estudos analisados, todas as aplicações mostraram que a utilização da galactomanana foi satisfatória, acarretando em melhorias ao produto analisado.

Palavras-chave: biopolímeros, galactomananas, extração, aplicabilidade.

ABSTRACT

Biopolymers are available in large quantities from renewable sources and, due to improvements not found by synthetic polymers, their use has been increasingly observed. In this context, galactomannans have been gaining prominence, being object of study for application in different purposes. The present work aims to make a bibliographic survey focused on the properties and methodologies of extraction of galactomannans cultivated in Brazil, as well as its applicability in three main areas. From the analyzed studies, all applications showed that the use of galactomannan was satisfactory, resulting in improvements to the analyzed product.

Keywords: biopolymers, galactomannans, extraction, applicability.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior diversidade biológica do mundo. Estima-se que possua mais de 22% do total de espécies de plantas e 1/3 das espécies de aves do planeta (FERRO *et al.*, 2006). A produção de biopolímeros é uma das formas de usar a riqueza da biodiversidade brasileira. Sendo naturalmente obtidos, eles receberam atenção como materiais econômicos, prontamente disponíveis e não tóxicos. Os biopolímeros também são potencialmente biodegradáveis e, com poucas exceções, biocompatíveis. Estes polímeros estão disponíveis em grandes quantidades a partir de fontes renováveis, enquanto os polímeros sintéticos são produzidos a partir de recursos não renováveis (BENABID *et al.*, 2016).

Os polissacarídeos representam uma das matérias-primas industriais mais abundantes e têm sido objeto de intensa pesquisa devido a sua sustentabilidade, biodegradabilidade e biossegurança (BENABID *et al.*, 2016), sendo eles classificados de acordo com sua composição monossacarídica em: mananas, xiloglucanas e galactanas. As mananas são subdivididas em mananas puras, glucomananas e galactomananas e, devido a sua grande aplicação industrial, as galactomananas e xiloglucanas vêm ganhando maior destaque (BUCKERIDGE *et al.*, 2000).

As galactomananas podem ser extraídas do endosperma das sementes de diversas espécies e possuem uma grande aplicabilidade no setor industrial, especialmente no ramo farmacêutico (a liberação controlada de fármacos), de cosméticos e de alimentos (revestimentos comestíveis), bem como na produção de filme em gerais (SRIVASTAVA *et al.*, 2005). No setor alimentício, podem ser também utilizadas como estabilizantes e espessantes (POLLARD *et al.*, 2006). Essas aplicações citadas, serão abordadas posteriormente caso a caso, mostrando o quão benéfico é a sua utilização independente de sua aplicabilidade, visto isso como as sementes são facilmente obtidas e extraídas, essa revisão motiva a busca por novas matérias-primas que sejam fonte desse polissacarídeo.

Para se verificar a relevância do estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a quantidade de artigos de pesquisa desenvolvidos por ano em três diferentes áreas de aplicação (farmacêutica, alimentícia e filmes). A busca foi realizada no site de pesquisa acadêmica *Web of Science*, usando palavras-chave “galactomannans+drugs; galactomannans+food; galactomannans+film”. Os resultados obtidos foram representados na Figura 1, onde pôde-se verificar um grande interesse no desenvolvimento da pesquisa no setor alimentício, visto que no último ano foi constatado o maior número de publicações, se comparado aos anos anteriores. A quantidade de artigos encontrados no geral foi de 227, dos quais foram publicados 150 trabalhos na indústria alimentícia, 42 na produção de filmes e 35 na indústria farmacêutica, o que certifica que o assunto ainda é pouco explorado.

Devido as suas propriedades, esses polissacarídeos, isolados de várias espécies da flora, vêm sendo objeto de estudo. Por essa razão, esta revisão tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre diferentes galactomananas cultivadas no Brasil, mostrando as diferentes vertentes da extração, suas aplicações mais utilizadas e a evolução dos estudos realizados nesse campo. Sendo assim, este trabalho promove a busca por novas matérias-primas que sejam fonte desse polissacarídeo para melhor entendimento do tema.

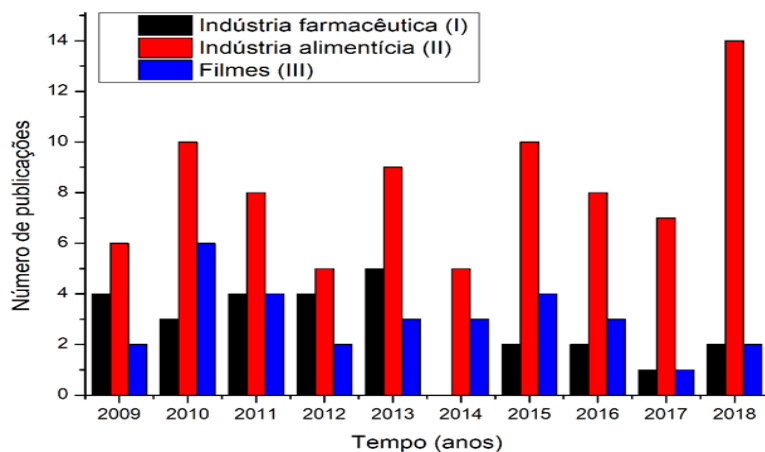


Figura 1. Representação esquemática da evolução da quantidade de trabalhos publicados.

GALACTOMANANAS

As galactomananas são polissacarídeos neutros e representam o segundo maior grupo de polissacarídeos de reserva, devido à sua disposição na flora (SHCHERBUKHIN, 1993). Esses polissacarídeos são obtidos por meio de fontes vegetais, mas também podem ser obtidos a partir de fontes microbianas, de leveduras ou fungos (ANDRADE *et al.*, 1999; FERREIRA, 2008). São classificados como hidrossolúveis e são encontrados principalmente no endosperma de sementes de plantas; a maior parte dos casos são da ordem: Caesalpiniaceae, Fabaceae, Fabales e das famílias Mimosaceae (CRONQUIST, 1981) e, em sua minoria, possuem espécies das famílias Convolvulaceae, Palmae, Loganiaceae e Annonaceae (DEA *et al.*, 1975; DEY, 1978).

