



Extração e Caracterização de Galactomanana de Vagens de Algaroba (*Prosopis juliflora*)

Men de Sá Moreira de Souza Filho¹
Rafael Morais do Nascimento²
Fábio Lima Cavalcante³
Morsyleide de Freitas Rosa⁴
João Paulo Saraiva Morais⁵
Judith Pessoa de Andrade Feitosa⁶
Edla Freire de Melo⁷
Mabel Ribeiro da Cruz⁸
Lilian Chayn Alexandre⁹

Introdução

A galactomanana é um polissacarídeo conhecido mundialmente e muito utilizado como agente estabilizante e emulsificante nas indústrias de alimentos, de cosméticos, têxtil, farmacêutica e biomédica. Ela é encontrada no endosperma de inúmeras plantas, em especial as leguminosas, e funciona como reserva energética para o embrião (BENTO et al., 2013; CERQUEIRA et al., 2009, 2011). Esse polissacarídeo possui duas unidades monoméricas, manose e galactose, e a razão entre essas unidades básicas varia de acordo com a sua

fonte e o processo de extração (BENTO et al., 2013).

Sua estrutura é composta por uma longa cadeia de manose com ramificações simples de galactose. As longas cadeias de D-manose estão unidas por meio de ligações $\beta(1-4)$ e conferem rigidez a sua conformação. As ramificações simples de D-galactose estão ligadas de forma $\alpha(1-6)$, direcionando as ligações de hidrogênio das cadeias de manose para a água circundante, e não para cadeias vizinhas de manose, o que favorece a solubilização do polímero em água. O tamanho

¹Engenheiro químico, D.Sc. em Engenharia de Produção, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, men.souza@embrapa.br

²Químico, mestrando em Química pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, faelnmorais@hotmail.com

³Graduando em Química pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, fabiolima2008@hotmail.com

⁴Engenheira química, D.Sc. em Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, morsyleide.rosa@embrapa.br

⁵Farmacêutico, M.Sc. em Bioquímica, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, joao.morais@embrapa.br

⁶Química industrial, D.Sc. em Química, professora da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, judith@dqoi.ufc.br

⁷Química, especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico, Prefeitura Municipal de Maranguape, Maranguape, CE, edlafm@gmail.com

⁸Tecnóloga em Processos Químicos, mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, mabelribeirodacruz@yahoo.com.br

⁹Química, técnica da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, lilian.alexandre@embrapa.br

da cadeia principal e o número e o comprimento das ramificações estão diretamente relacionados à sua aplicação técnica (CERQUEIRA et al., 2009; POLLARD et al., 2010).

As principais fontes de galactomanana comercial são três leguminosas: *Ceratonia siliqua* (que origina a goma alfarroba), *Cyamopsis tetragonolobus* (goma guar) e a *Caesalpineia spinosa* (goma tara) (CERQUEIRA et al., 2011; AZERO; ANDRADE, 1999). Essa limitação de fontes é um estímulo para a prospecção e caracterização da galactomanana de outras espécies vegetais, bem como para definição de seus usos no mercado, tanto em aplicações clássicas, como em campos inovadores, como a elaboração de filmes biodegradáveis para embalagens (QUÍMICA..., 2010).

Prosopis juliflora, comumente conhecida como algaroba ou algarobeira, é uma planta de médio porte cujo cultivo foi disseminado por todo o Nordeste brasileiro, a partir dos anos 1940, como uma cultura resistente à seca e adaptada para a convivência com o Semiárido. Estima-se que haja uma produção anual de 2 a 8 t/(ha.ano) de vagens (frutos) da algaroba, em uma área plantada superior a 150 mil hectares (NOBRE, 1982; TABOSA et al., 2006). A algaroba adaptou-se bem ao clima dessa região por se desenvolver em regiões com precipitações pluviométricas entre 150 mm e 1.200 mm anuais e é utilizada, principalmente, como forragem para os rebanhos de caprinos e ovinos, especialmente nos períodos de estiagem. Por pertencer à família Fabaceae, essa leguminosa possui o endosperma rico em galactomanana, servindo como reservatório de água e fonte de energia para o embrião, evitando sua morte por dessecação (BHATIA et al., 2014).

