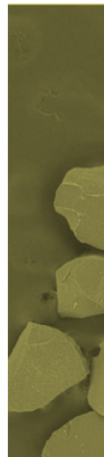
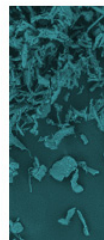
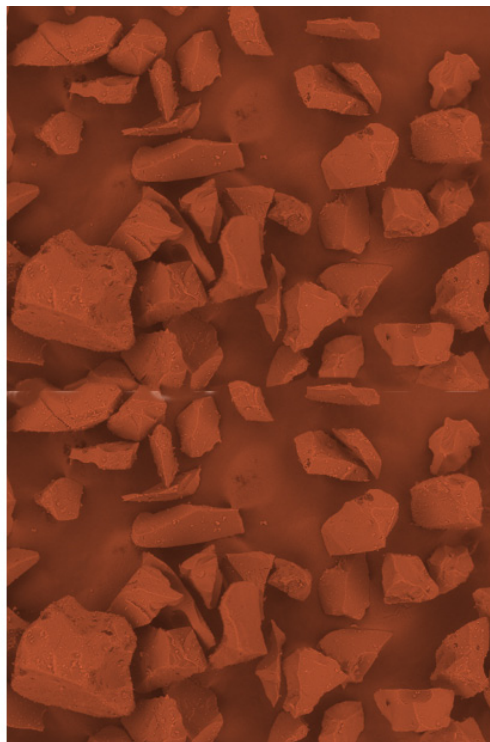
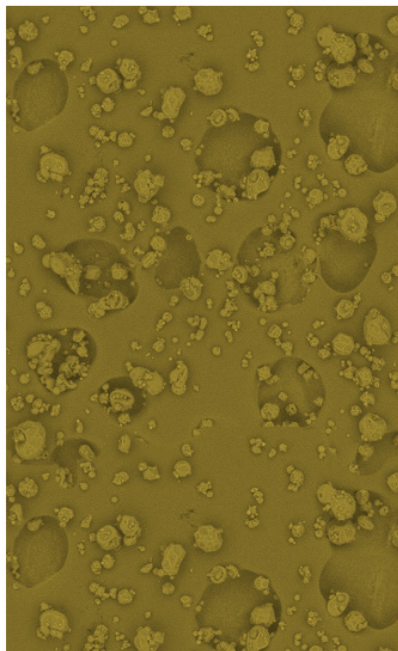
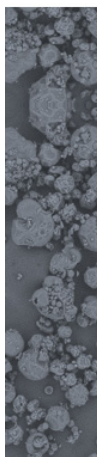
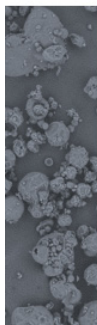


## Estabilidade à Estocagem de Hidrocoloides Modificados por Extrusão Termoplástica



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
Ministério da Agricultura***

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
28**

**Estabilidade à Estocagem de Hidrocoloides  
Modificados por Extrusão Termoplástica**

*Cristina Yoshie Takeiti  
Renata Valeriano Tonon  
Agnelli Holanda Oliveira  
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho  
Maria Eugênia Araújo Silva Oliveira*

***Embrapa Agroindústria de Alimentos  
Rio de Janeiro, RJ  
2018***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroindústria de Alimentos**

Avenida das Americas numero 29501 Guaratiba - CEP

23020-470, Rio de Janeiro , RJ

Fone: +55 (21) 3622-9600

Fax: +55 (21) 3622-9713

[www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos](http://www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos)

[embrapa.br/fale-conosco/sac](http://embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Virgínia Martins da Matta*

Membros

*André Luis do Nascimento Gomes, Celma Rivanda Machado de Araujo, Daniela De Grandi Castro Freitas de Sá, Elizabete Alves de Almeida Soares, Janine Passos Lima da Silva, Leda Maria Fortes Gottschalk, Marcos de Oliveira Moulin, Otniel Freitas Silva e Rogério Germani*

Supervisão editorial

*Otniel Freitas Silva*

Revisão de texto

*Otniel Freitas Silva*

Normalização bibliográfica

*Celma Rivanda Machado de Araujo*

Tratamento das ilustrações

*Marcos de Oliveira Moulin*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Marcos de Oliveira Moulin*

Fotos da capa

*Adriana Paula da Silva Minguita*

**1ª edição**

Publicação digitalizada (2018)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agroindústria de Alimentos

---

Estabilidade à estocagem de hidrocoloides modificados por extrusão termoplástica / Cristina Yoshie Takeiti. [et al.]. – Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2018.