A estrutura das galactomananas é constituída por unidades repetidas de β -D-manose, na cadeia principal, ligadas entre si por ligações glicosídicas do tipo $1 \rightarrow 4$ e unidades α -D-galactose, ligadas à cadeia principal por ligações do tipo $1 \rightarrow 6$. A razão e a distribuição das unidades D-galactose dependem da origem e da espécie de leguminosa, como também das técnicas de extração utilizadas para a sua obtenção (AZERO *et al.*, 1999). Dessa maneira, é possível observar a estrutura geral das galactomananas de acordo com a Figura 2.

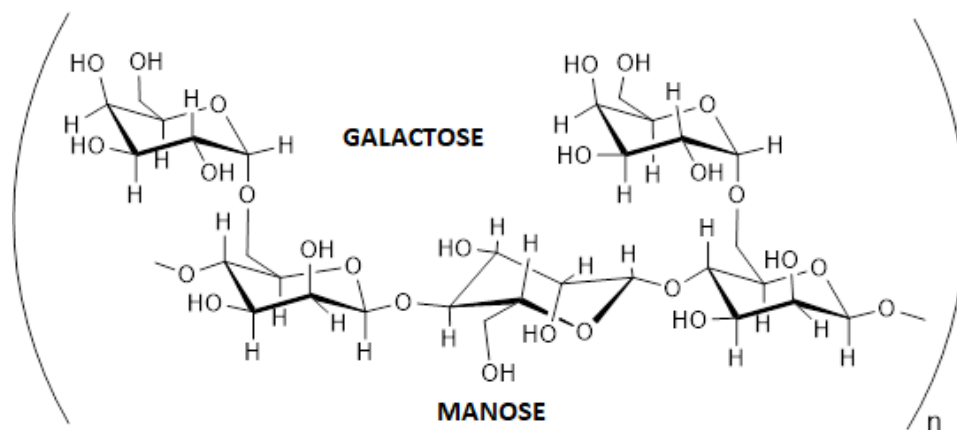


Figura 2. Representação esquemática da estrutura geral das Galactomananas.

A razão manose/galactose (man:gal) desempenha um papel importante sobre a solubilidade das galactomananas, visto que quanto maior a proporção de D-galactose, maior a sua solubilidade em água (DEA *et al.*, 1977). A galactose é capaz de atuar nas propriedades funcionais das galactomananas e auxiliam para a sua aplicação industrial em relação não só à solubilidade, como também à capacidade de interação intermolecular (DEA *et al.*, 1975; MCCLEARY *et al.*, 1981; DEA., 1987; GANTER *et al.*, 1993; GANTER, 1993; BUCKERIDGE, 1995; DOYLE, 2006).

As galactomananas podem interagir com outros polímeros, como proteínas, amido e outros polissacarídeos. Essa interação permite mudanças nas propriedades físico-químicas do sistema formado, acarretando em um efeito sinérgico, como o aumento na viscosidade do composto ou mesmo a geleificação (CUI *et al.*, 2006).

EXTRAÇÃO DE GALACTOMANANAS

Na Figura 3 são apresentados alguns biopolímeros, suas respectivas sementes obtidas a partir de fontes brasileiras, e a região onde são encontradas, sendo esses estudados no decorrer do trabalho. Entre as galactomananas de espécies nativas do Brasil encontra-se a *Mimosa scabrella*, conhecida como bracinga, conforme apresentada abaixo. Suas sementes proporcionam 20-30% de galactomanana com uma razão man:gal em torno de 1,1: 1 (GANTER *et al.*, 1992).

Apesar de existirem espécies nativas do Brasil, essas por sua vez correspondem a um baixo número. No entanto, na maioria dos casos apresentados neste estudo, as sementes foram cultivadas no Brasil, sendo elas nativas de diferentes países, como é o caso da *Delonix regia*, nativa da ilha de Madagascar e foi trazida posteriormente para o cultivo no Brasil. Essas espécies ainda são pouco exploradas para a obtenção de galactomananas (FEITOSA *et al.*, 2018).

Quanto às metodologias de extração das galactomananas, foi possível verificar em trabalhos apresentados na literatura, a semelhança, de uma maneira geral, nos processos empregados. Porém, também foi observado que qualquer modificação realizada na metodologia de extração atinge diretamente a razão man:gal e o rendimento do biopolímero obtido, sendo esse comportamento observado nos estudos com *Cassia grandis* e *Leucaena leucocephala*, que serão apresentados a seguir.

De acordo com estudos realizados através da extração da semente de *Cassia grandis*, foi possível verificar que as sementes passariam por uma fase de inibição enzimática e intumescimento, deixando-as fervendo a 100°C durante 1 hora e após a troca de água, elas seriam deixadas por 18 horas em temperatura ambiente, para que posteriormente o endosperma pudesse ser retirado. Em seguida, o mesmo foi triturado com 0,1M de NaCl (responsável por aumentar a solubilidade) e precipitado em uma razão 1:3 de etanol, para propiciar a extração do biopolímero. O rendimento obtido por meio desse processo foi de $36 \pm 8\%$ e sua relação man:gal foi de 2,44:1 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2014). Devido à obtenção de resultados satisfatórios, Soares e colaboradores (2015) utilizaram o mesmo procedimento, visto que alcançaram um elevado rendimento, o que favorecia sua aplicação para outra finalidade.

Biopolímeros	Origem		Região
Goma Cassia	Sementes de <i>Cassia grandis</i>		Norte
Galactomanana de <i>Leucaena leucocephala</i>	Sementes de <i>Leucaena leucocephala</i>		Nordeste
Galactomanana de <i>Mimosa scrabella</i>	Sementes de <i>Mimosa scrabella</i>		Sul
Goma Flamboyant	Sementes de Flamboyant <i>Delonix Regia</i>		Sudeste
Galactomanana de <i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Sementes de <i>Caesalpinia pulcherrima</i>		Nordeste
Galactomanana de <i>Adennanthera pavonina</i>	Sementes de <i>Adennanthera pavonina</i>		Nordeste

Figura 3. Representação esquemática das sementes cultivadas no Brasil. Fonte: autores.