Na região semiárida, essas vagens são tradicionalmente recolhidas e utilizadas como forragem para alimentação animal, um uso que pouco agrega valor ao produto. A fabricação de um produto de maior valor agregado a partir dessas vagens pode contribuir na geração de renda da região produtora, melhorando a qualidade de vida da população.

Assim, no presente trabalho, é descrito um processo para a extração de galactomanana a partir de vagens de algaroba. Também é feita uma descrição das características físicas e químicas do polissacarídeo extraído.

Separação das cápsulas das sementes da algaroba

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Biomassa da Embrapa Agroindústria Tropical, situado no Município de Fortaleza, CE. As vagens da algaroba foram cedidas pela Embrapa Algodão, de Campina Grande, PB, a partir do Município de Picuí, PB.

As vagens foram inicialmente separadas em três lotes, para a realização de análises em triplicata. Elas foram imersas em água por 24 horas. Em seguida, triturou-se o material em liquidificador industrial para obtenção de uma mistura aquosa das cápsulas com as sementes. A partir desse processo, obteve-se uma fração líquida e outra sólida, esta composta por fibras e cápsulas, que foi colocada em estufa a 55 °C durante 24 horas. Após secagem, as fibras foram separadas das cápsulas com o auxílio de uma peneira de uso comum (abertura de 1 mm, equivalente a 18 mesh), isolando-se as cápsulas das vagens.

Extração de galactomanana

As cápsulas isoladas foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 30 mesh. A massa de 200 g do material moído foi imersa em 1.200 mL de água destilada (razão de 1:6 m/v), em um béquer de 2 litros. O sistema foi mantido sob agitação e aquecimento a 50 °C durante 1 hora. Decorrido o tempo, a mistura foi filtrada, obtendo-se uma porção fibrosa, denominada “fibra das cápsulas”, e uma solução viscosa, que foi centrifugada por 15 minutos, duas vezes, a 13.000 rpm (24.600 g) e 20 °C, para remoção de impurezas ainda presentes na solução. Em seguida, álcool etílico comercial a 92,8° INPM foi adicionado, com agitação mecânica, ao sobrenadante da centrifugação, na proporção de 2 volumes de álcool para 1 volume de sobrenadante. A suspensão foi novamente centrifugada, nas mesmas condições descritas anteriormente, obtendo-se a galactomanana, em forma de goma, que foi liofilizada, moída em moinho analítico e caracterizada conforme descrito no item a seguir. A Figura 1 apresenta um fluxograma simplificado para a extração da galactomanana da algaroba a partir de suas vagens.