17 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 0101-630X; 28).

1. Extrusão termoplástica. 2. Tecnologia de Alimento. 3. Fibra Alimentar. 4. Goma Carragena. 5. Goma Arábica. 6. Solubilidade. Estabilidade. Hidrocoloides. I. Tonon, Renata Valeriano. II. Oliveira, Agnelli Holanda. III. Carvalho, Carlos Wanderlei Piler, IV. Oliveira, Maria Eugênia Araújo Silva. V. Série.

CDD (23. ed.) 543.84

---

© Embrapa, 2018

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	9
Conclusões.....	16
Referências .....	17



# Estabilidade à Estocagem de Hidrocoloides Modificados por Extrusão Termoplástica

Cristina Yoshie Takeiti<sup>1</sup>

Renata Valeriano Tonon<sup>2</sup>

Agnelli Holanda Oliveira<sup>3</sup>

Carlos Wanderlei Piler de Carvalho<sup>4</sup>

Maria Eugênia Araújo Silva Oliveira<sup>5</sup>

**Resumo** – A solubilidade é uma das propriedades mais importantes de produtos em pó afetando consideravelmente as suas aplicações e vida útil. O processo de extrusão tem sido usado para melhorar a solubilidade e a dispersão dos hidrocoloides em pó. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade das gomas arábica e carragena, submetidas ou não ao processo de extrusão termoplástica, em relação à umidade, atividade de água e solubilidade, quando armazenadas em diferentes temperaturas (25 e 40 °C), ao longo de 150 dias. O emprego da extrusão termoplástica no processamento de hidrocoloides melhorou as propriedades de dissolução das gomas, sendo mais pronunciada para a goma arábica. As amostras não extrudadas, armazenadas a 25 °C, apresentaram menor estabilidade física em relação às mantidas sob 40 °C.

**Termos para indexação:** fibra alimentar, goma carragena, goma arábica, vida útil.

---

<sup>1</sup> Engenheira de Alimentos, D.Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>2</sup> Engenheira de Alimentos, D.Sc. em Engenharia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Engenheiro de Alimentos, Especialista em Ciências dos Medicamentos e Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Ciência dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>5</sup> Cientista de Alimentos, bolsista da CAPES, M.Sc. em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

## Stability to Storage of Hydrocolloids Modified by Thermoplastic Extrusion

**Abstract** – Solubility is one of the most important properties of powdered products greatly affecting their applications and shelf life. The extrusion process has been used to improve the solubility and dispersion of powder hydrocolloids. The objective of this work was to evaluate the stability of Arabic and carrageenan gums, whether or not processed by thermoplastic extrusion, in relation to moisture content, water activity and solubility, when stored at different temperatures (25 and 40 °C) for 150 days. The use of thermoplastic extrusion as a tool of hydrocolloid modification improved their dissolution properties, and the most pronounced effect was observed for Arabic gum. Non-extruded samples stored at 25 °C presented lower physical stability than those maintained at 40 °C.

**Index terms:** dietary fiber, carrageenan gum, *Acacia* gum, shelf-life.

## Introdução

---

Os hidrocolóides são um grupo de polissacarídeos e de proteínas amplamente utilizados na indústria de alimentos, devido às suas propriedades espessante, gelificante, estabilizante e emulsificante. Também podem atuar como inibidores de sinérese e agentes encapsulantes, que promovem a liberação controlada de determinados compostos (Phillips; Williams, 2009).

Por apresentarem uma elevada quantidade de fibras alimentares, estudos vêm evidenciando as propriedades fisiológicas dos hidrocolóides, tais como atividades hipolipemiante (Belghith et al., 2012) e antioxidante (Dahech et al., 2013), controle da glicemia (Feinglos et al., 2013) e capacidade de modular a microbiota e a fermentação no intestino grosso (Belobrajdic et al., 2012).