No entanto, em outra pesquisa, os autores realizaram um estudo sobre a extração de galactomananas a partir da semente de *Leucaena leucocephala*. Diferentemente dos estudos já apresentados anteriormente, os autores realizaram uma extração exaustiva com água destilada, dispensando a etapa de trituração com NaCl, passando direto para etapa de filtração e posteriormente a precipitação, a partir de uma proporção de 1:2 de etanol. Os resultados obtidos mostraram uma razão man:gal de 1:5 e rendimento em torno de 10,4%, o que difere de outros estudos, visto que a metodologia de extração não é a mesma. No estudo feito por Mittal (2016), o procedimento foi bastante similar, com exceção da etapa de precipitação, em que foi utilizado uma proporção de etanol de 1:3. Nesse caso, o rendimento foi cerca de 20% e razão man:gal de 1,19:1. Portanto, pode-se perceber que a razão man:gal é um dos fatores que dependem da metodologia na qual a galactomanana foi extraída.

APLICAÇÕES DAS GALACTOMANANAS

Os estudos encontrados na literatura sobre galactomananas cultivadas no Brasil mostram diferentes aplicações industriais. Porém, neste trabalho serão abordadas aplicações nos setores farmacêutico, alimentício e na produção de filmes, em geral.

SETOR FARMACÊUTICO

Polímeros podem ser usados como direcionadores na liberação de fármacos em sítios característicos no organismo, visto que medicamentos convencionais são designados por apresentarem liberação instantânea do fármaco, diferentemente da liberação controlada que, através da encapsulação dos compostos ativos em micropartículas carreadoras, tem-se um prolongamento do tempo de liberação do fármaco no organismo. Sendo assim, passa a ter um controle maior da liberação dos princípios ativos, conseqüentemente, reduz os indesejados efeitos colaterais, uma vez que usufrui uma menor quantidade, o que leva a um menor custo (AULTON, 2005; SWARBRICK, 2007; LYRA *et al.*, 2007; VILLANOVA *et al.*, 2010). A seguir, serão apresentados estudos de diferentes autores, que mostram a aplicação das galactomananas voltados para área farmacêutica.

Visando investigar a capacidade da goma flamboyant (galactomanana obtida da *Delonix régia*) em encapsular a alantoína (2,5-dioxo-4-imidazolidiniluréia) pela técnica de secagem por atomização por Spray-drying, os autores também verificaram a liberação controlada da alantoína encapsulada nas micropartículas de galactomanana. Sendo assim, foi constatado que a eficiência de encapsulação das micropartículas formadas foi de aproximadamente 84%, na proporção 10:1 (galactomanana:alantoína) para as diferentes condições ambientais avaliadas (25 e 60 °C, sob presença da luz) (FROTA *et al.*, 2018). Dessa maneira, uma liberação gradual da alantoína presente nas micropartículas foi obtida ao longo de um período de 6 horas, em comparação à liberação do ativo puro, que foi muito rápida, o que resulta em uma liberação muito mais controlada.

Já a galactomanana obtida por *Adenantha pavonina* foi investigada para a aplicação na liberação controlada de rutina devido à biocompatibilidade, biodegradabilidade e segurança, sendo a rutina um poderoso antioxidante com benefícios farmacológicos, pertencente à categoria dos bioflavonóides. Os comprimidos de liberação controlada contendo rutina e galactomanana foram comparados com as matrizes hidrofílicas de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), sendo esse polímero comumente utilizado. O estudo mostrou que a utilização da galactomanana em vez de HPMC não afetou o perfil de liberação da rutina. No entanto, os resultados obtidos foram promissores para a substituição do HPMC pela mesma proporção de galactomanana, pois este tipo de polissacarídeo não é tóxico e é utilizado na indústria de alimentos, se comparado ao HPMC em excesso (NOBRE *et al.*, 2018).

Através de outro estudo, nota-se a realização da microencapsulação de riboflavina (Rf), composto orgânico da classe das vitaminas, pela técnica de secagem por atomização por Spray-drying com goma flamboyant (G) e surfactante à base de copolímero em bloco de poli(óxido de etileno)-poli(óxido de propileno), em duas diferentes concentrações e pH's (F1 e F2) para manter ou aprimorar as suas propriedades funcionais. Sendo assim, foram produzidas micropartículas (GRf, GRfF1 e GRfF2) e foi observado que a eficiência de encapsulação em micropartículas variou de 87,14 a 88,53%. Através do estudo viscosimétrico, as micropartículas produzidas apresentaram maior fluidez, quando comparadas com a galactomanana pura, e a liberação mostrou que a galactomanana é uma matriz adequada para a microencapsulação de riboflavina, visto que posterga a liberação em meios ácidos e básicos quando comparado com a riboflavina isolada (FARIAS *et al.*, 2018).