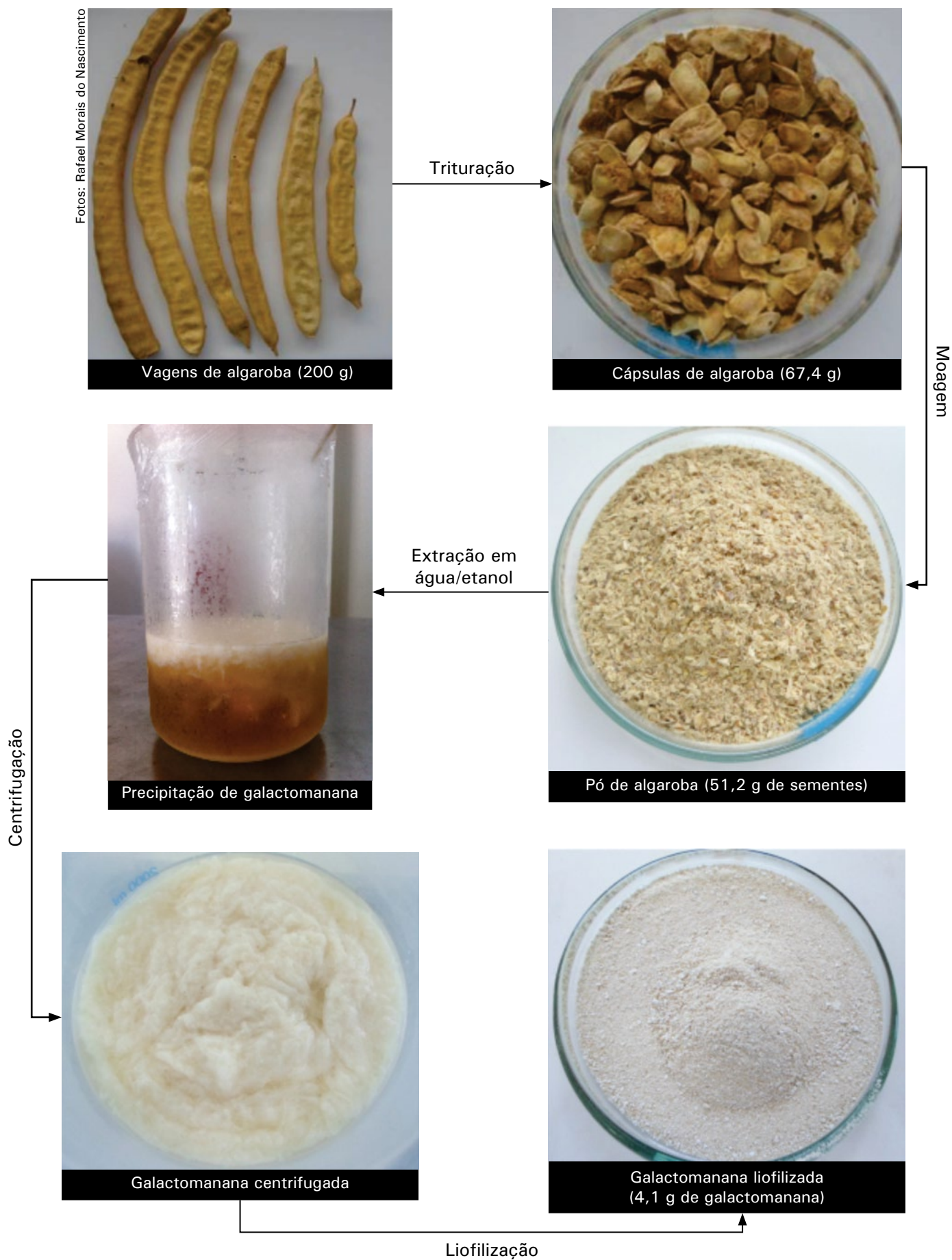


Figura 1. Fluxograma do processo de extração de galactomanana de algaroba, da vagem ao isolamento. Rendimento de 6,1% de galactomanana a partir das vagens de algaroba.

Caracterização da galactomanana extraída

Amostras da galactomanana extraída foram caracterizadas quanto à composição química e características físicas, em triplicata. Os teores de lipídios e proteínas foram determinados segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985), enquanto os teores de umidade e cinzas foram determinados, respectivamente, pelas normas TAPPI T 421 om-02 e TAPPI T 413 om-93 (TAPPI, 2002; 1993). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A análise dos grupos funcionais do material foi realizada por espectroscopia na região do infravermelho médio, com transformada de Fourier (FTIR), em um espectrofotômetro FTLA 2000-102, ABB-BOMEM, na região de 4.000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} , utilizando-se pastilhas de KBr, na concentração de 1% (m/m) de amostra.