Dentre os hidrocolóides utilizados na indústria de alimentos, destacam-se as gomas, que são polissacarídeos com habilidade para formar sistemas coloidais e que apresentam caráter translúcido, inodoro, atóxico, hidrofílico e amorfo. A goma arábica é um exsudado de árvores do gênero *Acacia* [*Acacia senegal* (L.) Willd.] (Randall et al., 1989) que se destaca por apresentar alta solubilidade e baixa viscosidade em solução, o que permite sua utilização em diferentes aplicações (Dziezak, 1991). As carragenas são hidrocolóides extraídos das algas vermelhas carragenófitas dos gêneros *Kappaphycus*, *Gigartina*, *Eucheuma*, *Chondrus* e *Hypnea*, solúveis em água a 80 °C, formando soluções viscosas (Blackmore; Harpell, 2010).

A extrusão termoplástica é um processo termomecânico amplamente utilizado para produtos amiláceos, no qual a aplicação de calor, cisalhamento e pressão resultam em efeitos tais como: cozimento, esterilização e fusão, levando a modificações estruturais irreversíveis. No caso dos hidrocolóides, a extrusão reduz a viscosidade e aumenta sua solubilidade e dispersão nas soluções, melhorando suas propriedades físicas e aumentando o conteúdo de fibra alimentar, em comparação com o produto não extrudado (Andrade et al., 2013).

A solubilidade é uma propriedade de grande importância no caso de produtos em pó, como as gomas, pois está diretamente relacionada às suas possíveis aplicações. O conhecimento de características como o teor de umidade e a atividade de água ( $a_w$ ) também é fundamental durante a vida útil de hidrocolóides, uma vez que praticamente todos os processos de deterioração que ocorrem nos alimentos são influenciados pela concentração e mobilidade





Após a extrusão, as amostras foram secas em uma estufa com circulação de ar a 60°C. Em seguida, foi realizada a moagem em moinho de disco 3600 (Perten, Hunddinge, Suécia) e, posteriormente, em moinho de martelos 3100 (Perten, Hunddinge, Suécia). O material moído foi peneirado em conjunto de peneiras RO-TAP, modelo RX-29-10 (W.S Tyler, Mentor, EUA) para obtenção de partículas de 106 µm para a goma arábica e de partículas de 212 µm para goma carragena (Takeiti et al., 2016).

As gomas extrudadas e não extrudadas foram armazenadas em embalagens compostas por poliéster metalizado e polietileno (modelo 100 MZ, Tradbor, São Paulo) e colocadas em câmaras do tipo BOD nas temperaturas de 25 e 40 °C, sendo analisadas a cada 15 dias até o sexagésimo dia e, posteriormente, a cada 30 dias, quanto ao tempo de dissolução, umidade e atividade de água.

O tempo de dissolução foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Omobuwajo et al. (2000), com adaptações. Cerca de 1 g de amostra foi adicionado a 100 mL de água destilada em um béquer de 250 mL, sobre um agitador magnético com controle de temperatura. Determinou-se o tempo de dissolução, definido como o tempo para que as amostras fossem totalmente solubilizadas em água a 25 °C e a 50 °C.

A umidade das amostras foi determinada por secagem em estufa a vácuo a 60 °C, até peso constante (A.O.A.C., 2006), e a atividade de água foi determinada em um medidor digital Aqualab 3TE (Decagon, Pullman, USA), a 25 °C.

A morfologia das partículas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV). As amostras foram fixadas em um suporte metálico com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional e observadas em um microscópio eletrônico de varredura modelo TM 3000 (Hitachi, Tóquio, Japão), operando com 15 kV.

## Resultados e Discussão

---

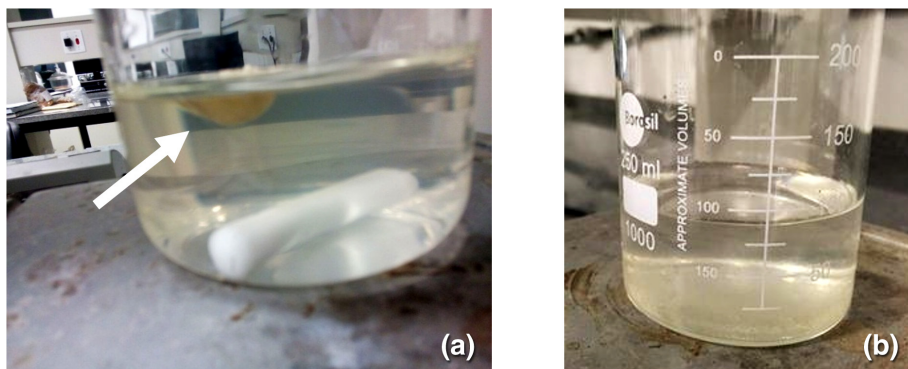
Os resultados de tempo de dissolução a 25 °C e 50 °C obtidos para as gomas arábica e carragena extrudadas (GAE e GCE, respectivamente) e não

extrudadas (GAN e GCN, respectivamente) estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