Neste contexto, outros autores realizaram a modificação da galactomanana de *Dimorphandra Gardneriana* por reação de sulfatação, resultando em um grau de substituição de 0,61, com o objetivo de melhorar suas características biológicas intrínsecas, propriedades

e/ou criar novas funções, acreditando que a modificação proporcionaria resultados promissores. A partir disso, tanto a galactomanana de *D. gardneriana* (GLMDg), quanto seus derivados sulfatados (GLMDgS) foram utilizados como matrizes poliméricas para o encapsulamento da mangiferina (glucosídeo) pelo processo de secagem por Spray-drying, sendo essa uma maneira de aumentar a solubilidade e a sua biodisponibilidade, já que a mangiferina pura apresenta baixa solubilidade em água. O estudo mostrou que a liberação foi mais rápida para a matriz polimérica sulfatada (taxa de liberação, aproximadamente 100% após 8 horas), o que mostra uma menor eficácia quando comparada com a galactomanana não sulfatada (82,7%). Isso se deu devido à redução da massa molar e da viscosidade da galactomanana sulfatada, causado pela depleção do polímero durante a modificação. Por essa razão, verifica-se que, para a liberação gradual da mangiferina acontecer, é de extrema necessidade o uso de galactomananas sem modificações químicas (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Goma xantana (X) e a galactomanana de *Gleditsia sinensis* (G), neste caso foram utilizados como materiais de liberação controlada da teofilina. Os autores propuseram a avaliação do desempenho da liberação da teofilina através da mistura dos biopolímeros em diferentes proporções (GX7:3, GX5:5 e GX3:7), como também das formulações contendo 10% de cada biopolímero isolado. A partir do teste de dissolução *in vitro*, as matrizes G10% e X10% liberaram 91,4 e 87,7% do fármaco dentro de 24 horas, respectivamente. As interações sinérgicas entre galactomanana e goma xantana, efetivamente, retardou a difusão do fármaco, e a liberação mais eficiente (75,5% em 24 horas) foi encontrada na formulação GX7:3. Sendo assim, o teste de dissolução *in vitro* mostrou que as matrizes GX tiveram um maior controle de liberação do fármaco em relação aos comprimidos de matriz com componente polissacarídico único (G ou X) (JIAN *et al.*, 2012).

Por fim, em outro estudo abordado foi avaliado a capacidade da goma de flamboyant carboximetilada de encapsular a papaína nas concentrações de 2% e 3% (p/v) para liberação controlada de substâncias bioativas. Visto isso, os autores avaliaram através de um planejamento fatorial a efetividade da goma de flamboyant carboximetilada (CFG) na microencapsulação de papaína. Dessa forma, pode-se perceber que uma maior concentração de goma levou a um aumento da liberação de papaína, independentemente da concentração de solução catiônica, utilizada para endurecimento das microcápsulas. Em comparação com microcápsulas de goma guar carboximetilada (CGG), as microcápsulas CFG exibiram uma melhor taxa de liberação de papaína sob condições simuladas de pH. Por essa razão, a goma flamboyant carboximetilada foi eficaz no encapsulamento de papaína, sugerindo ser vantajosa em tratamento anti-inflamatório ou preventivo de úlceras gástricas ou duodenais (BETANCUR-ANCONA *et al.*, 2011).

SETOR ALIMENTÍCIO

Atualmente, as galactomananas vêm conquistando também a indústria alimentícia. Por essa razão, têm-se desenvolvido filmes (revestimentos), com intuito de aumentar o *shelf life*, ou seja, seu tempo de prateleira, também conhecido como o tempo de vida útil do produto. Sendo assim, elas têm a capacidade de restringir a utilização de polímeros sintéticos tradicionais e aprimorar a qualidade dos alimentos (VILLADIEGO, 2005). Outro tipo de aplicação das galactomananas dentro da indústria alimentícia é a atuação das mesmas como espessantes e estabilizantes.

De acordo com estudo proposto, os autores neste caso, investigaram a utilização de um filme à base de galactomanana de *Adenantha pavonina* na qualidade pós-colheita de frutos. Sendo assim, o experimento foi realizado com mangas fisiologicamente maduras, e as mesmas foram divididas em quatro grupos e posteriormente foram armazenadas por 16 dias. O grupo 1 foi designado aos frutos não revestidos de controle, acondicionados a 25°C; o segundo grupo foi relacionado aos frutos não revestidos e refrigerados a 14°C; o terceiro grupo, os frutos foram revestidos e armazenados a 25°C; e o quarto grupo, os frutos foram revestidos e refrigerados a 14°C. Os frutos foram analisados quanto aos parâmetros de qualidade físico-química e pôde-se verificar que a refrigeração (14°C) melhorou o desempenho do filme de galactomanana. Com isso, conclui-se que o filme de galactomanana retarda o amolecimento dos frutos, mantendo a qualidade das mangas por um tempo maior, se comparado ao tratamento de controle durante o armazenamento à temperatura ambiente (AGUIAR *et al.*, 2011).

Neste outro cenário, foi possível avaliar a extensão da vida útil do queijo ricota a 4°C, após o uso de filmes comestíveis de galactomananas de *Gleditsia triacanthos*, nas concentrações 0,5%, 1% e 1,5% (p/v), incorporando ou não a nisina (agente antimicrobiano) frente à bactéria *Listeria monocytogenes*. Dessa maneira, três diferentes tratamentos foram testados no queijo: amostras sem revestimento; amostras com revestimento sem nisina; e amostras com revestimento contendo 50 UI.g⁻¹ de nisina, o equivalente a 0,05 mg por grama de película seca. Os testes foram realizados para analisar a eficácia no tratamento contra a bactéria *L. monocytogenes*. As análises microbiológicas e físico-químicas do queijo foram efetuadas durante 28 dias. Os resultados mostraram que o queijo revestido com nisina apresentou os melhores resultados em termos de atraso no crescimento microbiano, como também a adição de nisina ajudou na manutenção do teor de água, reduzindo assim a perda de peso do queijo, melhorando os critérios de qualidade e, conseqüentemente, melhorando sua vida útil. Já os valores de pH não apresentaram alterações significativas com a adição do revestimento (MARTINS *et al.*, 2010).

O mesmo comportamento foi observado nos estudos de (TEIXEIRA, 2010; ALVES, 2010), nos quais o queijo coalho foi revestido com galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*. Foi constatado também que não houve uma diferença significativa nos valores de pH entre os queijos com e sem revestimento, sinalizando que o revestimento não interferiu na análise de pH.