O rendimento obtido a partir de 200 g de cápsulas moídas foi de 6,1%, e é equivalente a um rendimento de 16,3% relativo à massa de sementes de algaroba. Apesar de esse rendimento relativo à massa de sementes ser inferior aos rendimentos reportados na literatura para outras fontes de galactomananas, como, por exemplo, 31% para *Dimorphandra gardneriana* (faveira) e goma guar (24% a 35%) relatados por Cunha et al. (2009), é um rendimento superior ao obtido por Egorov et al. (2003) para *Lotus corniculatus* (4,5%) e similar ao obtido por Azero e Andrade (1999), também para algaroba (16%).

É interessante ressaltar que, nos estudos com fontes não convencionais de galactomananas, geralmente as sementes são manualmente removidas das vagens, em um processo lento. No processo adotado neste trabalho, foi possível obter um rendimento de galactomanana similar ao obtido por trabalho manual de sementes (AZERO; ANDRADE, 1999).

Deve-se destacar que a estimativa de capacidade de processamento por extração manual de sementes é menos de 1,0 kg de vagem/8 horas de trabalho/empregado, enquanto, no processo aqui proposto, estima-se que seja possível processar 10,0 kg de vagem/8 horas de trabalho/empregado.

A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos para os teores de lipídios, proteínas, cinzas e umidade.

Tabela 1. Valores médios da composição da goma obtida.

Macrocomponente	Percentual médio \pm erro padrão
Lipídios	2,3 \pm 0,36%
Proteínas	5,3 \pm 0,15%
Umidade	5,2 \pm 0,44%
Cinzas	4,0 \pm 1,45%
Carboidratos ⁽¹⁾	83,2 \pm 0,45%

⁽¹⁾Valor estimado por diferença, subtraindo-se os demais valores de 100%.

O teor de proteínas está de acordo com valores relatados na literatura para galactomanana obtida de sementes de *Cassia grandis* e *Cassia spectabilis*. Valores entre 4% e 6% de proteínas foram encontrados para galactomanana extraída da *Mimosa scabrella*. Apesar de existirem outras fontes não convencionais de galactomananas, como *Sophora japonica* e *Gleditsia triacanthos*, cujos teores de proteínas são muito baixos, inferiores a 1%, o teor de proteínas da galactomanana de algaroba atende à faixa especificada pela farmacopeia americana, que permite um limite de até 10% (JOSHI; KAPOOR, 2003; VENDRUSCOLO et al., 2009; KAPOOR et al., 1998; PINHEIRO et al., 2011). Além disso, há fontes de galactomananas cujo teor de proteína pode alcançar de 8,3% a 16,8% (CUNHA et al., 2009).

O valor encontrado para umidade está bem abaixo do encontrado em trabalhos com galactomananas extraídas de fontes não usuais, como *Caesalpinia férrea*, *S. japonica*, *G. triacanthos*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Cassia grandis* e *Cassia spectabilis* (SOUZA, 2010; BOURBON et al., 2010; BURITI et al., 2014) e mesmo de algumas fontes convencionais, como a alfarroba (ŠUBARIČ et al., 2011), todas acima de 10%. O valor máximo não é especificado por normas americanas; porém, a norma indiana ISI permite um valor máximo de 13% de umidade para a goma guar (JOSHI; KAPOOR, 2003).

O teor de cinzas foi superior ao encontrado nas fontes já mencionadas. Esses valores variam muito conforme a fonte. Por exemplo, na goma alfarroba, o teor pode variar entre 1% e 4% (PANEGASSI et al., 2000). Geralmente, as gomas comerciais

e até mesmo algumas galactomananas de fontes não convencionais podem conter teores até abaixo de 1% (BOURBON et al., 2010; PINHEIRO et al., 2011).

O teor de lipídios encontrado (2,3%) pode ser considerado baixo, já que a caracterização bromatológica da semente indica uma quantidade superior a 11% (BHATT et al., 2011). Outras sementes fontes de galactomanana apresentam teores por volta de 7% (MIRHOSSEINI; AMID, 2012), indicando que o polissacarídeo extraído está relativamente purificado de contaminantes graxos.