A goma arábica apresentou solubilidade muito superior à da goma carragena, com tempos de dissolução consideravelmente menores, o que pode ser atribuído à sua estrutura ramificada e pequeno volume hidrodinâmico. A goma carragena não extrudada não foi totalmente solubilizada (Figura 1a), mesmo após duas horas de análise. A extrusão termoplástica promoveu um aumento da solubilidade de ambas as gomas, decorrente das modificações estruturais promovidas pelo processamento destes hidrocoloides.

De modo geral, as gomas não apresentaram nenhuma tendência de aumento ou redução da solubilidade ao longo da estocagem durante 150 dias, e nem em relação à temperatura da água.

Foto: Maria Eugénia Araújo da Silva Oliveira



**Figura 1.** Aspecto visual do teste de dissolução à temperatura do líquido a 50 °C: (a) goma carragena não extrudada; (b) goma carragena extrudada. A seta indica a formação de grumos.

As Figuras 2 e 3 apresentam a umidade e a atividade de água das amostras ao longo dos 150 dias de estocagem. De modo geral, as amostras extrudadas apresentaram maiores valores de umidade e de atividade de água do que as que não foram submetidas ao processo de extrusão, o que está relacionado às modificações ocorridas na estrutura, como ruptura parcial das cadeias poliméricas, com aumento do conteúdo de açúcares redutores (dados não apresentados), que ficam mais disponíveis para interagir com a água.

**Tabela 2.** Tempo de dissolução (min) a 25 °C, ao longo da estocagem das gomas arábica e carragena, submetidas ou não ao processo de extrusão termoplástica.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem = 25 °C				Temperatura de estocagem = 40 °C			
	GAN	GAE	GCN	GCE	GAN	GAE	GCN	GCE
0	3,24 ± 0,95 <sup>Ab</sup>	0,21 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	82,79 ± 5,33 <sup>ABc</sup>	3,24 ± 0,95 <sup>Ab</sup>	0,21 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	82,79 ± 5,33 <sup>Ec</sup>
15	7,73 ± 0,72 <sup>DBb</sup>	0,42 ± 0,05 <sup>B<sup>Ca</sup></sup>	>120 <sup>Ad</sup>	70,74 ± 12,13 <sup>Ac</sup>	8,44 ± 0,55 <sup>Eb</sup>	0,41 ± 0,05 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	80,89 ± 10,76 <sup>Ec</sup>
30	6,17 ± 0,49 <sup>Cb</sup>	0,49 ± 0,11 <sup>Ca</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	99,78 ± 9,26 <sup>Cd</sup>	6,04 ± 1,12 <sup>CDb</sup>	0,38 ± 0,05 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	79,81 ± 10,24 <sup>Ec</sup>
45	6,16 ± 0,46 <sup>Cb</sup>	0,39 ± 0,07 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	91,05 ± 4,31 <sup>Cc</sup>	7,02 ± 0,79 <sup>Db</sup>	0,39 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	96,00 ± 15,56 <sup>Ec</sup>
60	3,77 ± 0,41 <sup>Ab</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	83,27 ± 4,62 <sup>Be</sup>	5,44 ± 0,67 <sup>Cc</sup>	0,37 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	35,00 ± 7,07 <sup>Ad</sup>
90	4,36 ± 0,80 <sup>ABb</sup>	0,44 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	78,00 ± 2,83 <sup>ABd</sup>	5,57 ± 0,87 <sup>Cb</sup>	0,38 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	66,03 ± 7,69 <sup>Dc</sup>
120	4,80 ± 0,48 <sup>Bb</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	79,00 ± 2,83 <sup>ABd</sup>	5,55 ± 0,54 <sup>Cb</sup>	0,41 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	54,15 ± 0,21 <sup>Cc</sup>
150	4,75 ± 0,12 <sup>Bb</sup>	0,38 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	93,00 ± 7,07 <sup>Cd</sup>	4,86 ± 0,44 <sup>Bb</sup>	0,39 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	46,33 ± 5,14 <sup>Bc</sup>

Letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes, na mesma linha, indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

GAN = goma arábica não extrudada;

GAE = goma arábica extrudada;

GCN = goma carragena não extrudada;

GCE = goma carragena extrudada.