No entanto, alguns autores produziram revestimentos comestíveis, a partir de uma mistura de galactomananas de duas diferentes sementes (*Adenantha pavonina* e *Caesalpinia pulcherrima*), colágeno e glicerol. Os autores determinaram sua atuação nas taxas de transferência de gás quando aplicados como revestimentos em mangas e maçãs. Visto que, as taxas de transferência de gás das mangas revestidas com uma solução de 0,5% (p/v) de *Adenantha pavonina*, 1,5% (p/v) de colágeno e 1,5% (p/v) de glicerol foram comparadas com as de manga sem revestimento. Pode-se observar, após caracterização em função de seu comportamento de permeabilidade frente ao CO₂, O₂ e vapor d'água, que as mangas revestidas apresentaram 28% menos de consumo de O₂ e 11% menos de produção de CO₂. O mesmo procedimento foi realizado em maçãs, utilizando 0,5% (p/v) de *Caesalpinia pulcherrima*, 1,5% (p/v) de colágeno e sem glicerol. A produção de CO₂ e o consumo de O₂ foram de aproximadamente 50% menor em maçãs com revestimento do que em maçãs sem revestimento. Por essa razão, é possível verificar que tais revestimentos possam vir a diminuir

as taxas de transferência de gás nesses frutos e, conseqüentemente, atuariam no prolongamento de sua vida útil (LIMA *et al.*, 2010).

Nesta conjuntura foi avaliado a adequação das galactomananas de sementes (*Adenanthera pavonina* e *Caesalpinia pulcherrima*) e do glicerol para serem utilizados como revestimentos para diversas frutas tropicais, tais como acerola, cajá, manga, pitanga e seriguela. Os autores também determinaram qual formulação seria a mais adequada para estender o prazo de validade das mesmas, com o propósito de descrever uma metodologia para otimizar a composição de revestimentos comestíveis. As propriedades da superfície das cinco frutas foram determinadas e avaliadas em diferentes soluções aquosas de galactomanana (0,5%, 1,0% e 1,5% (p/v)) com glicerol (1,0%, 1,5% e 2,0% (v/v)). Levando em conta as propriedades de superfície e permeabilidade dos filmes obtidos, quatro composições foram selecionadas como as melhores, sendo: acerola - 0,5% (p/v) de *A. pavonina* e 1,0% (v/v) de glicerol; cajá - 1,0% (p/v) de *A. pavonina* e 1,0% (v/v) de glicerol; manga e pitanga - 1,5% (p/v) de *A. pavonina* e 1,0% (v/v) de glicerol; e seriguela - 0,5% (p/v) de *C. pulcherrima* e 1,5% (v/v) de glicerol. Contudo, para o revestimento, houve uma redução nas taxas de transferência de gás, o que levou a conclusão da eficiência das galactomananas na extensão da vida útil dos produtos estudados (CERQUEIRA *et al.*, 2009).

Em outro estudo, foi avaliado a aplicação de polissacarídeos em diferentes concentrações para formação de filmes no queijo. Visto que, a quitosana, a galactomanana de *Gleditsia triacanthos* e *Glacilaria birdiae* foram testadas, com diferentes formulações e com adição de plastificante e óleo de milho. As propriedades superficiais do queijo e a capacidade de umidificação dos revestimentos do mesmo foram determinados. Sendo assim, as três melhores soluções para cada polissacarídeo foram escolhidas, porém a solução de *G. triacanthos* (formulação: 1,5% (p/v) de galactomanana, 2,0% (p/v) de glicerol e 0,5% (p/v) de óleo) apresentou as melhores propriedades para revestir o queijo. As taxas de consumo de O₂ e produção de CO₂ do queijo com e sem revestimento foram avaliadas, mostrando uma diminuição nas taxas de transferência de gás quando o revestimento foi aplicado. Assim, o queijo não revestido tinha um crescimento extenso de fungos na superfície, quando comparado com o queijo revestido. Devido a todos os fatores apresentados no decorrer do estudo, os resultados mostraram que estes revestimentos podem ser aplicados como uma alternativa aos revestimentos sintéticos (CERQUEIRA *et al.*, 2009b).

Outro tipo de aplicação dentro da indústria alimentícia é o uso de estabilizantes naturais. Desta forma, neste trabalho foi avaliado a necessidade da melhoria de alguns alimentos, devido ao aumento da competitividade do mercado. Sendo assim, os autores desenvolveram sorvetes de sabor goiaba, no qual o estabilizante comercial foi substituído, utilizando no lugar a galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*. Por conseguinte, foi possível avaliar tanto suas propriedades, quanto comparar os dois estabilizantes geralmente aplicados. Desse modo, três formulações de sorvetes foram realizadas utilizando a mesma concentração para todos os ingredientes, modificando apenas o tipo de estabilizante, sendo eles: superliga neutra (T1), galactomanana de *C. pulcherrima* (T2) e goma xantana (T3). Pode-se verificar, por meio dos resultados obtidos, que a taxa de derretimento foi semelhante para as três formulações até 35 minutos, apresentando comportamentos lineares. Contudo, a comparação dos estabilizantes mostraram resultados satisfatórios por parte dos consumidores, podendo-se concluir que a galactomanana atua como um bom estabilizante na indústria alimentícia (PASSOS *et al.*, 2016).

SETOR DE FILMES

As galactomananas têm sido objeto de estudo para a preparação de filmes em diversas finalidades. Visto isso, no tópico anterior pode-se perceber o crescente interesse dos trabalhos na indústria alimentícia, porém, essa aplicação não se restringe a esse único setor. Existem outras atuações possíveis de abrangência que serão abordadas neste tópico.

A produção de filmes com galactomananas têm propiciado grande relevância nos últimos anos, visto que a galactomanana, é um material filmogênico. Ultimamente, as mesmas têm apresentado uma vantajosa competência para ser empregada na elaboração de filmes, devido suas características formarem soluções viscosas a baixas concentrações, sendo necessário para sua preparação apenas o uso de água (CERQUEIRA *et al.*, 2011).