O espectro de infravermelho mostrado na Figura 2 está em concordância com trabalhos da literatura

(Tabela 2), relacionados a galactomananas e carboidratos. As bandas em 818 cm^{-1} e 867 cm^{-1} (picos 6) são atribuídas às ligações das unidades anoméricas da galactose e da manose, respectivamente. A banda larga entre 1.028 cm^{-1} e 1.158 cm^{-1} (picos 5) pode ser atribuída ao alongamento vibracional referente a C-O nas ligações C-O-H. Já a banda em 1.243 cm^{-1} (pico 4) pode ser atribuída ao módulo de tensão angular vibracional C-O. A região entre 1.350 cm^{-1} a 1.450 cm^{-1} (picos 3) está relacionada a deformações simétricas dos grupos COH e CH_2 . A banda em 2.929 cm^{-1} (pico 2) pode estar relacionada ao grupamento CH, em especial do grupo CH_2 , e a banda em 3.407 cm^{-1} (pico 1), ao estiramento vibracional de grupos O-H.

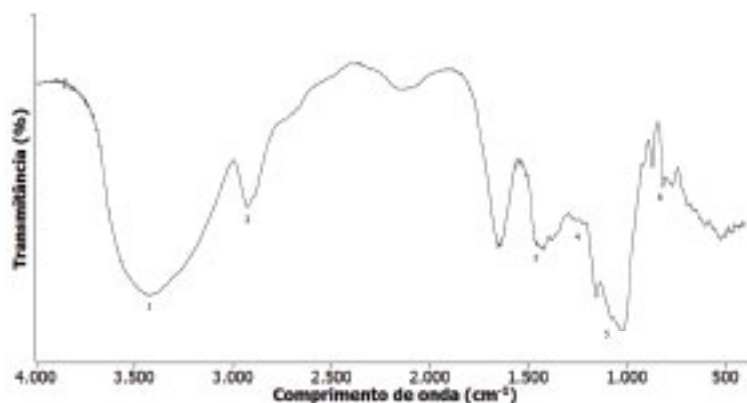


Figura 2. Espectro FTIR para a goma de galactomanana a partir de vagens de algaroba.

Tabela 2. Frequências vibracionais de ligações químicas associadas à galactomanana.

Frequência (cm^{-1})	Ligação Química	Referência
815 e 872	Confôrmers α e β de carboidratos	Cerqueira et al. (2011)
813 e 870		López-Franco et al. (2013)
835-855 e 870-890		Sócrates (2004)
1.016	Estiramento C-O	Nkafamiya et al. (2011)
1.000-1.160		Sócrates (2004)
950-1.150		López-Franco et al. (2013)
1.200-1.460	Deformações e vibrações de C-H e O-H	Sócrates (2004)
1.358	Deformação C-H no plano	Nkafamiya et al. (2011)
2.800-3.000	Estiramento C-H	Cerqueira et al. (2011)
2.900		Sócrates (2004); López-Franco et al. (2013)
3.400		López-Franco et al. (2013)
3.350	Estiramento O-H	Sócrates (2004)
3.100-3.500		Cerqueira et al. (2011)
3.453		Nkafamiya et al. (2011)

Foi possível desenvolver um processo simples, escalonável e automatizável para a extração de galactomanana de vagens de algaroba, com características físicas e químicas equivalentes a outras galactomananas, extraídas tanto de fontes comerciais usuais quanto alternativas.