**Tabela 3.** Tempo de dissolução (min) a 50 °C das gomas arábica e carragena, submetidas ou não ao processo de extrusão termoplástica, ao longo da estocagem a 25 °C e a 40 °C.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem = 25 °C				Temperatura de estocagem = 40 °C			
	GAN	GAE	GCN	GCE	GAN	GAE	GCN	GCE
0	4,02 ± 0,35 <sup>Db</sup>	0,27 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	47,58 ± 2,85 <sup>Ec</sup>	4,02 ± 0,35 <sup>Cb</sup>	0,27 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Ad</sup>	47,58 ± 2,85 <sup>Ec</sup>
15	1,40 ± 0,14 <sup>Ac</sup>	0,44 ± 0,05 <sup>Bb</sup>	>120 <sup>Af</sup>	45,50 ± 7,78 <sup>Ee</sup>	4,73 ± 0,38 <sup>Dd</sup>	0,34 ± 0,05 <sup>ABa</sup>	>120 <sup>Af</sup>	41,50 ± 2,12 <sup>De</sup>
30	2,59 ± 0,11 <sup>Bc</sup>	0,31 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Af</sup>	28,38 ± 5,44 <sup>Cd</sup>	1,95 ± 0,50 <sup>Ab</sup>	0,38 ± 0,07 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	39,46 ± 3,91 <sup>De</sup>
45	3,92 ± 0,48 <sup>Dc</sup>	0,44 ± 0,12 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	27,47 ± 4,00 <sup>Cd</sup>	3,18 ± 0,45 <sup>Bb</sup>	0,44 ± 0,10 <sup>BCa</sup>	>120 <sup>Af</sup>	34,78 ± 3,84 <sup>Ce</sup>
60	3,99 ± 0,37 <sup>Dc</sup>	0,51 ± 0,12 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	37,94 ± 1,03 <sup>Dd</sup>	3,78 ± 0,31 <sup>Cc</sup>	0,63 ± 0,01 <sup>Db</sup>	>120 <sup>Af</sup>	45,56 ± 5,83 <sup>DEe</sup>
90	2,82 ± 0,17 <sup>Cc</sup>	0,40 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Af</sup>	20,25 ± 3,30 <sup>Be</sup>	3,97 ± 0,52 <sup>Cd</sup>	0,50 ± 0,12 <sup>Cb</sup>	>120 <sup>Af</sup>	17,00 ± 5,07 <sup>Ae</sup>
120	3,47 ± 0,41 <sup>Dc</sup>	0,33 ± 0,01 <sup>Aa</sup>	>120 <sup>Af</sup>	14,79 ± 3,36 <sup>Ad</sup>	3,58 ± 0,12 <sup>BCC</sup>	0,43 ± 0,08 <sup>Bb</sup>	>120 <sup>Af</sup>	21,20 ± 5,20 <sup>ABe</sup>
150	3,89 ± 0,43 <sup>Db</sup>	0,37 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	10,25 ± 1,91 <sup>Ac</sup>	3,86 ± 0,21 <sup>Cb</sup>	0,35 ± 0,03 <sup>ABa</sup>	>120 <sup>Ae</sup>	25,00 ± 2,36 <sup>Sd</sup>