Neste contexto, foi avaliado um processo cicatricial por 14 dias em feridas de ratos, em que foi utilizado filmes de NaCl e goma Cassia (galactomanana obtida de *Cassia grandis*) associadas ou não à lectina de sementes de *Cratylia mollis* (Cramoll 1,4), sendo esse estudo uma alternativa eficaz para substituir curativos sintéticos na cicatrização de feridas. As lesões foram tratadas de acordo com o grupo a que o animal pertencia: grupo controle, tratado com 0,15 M de NaCl; grupo teste 1, tratado com filme de galactomanana; grupo teste 2, tratado com o filme de galactomanana e 0,5 mg/mL de Cramoll 1,4. A lectina foi imobilizada com sucesso no filme de galactomanana, produzindo filmes com 90,94% da atividade hemaglutinante de lectina inicial. Por essa razão, os resultados obtidos despertaram que os filmes sejam uma peça promissora para os futuros curativos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017).

Já neste estudo foi avaliado a compatibilidade da goma mesquite (MG) e a proteína do soro do leite (WPI) para obter filmes compósitos, como também caracterizaram a microestrutura do filme. Foram utilizadas as seguintes proporções: 100% WPI; 75% WPI e 25% MG; 50% WPI e 50% WPI; 25% WPI e 75% MG, e com isso pode-se notar que a WPI e a MG foram completamente compatíveis para formação de soluções e filmes. Todos os filmes resultantes foram análogos, independentemente da razão WPI:MG. A presença de MG aumentou a agregação de proteínas, levando à produção de filmes com superfície mais áspera. Já a incorporação de diferentes quantidades de MG na WPI permitiu a formação de filmes com flexibilidade melhorada, sem aumentar o teor de plastificante e, conseqüentemente, sem impactar negativamente outras características, tal como a permeabilidade ao vapor de água (OSÉS *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

O uso de galactomananas tem mostrado ser uma ferramenta essencial para aplicações em diferentes setores. No decorrer deste trabalho pode-se observar os mais diferentes estudos em três áreas distintas, sendo elas: indústria farmacêutica, indústria alimentícia e produção de filmes, sendo que o maior destaque nos últimos anos, em números de publicações, foi na indústria alimentícia. Porém, em todos os casos, o uso de galactomananas favoreceu sua devida aplicação industrial.

Conforme o levantamento bibliográfico realizado, as galactomananas vêm se mostrando um assunto de grande relevância. Portanto, através deste trabalho, pode-se constatar os benefícios das galactomananas, sendo a mesma abundante na flora, porém pouco explorada. Visto isso, foi também possível avaliar a evolução na quantidade de estudos sobre as galactomananas e suas aplicações, indicando a importância de realizar pesquisas nesta área, buscando melhorias e, conseqüentemente, a descoberta de novos usos nas mais diferentes áreas. Sendo assim, espera-se um aumento no número de estudos para os próximos anos, visto

que, em todas as aplicações apresentadas nesta pesquisa, a utilização das galactomananas foi bastante promissora, independente do setor de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, RP; MIRANDA, MRA; LIMA, A.MP; MOSCA, JL; MOREIRA, RA; ENÉAS-FILHO, J. Effect of a galactomannan coating on mango postharvest physicochemical quality parameters and physiology. **Journal Fruits**, **66**, 269-278, 2011.
- ALBUQUERQUE, PBS.; CERQUEIRA, MA; VICENTE, AA; TEIXEIRA, JA; CARNEIRO-DA-CUNHA, MG. Immobilization of bioactive compounds in Cassia grandis galactomannan-based films: Influence on physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules** **96**, 727-735, 2017.
- ALBUQUERQUE, PBS.; JUNIOR, WB; SANTOS, GRC; CORREIA, MTS.; MOURÃO, PAS.; TEIXEIRA, JA; CARNEIRO-DA-CUNHA, MG. Characterization and rheological study of the galactomannan extracted from seeds of Cassia grandis. **Carbohydrate Polymers**, **104**, 127-134, 2014.
- ALBUQUERQUE, PBS.; SILVA, CS; SOARES, PAG.; JUNIOR, WB; CORREIA, MTS; COELHO, LCBB; TEIXEIRA, JA.; CARNEIRO-DA-CUNHA, MG. Investigating a galactomannan gel obtained from Cassia grandis seeds as immobilizing matrix for Cramoll lectin. **International Journal of Biological Macromolecules**, **86**, 454-461, 2016.
- ALBUQUERQUE, PBS; SOARES, PAG; ARAGÃO-NETO, AC; ALBUQUERQUE, GS; SILVA, LCN; LIMA-RIBEIRO, MHM; NETO, JCS; COELHO, LCBB.; CORREIA, MTS; TEIXEIRA, JAC; CARNEIRO-DA-CUNHA, MG. Healing activity evaluation of the galactomannan film obtained from Cassia grandis seeds with immobilized Cratylia mollis seed lectin. **International Journal of Biological Macromolecules**, **102**, 749-757, 2017.
- ALDERBORN, G. Comprimidos e compressão. In: AULTON, ME. Delineamento de formas farmacêuticas. 2.ed. Porto Alegre: **Artmed**, cap.27. 2005. Pp.403-443.
- ALMEIDA, RR; MAGALHÃES, HS; SOUZA, JRR; TREVISAN, MTS; VIEIRA, IGP; FEITOSA, JPA; ARAÚJO, TG; RICARDO, NMPS. Exploring the potential of *Dimorphandra gardneriana* galactomannans as drug delivery systems. **Industrial Crops & Products**, **69**, 284-289, 2015.
- ALVES, RC; GADÊLHA, PC; SILVA, FAK; DAMASCENO, MN; BRAGA, RC; TEIXEIRA SÁ, DMA. Galactomananas de *Caesalpinia pulcherrima* um potencial polissacarídeo para revestimento visando uma melhora nas características físico-químicas e sensoriais do queijo coalho. **Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação**, 2010.
- ANDRADE, CT; AZERO, EG; LUCIANO, L; GONÇALVES, MP. Solution properties of the galactomannans Extracted from the seeds of *Caesalpinia pulcherrima* and *Cassia javanica*: comparison with locust bean gum. **International Journal of Biological Macromolecules**, **26**, 181-185, 1999.
- AZERO, EG; ANDRADE, CT. Extração e Caracterização da Galactomanana de Sementes de *Caesalpinia pulcherrima*. **Polímeros: Ciência e Tecnologia** **19**(2), 54-59, 1999.
- BENABID FZ; ZOUAI, F. Natural polymers: cellulose, chitin, chitosan, gelatin, starch, carrageenan, xylan and dextran. **Journal of Natural Products**, **4**(3), 348-357, 2016.
- BETANCUR-ANCONA, D; PACHECO-AGUIRRE, J; CASTELLANOS-RUELAS, A; CHEL-GUERRERO, L. Microencapsulation of papain using carboxymethylated flamboyant (*Delonix regia*) seed gum. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, **12**, 67-72, 2011.
- BOURBON, AI; PINHEIRO, AC; RIBEIRO, C; MIRANDA, C; MAIA, JM; TEIXEIRA, JA; VICENTE, AA. Characterization of galactomannans extracted from seeds of *Gleditsia triacanthos* and *Sophora japonica* through shear and extensional rheology: Comparison with guar gum and locust bean gum. **Food Hydrocolloids** **24**, 184-192, 2010.
- BRAGA, RC. Evaluation of *Caesalpinia Pulcherrima* endospermic gum as affinity matrices for galactose-binding lectins interaction. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **54**(2), 283-292, 2011.
- BUCKERIDGE MS, DIETRICH SMC, LIMA DU. Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. **Developments in Crop Science** **26**, 283-316, 2000.
- BUCKERIDGE, MS; SANTOS, HP; TINÉ, MA. Mobilisation of storage polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry** **38**, 141-156, 2000.
- BUCKERIDGE, MS. Seed galactomannan in the classification and evolution of the Leguminosae. **Phytochemistry** **38**(4), 871-875, 1995.