Referências

- AZERO, E. G.; ANDRADE, C. T. Extração e caracterização da galactomanana de sementes de *Caesalpinia pulcherrima*. **Polímeros**, v. 9, n. 2, p.54-59, 1999.
- BENTO, J. F.; MAZZARO, I.; SILVA, L. M. A.; MOREIRA, R. A.; FERREIRA, M. L. C.; REICHER, F.; PETROWICZ, C. L. O.; Diverse patterns of cell wall mannan/galactomannan occurrence in seeds of the Leguminosae. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, n.1, p. 192-199, 2013.
- BHATIA, H.; GUPTA, P. K.; SONI, P. L. Structure of the oligosaccharides isolated from *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. seed polysaccharide. **Carbohydrate Polymers**, v.101, p. 438-443, 2014.
- BHATT, S. S.; CHOVIYIYA, S. G.; SHAH, A. R. Evaluation of raw and hydrothermally processed *Prosopis juliflora* seed meal as supplementary feed for the growth of *Labeo rohita* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v.17, n. 2, p. e164-e173, 2011.
- BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; RIBEIRO, C.; MIRANDA, C.; MAIA, J. M.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. 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**, v. 24, n. 2-3, p.184-192, 2010.
- BURITI, F. C. A.; SANTOS, K. M. O.; SOMBRA, V. G.; MACIEL, J. S.; SÁ, D. M. A. T.; SALLES, H. O.; OLIVEIRA, G.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A.; MOREIRA, A. C. O. M.; MOREIRA, R. A.; EGITO, A. S. Characterisation of partially hydrolysed galactomannan from *Caesalpinia pulcherrima* seeds as a potential dietary fibre. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p.512-521, 2014.
- CERQUEIRA, M. A.; BOURDON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; MARTINS, J. T.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n.12, p. 662-671, 2011.
- CERQUEIRA, M. A.; PINHEIRO, A. C.; SOUZA, B. W. S.; LIMA, A. M. P.; RIBEIRO, C.; MIRANDA, C.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; COIMBRA, M. A.; GONÇALVES, M. P.; VICENTE, A. A. Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 3, p. 408-414, 2009.
- CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; SIMÕES, J.; TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, R. M.; COIMBRA, M. A.; VICENTE, A. A. Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n.1, p.179-185, 2011.
- CUNHA, P. L. R.; VIEIRA, I. G. P.; ARRIAG, A. M. C.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Isolation and characterization of galactomannan from *Dimorphandra Gardneriana* Tul. seeds as a potential guar gum substitute. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 880-885, 2009.
- EGOROV, A. V.; MESTECKINA, N. M.; PLENNIK, R. Y.; SHCHERBUKHIN, V. D. Water-soluble galactomannans from the seeds of ground honey suckle (*Lotus corniculatus* L.): structure and properties. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 39, n. 5, p. 509-511, 2003.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 532 p.
- JOSHI, H.; KAPOOR, V. P. *Cassia grandis* Linn. f. seed galactomannan: structural and crystallographical studies. **Carbohydrate Research**, v. 338, n. 18, p.1907-1912, 2003.
- KAPOOR, V. P.; TARAVEL, F. R.; JOSELEAU, J. P.; MILAS, M.; CHANZY, H.; RINAUDO, M. *Cassia spectabilis* DC seed galactomannan: Structural, crystallographical and rheological studies. **Carbohydrate Research**, v. 306, n.1-2, p. 231-241, 1998.
- LÓPES-FRANCO, Y. L.; CERVANTES-MONTAÑO, C. I.; MARTÍNEZ-ROBINSON, K. G.; LIZARDI-MENDOZA, J.; ROBLES-OZUNA, L. E.; Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (*Prosopis* spp.). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 656-660, 2013.
- MIRHOSSEINI, H.; AMID, B.T. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. **Food Research International**, v. 46, n.1, p.387-398, 2012.
- NKAFAMIYA I. I.; BARMINAS, J. T.; ALIYU, B. A.; OSEMEAHON, S. A.; Swelling behaviour of konkoli (*Maesopsis eminii*) galactomannan hydrogels. **International Research Journal of Plant Science**, v. 2, n. 3, p. 78-86, 2011.
- NOBRE, F. V. A algarobeira no Nordeste brasileiro, especialmente no Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGARROBA 1., 1982, Natal. **Algaroba**. Natal: EMPARN, 1982, p. 257-282. (EMPARN. Documentos, 7).
- PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKRIDGE, M. S. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Food Science and Technology**, v. 20, n. 3, p. 406-415, 2000.
- PINHEIRO, A. C.; BOURBON, A. I.; ROCHA, C.; RIBEIRO, C.; MAIA, J. M.; GONÇALVES, M. P.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Rheological characterization of κ-carrageenan/galactomannan and xanthan/galactomannan gels: comparison of galactomannans from non-traditional sources with conventional galactomannans. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 392-399, 2011.
- POLLARD, M. A.; EDER, B.; FISHER, P.; WINDHAB, E. J. Characterization of galactomannans isolated from legume endosperms of Caesalpinioideae and Faboideae subfamilies by multidetection aqueous SEC. **Carbohydrate Polymers**, v. 79, n.1, p. 70-84, 2010.