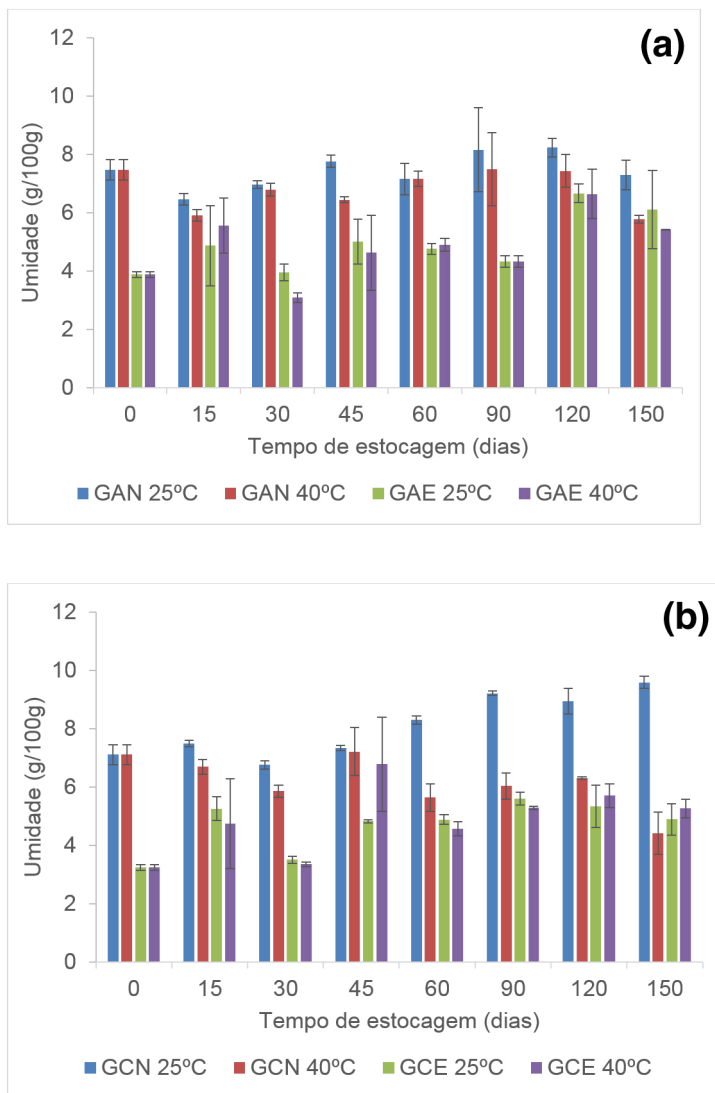
Letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de estocagem, para uma mesma amostra. Letras maiúsculas minúsculas diferentes, na mesma linha, indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

GAN = goma arábica não extrudada;

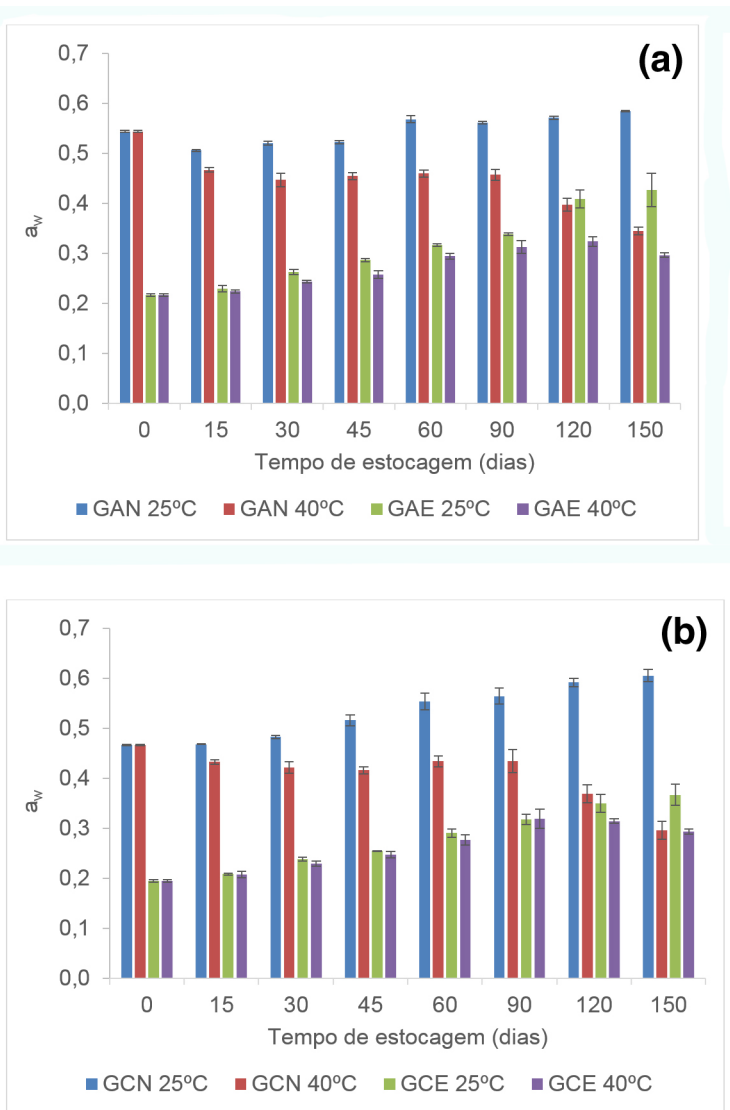
GAE = goma arábica extrudada;

GCN = goma carragena não extrudada;

GCE = goma carragena extrudada.