- CERQUEIRA, MA; LIMA, AM; TEIXEIRA, JA; MOREIRA RA; VICENTE, AA. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering** **94**, 372-378, 2009.
- CERQUEIRA, MA; LIMA, AM; SOUZA, BWS; TEIXEIRA, JA; MOREIRA RA; VICENTE, AA. Functional Polysaccharides as Edible Coatings for Cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** **57**, 1456-1462, 2009b.
- CERQUEIRA, MA; BOURBON, AI; PINHEIRO, AC; MARTINS, JT; SOUZA, BWS; TEIXEIRA, JA; VICENTE, AA. Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. **Trends in Food Science & Technology** **22**, 662-671, 2011.
- CERQUEIRA, MA; SOUZA, BWS; TEIXEIRA, JA; VICENTE, AA. Utilization of Galactomannan from *Gleditsia triacanthos* in Polysaccharide-Based Films: Effects of Interactions Between Film Constituents on Film Properties. **Food Bioprocess Technol.** **6**, 1600-1608, 2013.
- CRONQUIST, A. An integrate system of classification of flowering plants. **New York: Columbia University Press**, p. 1262, 1981.
- CUI, SW; ESKIN, MAN; WU, Y; DING, S. Synergisms between yellow mustard mucilage and galactomannans and applications in food products — A mini review. **Advances in Colloid and Interface Science**, **121-130**, 249-256, 2006.
- DAKIA, PA; BLECKER, C; ROBERT, C; WATHLET, B; PAQUOT, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. **Food hydrocolloids**, **22**, 807-818, 2008.
- DEA, ICM. The role of structural modification in controlling polysaccharide functionality. **Industrial polysaccharides: Genetic Engineering, Structure/Property Relations and Applications**, 207-216, 1987.
- DEA, ICM.; MORRISON, A. Chemistry and interactions of seed galactomannans. **Advances Carbohydrate Chemistry Biochemistry**, **31**, 241-312, 1975.
- DEA, ICM.; MORRIS, ER; REES, DA; WELSH, EJ; BARNES, HA. Associations of like and unlike polysaccharides: mechanism and specificity in galactomannans, interacting bacterial polysaccharides, and related systems. **Carbohydrate Research**, **5**, 249, 1977.
- DEY, PM. Biochemistry of plant galactomannans. **Advances Carbohydrate Chemistry Biochemistry**, **35**, 341-376, 1978.
- DOYLE, JP. Effect of sugars, galactose content and chain length on freeze-thaw gelation of galactomannans. **Carbohydrate Polymers**, **64**, 391-401, 2006.
- FARIAS, SS; SIQUEIRA, SMC; CUNHA, AP; SOUZA, CAG; FONTENELLE, ROS.; ARAÚJO, TG; AMORIM, AFV.; MENEZES, JESA; MORAIS, SM; RICARDO, NMPS. Microencapsulation of riboflavin with galactomannan biopolymer and F127: Physico-chemical characterization, antifungal activity and controlled release. **Industrial Crops and Products**, **118**, 271-281, 2018.
- FEITOSA, JP de A; PAULA, HCB; PAULA, RCM. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira. Fortaleza: **Imprensa Universitária UFC**, 2018.
- FERREIRA, AL. Propriedades Vibracionais de Polissacarídeos Naturais. Dissertação (Mestrado em Física) – Setor de Ciências Exatas, **Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2008.
- FERRO, AFP, BONACELLI, MBM, ASSAD, ALD. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão & Produção** **13**(3), 489-501, 2006.
- FROTA, HBM; MENEZES, JESA; SIQUEIRA, SMC; RICARDO, NMP; ARAÚJO, TG; SOUZA, CAG; BANDEIRA, PN; SANTOS, HS. Preparação, caracterização físico-química e liberação controlada de micropartículas de galactomanana contendo alantóina. **Química Nova** **41**(5), 544-549, 2018.
- GALANTE, YM; MERLINI, L; SILVETTI, T. Enzyme oxidation of plant galactomannans yielding biomaterials with novel properties and applications, including as delivery systems. **Applied Microbiology and Biotechnology**, abr. 2018. Pp. 1-16.
- GANTER, JLMS; MILAS, M; CORREA, JBC; REICHER, F; RINAUDO, M. Study of solutions properties of galactomannan from the seeds of *Mimosa scabrella*. **Carbohydrate Polymers** **17**, 171-175, 1992.
- GANTER, JLMS. Structural studies on galactomannans from Brazilian seeds. **Journal Carbohydrate Chemistry** **12**(6), 753-767, 1993.
- GANTER, JLMS; SIERAKOWSKI, MR; REICHER, F. Evolution of polysaccharide research on *Mimosa scabrella*. **Ciência e Cultura**, **45**(1), 14-18, 1993.
- JIAN, H; ZHU, L; ZHANG, W; SUN, D; JIANG, J. Galactomannan (from *Gleditsia sinensis* Lam.) and xanthan gum matrix tablets for controlled delivery of theophylline: In vitro drug release and swelling behavior. **Carbohydrate Polymers** **87**, 2176-2182, 2012.