QUÍMICA verde no Brasil: 2010-2030. Brasília, DF: CGEE, 2010. 438 p.

SOCRATES, G. **Infrared and Raman characteristics group frequencies**. 3. ed. West Sussex: John Wiley and Sons, 2004.

SOUZA, C. F.; LUCYSZYN, N.; FERRAZ, F. A.; SIERAKOWSKI, M. R. *Caesalpinia ferrea* var. *ferrea* seeds as a new source of partially substituted galactomannan. **Carbohydrate Polymers**, Curitiba, v. 82, n. 3, p. 641-647, 2010.

ŠUBARIĆ, D.; BABIĆ, J.; AČKAR, D.; PILIŽOTA, V.; KOPJAR, M.; LJUBAS, I.; IVANOVSKA, S. Effect of galactomannan hydrocolloids on gelatinization and retrogradation of tapioca and corn starch. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n.1, p.26-31, 2011.

TABOSA, I. M.; RIET-CORREA, F.; BARROSO, S. S.;

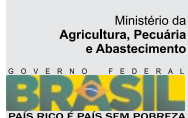
SUMMERS, B. A.; SIMÕES, S. V. D.; MEDEIROS, R. M. T.; NOBRE, V. M. T. Neurohistologic and ultrastructural lesions in cattle experimentally intoxicated with the plant *Prosopis juliflora*. **Veterinary Pathology Online**, v. 43, n. 5, p. 695-701, 2006.

TAPPI. T 413 om-93. **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 900°C**, 1993. 4 p.

TAPPI. T 421 om-02. **Moisture in pulp, paper and paperboard**. 2002. 3 p.

VENDRUSCOLO, C. W.; FERRERO, C.; PINEDA, E. A. G.; SILVEIRA, J. L. M.; FREITAS, R. A.; JIMÉNES-CASTELLANOS, M. R.; BRESOLIN, T. M. B. Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from *Mimosa scabrella*: effect of drying method. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n.1, p. 86-93, 2009.

Comunicado Técnico, 209



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical

Endereço: Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici,

CEP 60511-110 Fortaleza, CE

Fone: (0xx85) 3391-7100

Fax: (0xx85) 3391-7109 / 3391-7141

E-mail: cnpat.sac@embrapa.br

1ª edição (2013): on-line

Comitê de Publicações

Presidente: Marlon Vagner Valentim Martins

Secretário-Executivo: Marcos Antônio Nakayama

Membros: José de Arimatéia Duarte de Freitas, Celli Rodrigues Muniz, Renato Manzini Bonfim, Rita de Cassia Costa Cid, Rubens Sonsol Gondim, Fábio Rodrigues de Miranda.

Expediente

Revisão de texto: Marcos Antônio Nakayama

Editoração eletrônica: Arilo Nobre de Oliveira

Normalização bibliográfica: Rita de Cassia Costa Cid