**Figura 2.** Umidade das gomas arábica (a) e carragena (b), submetidas ou não ao processo de extrusão termoplástica, ao longo da estocagem a 25 °C e a 40 °C (GAN = goma arábica não extrudada; GAE = goma arábica extrudada; GCN = goma carragena não extrudada; GCE = goma carragena extrudada).



**Figura 3.** Atividade de água das gomas arábica (a) e carragena (b), submetidas ou não ao processo de extrusão termoplástica, ao longo da estocagem a 25°C e a 40°C (GAN = goma arábica não extrudada; GAE = goma arábica extrudada; GCN = goma carragena não extrudada; GCE = goma carragena extrudada).

A Figura 4 apresenta a morfologia das partículas das gomas após a estocagem durante 150 dias, a diferentes temperaturas. As partículas de goma arábica não extrudada (comercial) apresentaram formato esférico, característico de materiais obtidos por spray drying, processo normalmente utilizado para obtenção deste tipo de produto, enquanto a goma carragena não

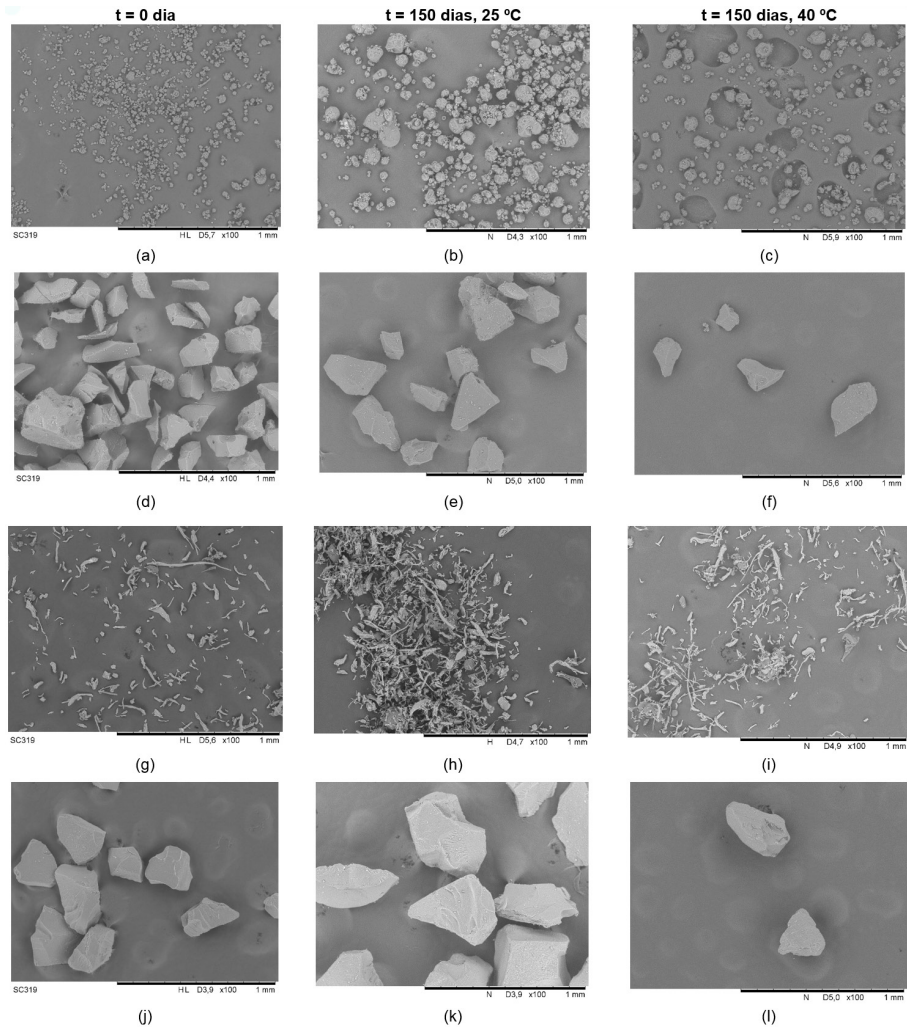


Foto: Adriana Paula da Silva Minguita

**Figura 4.** Micrografias das gomas no tempo zero e após 150 dias de estocagem, a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ : (a, b, c) goma arábica não extrudada; (d, e, f) goma arábica extrudada; (g, h, i) goma carragena não extrudada; (j, k, l) goma carragena extrudada.