- LIMA, AM; CERQUEIRA, MA; SOUZA, BWS; SANTOS, ECM; TEIXEIRA, JA; MOREIRA RA; VICENTE, AA. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. **Journal of Food Engineering**, **97**, 101-109, 2010.
- LYRA, MAM, SOARES-SOBRINHO, JL, BRASILEIRO, MT, DE LA ROCA, MF, BARRAZA, JA, VIANA, OS, ROLIM-NETO, PJ. Sistemas Matriciais Hidrofilicos e Mucoadesivos para Liberação Controlada de Fármacos, **Latin American Journal of Pharmacy** **26**(5), 784-793, 2007.
- MARTINS, JT; CERQUEIRA, MA; SOUZA, BWS; AVIDES, MC; VICENTE, AA. Shelf Life Extension of Ricotta Cheese Using Coatings of Galactomannans from Nonconventional Sources Incorporating Nisin against *Listeria monocytogenes*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** **58**, 1884-1891, 2010.
- MITTAL, N; MATTU, P; KAUR, G. Extraction and derivatization of *Leucaena leucocephala* (Lam.) galactomannan: Optimization and characterization. **International Journal of Biological Macromolecules** **92**, 831-841, 2016.
- NOBRE, KA; SOARES, CEA; VIEIRA IGP; ALMEIDA, RR; MOREIRA, RA; ARAÚJO, TG; RIBEIRO, MENP; RICARDO, NMPS. *Adenanthera pavonina* galactomannan for controlled delivery of rutin – a preliminary study. **Química Nova** **41**(6), 607-612, 2018.
- OSÉS, J; FABREGAT-VÁZQUEZ, M; PEDROZA-ISLAS, R; TOMÁS, SA; CRUZ-OREA, A. Development and Characterization of Composite Edible Films Based on Whey Protein Isolate and Mesquite Gum. **Journal of Food Engineering** **92**, 56–62, 2009.
- PACHECO-AGUIRRE, J; ROSADO-RUBIO, G; BETANCUR-ANCONA, D; CHEL-GUERRERO, L. Physicochemical properties of carboxymethylated flamboyant (*Delonix regia*) seed gum - Propiedades fisico químicas de la goma carboximetilada de flamboya'n (*Delonix regia*). **Journal of Food** **8**(3),169-176, 2010.
- PASSOS, AAC.; TEIXEIRA SÁ, DMA; MORAIS, GMD; CHACON, LSS; BRAGA, RC. Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais. **Revista Ciência Agronômica** **47**(2), 275-282, 2016.
- POLLARD, MA; FISCHER, P. Partial aqueous solubility of low-galactose-content galactomannans—What is the quantitative basis? **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, **11**, 184–190, 2006.
- ROSA, IG; SOUZA, NS; SANTANA, AA; LIMA, H de S. Extração e caracterização físico-química dos polissacarídeos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa em Foco** **17**(1), 22-30, 2009.
- SHCHERBUKHIN, V. D. Galactomannans of native flora (Review). **Applied Biochemistry and Microbiology**, **29**(6), 599-606, 1993.
- SOARES, PAG; SEIXAS, JRPC; ALBUQUERQUE, PBS; SANTOS, GRC; MOURÃO, PAS.; JUNIOR, WB; CORREIA, MTS.; CARNEIRO-DA-CUNHA, MG. Development and characterization of a new hydrogel based on galactomannan and k-carrageenan. **Carbohydrate Polymers** **134**, 673-679, 2015.
- SOUKOULIS, C; LEBESI, D; TZIA, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. **Food Chemistry** **115**, 665-671, 2009.
- SRIVASTAVA, M; KAPOOR, VP. Seed galactomannans: an overview. **Chemistry and Biodiversity** **2**(3), 295-317, 2005.
- SWARBRICK, J; Encyclopedia of Pharmaceutical Technology, 30ª ed., **Informa Healthcare: England**, 2007.
- TEIXEIRA, DMA; SOUZA, GC; BRAGA, RC; CAVALCANTE, JFM; GADELHA, PC; ALMEIDA, FF; ALVES, RC. Queijo Coalho Revestido com Galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*. Avaliação Físico-química e Microbiológica. **XXVII Congresso Nacional de Laticínios**, 2010.
- VALENGA, F; JÓ, TA; LUCYSZYN, N; LUBAMBO, AF; SOUZA, CF; SIERAKOWSKI, MR. Misturas de galactomanana e alginato de sódio para encapsulamento de albumina. **10º Congresso Brasileiro de Polímeros**, 2009.
- VILLADIEGO, AMD; SOARES, NFF; ANDRADE, NJ; PUSCHMANN, R; MINIM, VPR; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres** **52**, 221-244, 2005.
- VILLANOVA, JCO; ORÉFICE, RL.; CUNHA, AS. Aplicações farmacêuticas de polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, **20**(1), 51-64, 2010.