extrudada apresentou uma forma filamentosa, provavelmente não obtida por spray drying. Após o processo de extrusão, ambos os hidrocoloides assumiram o formato de partículas poliédricas, de maiores dimensões em relação ao material não extrudado. A goma carragena apresentou partículas ligeiramente maiores do que as da goma arábica, sugerindo que este hidrocoloide foi mais resistente à desintegração mecânica que ocorre durante a moagem. Ambos os materiais não extrudados, armazenados a 25 °C, apresentaram-se na forma de aglomerados, o que pode ser corroborado pelos valores de umidade e de atividade de água observados (Figuras 3 e 4), consideravelmente maiores, provocando um maior molhamento das partículas e adesão entre elas.

## Conclusões

---

As amostras de gomas não extrudadas armazenadas a 25 °C apresentaram menor estabilidade física em relação às mantidas a 40 °C. O emprego da extrusão termoplástica no processamento de hidrocoloides melhorou as propriedades de dissolução das gomas, sendo mais pronunciada para a goma arábica. Assim, recomenda-se o uso dessa ferramenta tecnológica no sentido de promover melhoria da dissolução das gomas arábicas e carragena, contribuindo para a utilização das mesmas como ingrediente em produtos à base de fibra alimentar solúvel.

## Agradecimentos

---

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 00, através da concessão da bolsa de mestrado à aluna Maria Eugênia Araújo Silva Oliveira, do Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

## Referências

---

- ANDRADE, K. C. S.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; AZEREDO, H. M. C.; CORREA, J. S.; CALDAS, C. M. Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. **Polímeros**, v.23, n. 5, p. 667-671, 2013.
- BELGHITH, K. S.; DAHECH, I.; HAMDEN, K.; FEKI, A.; MEJDOUB, H.; BELGHITH, H. Hypolipidemic effect of diet supplementation with bacterial levan in cholesterol-fed rats. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 50, n. 4, p.1070-1074, 2012.
- BEOBRAJDIC, D. P.; JENKINS, C. L. D.; BUSHHELL, R.; MORELL, M. K.; BIRD, A. R. Fructan extracts from wheat stem and barley grain stimulate large bowel fermentation in rats. **Nutrition Research**, v.32, n. 8, p.599-606, 2012.
- BLACKMORE, W. R.; HARPELL, A. R. Carrageenan. In: IMESON, A. **Food stabilisers, thickeners and gelling agents**. West Sussex: Wiley-Black Well, 2010. P. 73-88.
- DAHECH, I.; HARRABI, B.; HAMDEN, K.; FEKI, A.; MEJDOUB, H.; BELGHITH, H.; BELGHITH, K. S. Antioxidant effect of nondigestible levan and its impact on cardiovascular disease and atherosclerosis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 58, p. 281-286, 2013.
- DZIEZAK, J. D. A focus on gums. **Food Technology**, v. 45, n. 3, p.116-132, 1991.
- FEINGLOS, M. N.; GIBB, R. D.; RAMSEY, D. L.; SURWIT, R. S.; McRORIE, J. W. Psyllium improves glycemic control in patients with type-2 diabetes mellitus. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v.1, n. 2, p.156-161, 2013.
- FENNEMA, O. R. Water and ice. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996, p.17-94.
- MALTINI, E.; TORREGGIANI, D.; VENIR, E.; BERTOLO, G. Water activity and the preservation of plant foods. **Food Chemistry**, v.82, n.1, p. 79-86, 2003.
- PHILLIPS, G. O., WHILLIAMS, P. A. **Handbook of hydrocolloids** (2nd ed.). Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 948 p.
- RANDALL, R. C.; PHILLIPS, G. O.; WHILLIAMS, P. A. Fractionation and characterization of gum *Acacia Senegal*. **Food Hydrocolloids**, v.3, n. 1, p.65-75, 1989.
- TAKEITI, C. Y.; CARVALHO, C. W. P. de; BORGUINI, R. G.; OLIVEIRA, M. E. A. S. Modificação de Hidrocolóides por meio de Extrusão Termoplástica. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2016. 17 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24). ISSN 0101-630X.
- WOLF, W.; SPIESS, W. E. L.; JUNG, G. **Sorption isotherms and water activity of food material**. New York: Elsevier, 1985, 239 p.



---

*Agroindústria de Alimentos*