

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE XANTANAS PRUNI DE BAIXA, INTERMEDIÁRIA E ALTA VISCOSIDADES EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

LENNON DE OLIVEIRA MEYER¹; KARINE LASTE MACAGNAN²; MARIANE IGANSI ALVES³; EDUARDO DOS SANTOS MACEDO COSTA⁴; IZADORA ALMEIDA PEREZ⁵; ANGELITA DA SILVEIRA MOREIRA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – lennonmeyer7@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – karinemacagnan@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – marianeigansialves@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – eduardodossantosmacedocosta@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – izadora_perez@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – angelitadasilveiramoreira@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A xantana é um heteropolissacarídeo extracelular produzido por bactérias fitopatogênicas do gênero *Xanthomonas*. A produção do polímero está relacionada à sobrevivência e fitopatogenicidade das bactérias (ZUBER et al., 2015). A xantana pruni, uma xantana diferenciada química e reologicamente, é produzida por *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* (KLAIC et al., 2016).

A produção biotecnológica de xantana se dá através de bioprocessos em biorreatores em duas etapas – crescimento celular ou fase de inóculo e fase de produção; cada etapa possui exigências diferentes (LUVIELMO et al., 2009). O rendimento e as características do polímero no bioprocessos são influenciados por diversos fatores, tais como: a cepa microbiana, o tipo de biorreator, o modo de operação, composição do meio e as condições da cultura (temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido) (MOREIRA et al., 2001).

As razões para a xantana ser altamente utilizada devem-se às suas diversas propriedades, como estabilizador de emulsões e agente de dispersão, estabilidade em ampla faixa de pH e temperatura, possibilidade de uso em alimentos e fármacos e boas propriedades reológicas. Além disso, o uso do polímero é mínimo, visto que as concentrações usadas em suas aplicações são extremamente baixas, variando de apenas 0,03 a 1% (GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

A xantana é um espessante amplamente utilizado nas indústrias de alimentos, farmacêuticas, têxteis e petrolíferas, por suas propriedades primárias como elevada viscosidade e acentuada pseudoplasticidade (diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento). Porém, xantanas de baixa viscosidade também têm sido utilizadas, especialmente quando se deseja reduzir a atividade de água sem elevar demasiadamente a viscosidade (VENDRUSCOLO et al., 2013). Devido às propriedades funcionais versáteis, a xantana tornou-se produto de grande interesse na criação de novas texturas e, conseqüentemente, na geração de novos produtos (DRUZIAN; PAGLIARINI, 2007).

Objetivou-se avaliar a qualidade reológica de diferentes xantanas pruni – classificadas como de baixa, intermediária e alta viscosidade – por meio da determinação da viscosidade e dos parâmetros reométricos índice de consistência (K) e índice de fluxo (η) em soluções com diferentes concentrações.

2. METODOLOGIA

2.1 Produção de xantana

As xantanas pruni foram produzidas a partir de tratamentos distintos, afim de obter xantanas de baixa ($K < 1$), intermediária ($K \geq 1,0$ a $4,0$) e alta ($K \geq 4,0$)

viscosidades. O inóculo foi produzido com a bactéria *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 101, em meios de cultivo YP (*Yeast Peptone*) com concentrações diferentes de fonte de nitrogênio, de acordo com Costa (2023). A fase de produção de xantana foi conduzida em biorreator de bancada (New Brunswick Scientific®, Bioflo 310, EUA), com volume útil de 10 L por 72 h, em meio mineral adicionado de sacarose, de acordo com Vendruscolo (2004). As xantanas foram recuperadas com álcool etílico na proporção 4:1 (álcool:caldo fermentado), secas em estufa a 56°C e trituradas. As xantanas pruni foram identificadas como: XP LV (baixa viscosidade), XP IV (viscosidade intermediária) e XP HV (alta viscosidade).

2.2 Reologia

Preparou-se soluções aquosas das xantanas (LV, IV e HV) a 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0% (m/v) em água destilada, com agitação em agitador magnético em temperatura ambiente por 2 h. Em seguida, submeteu-se as soluções a aquecimento de 60°C em banho-maria durante 20min (XUEWU et al., 1996). As amostras permaneceram em repouso cobertas, a 4°C, durante 24 h previamente às análises. As soluções foram analisadas por ensaio rotacional em reômetro (Haake® RheoStress 600, modelo RS150, EUA). A viscosidade foi determinada a partir de curvas de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação a 25°C, usando geometria de cone e placa (sensor C60/2° Ti; 0,104 mm de intervalo) e taxas de cisalhamento de 0,01 a 400 s⁻¹ por 200 s. Os parâmetros reológicos, índice de consistência (K) e índice de fluxo (η), foram obtidos pelo ajuste do modelo de *Ostwald de Waele* ($R^2 > 0,99$). As análises foram realizadas em triplicata e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ($p < 0,5$) no programa Statistix 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão demonstrados os dados dos parâmetros reológicos K e η , de acordo com modelo de *Ostwald de Waele*. O parâmetro K refere-se à viscosidade da solução e quanto maior o valor mais viscosa será a solução; já o valor de η quantifica o nível de pseudoplasticidade das soluções, sendo que quanto menor o valor, mais pseudoplástica é a solução (XUN et al., 2016).

Analisando-se os parâmetros K e η (Tabela 1) observou-se que, de modo esperado, as soluções de xantana pruni HV nas concentrações de 3 e 2% foram as mais viscosas e mas também as mais pseudoplásticas, pois apresentam os maiores valores de K (aproximadamente 49,7 e 28,5 mPas.s, respectivamente) e os valores de η (0,13 e 0,10 adm, respectivamente) mais distantes de 1,0. Já, as soluções de xantanas pruni nas concentrações de 0,1 e 0,2% não apresentaram diferença estatística para o parâmetro K entre os tratamentos, os baixos valores variaram entre 0,1 a 0,18 mPas.s. Não foi possível avaliar os parâmetros reométricos das soluções 0,1 e 0,2% da XP LV, pois obteve-se curvas com valor de $R^2 < 0,8$ (não significativo).

Resultados interessantes observados foram as equivalências dos parâmetros K entre as soluções de xantana LV na concentração de 3% (6,95 mPas.s) e IV a 2% (6,55 mPas.s) e da xantana LV na concentração de 2% (1,91 mPas.s) e HV a 0,5% (1,71 mPas.s). Nesses casos, a escolha da faixa de viscosidade da xantana pruni e concentração utilizada irá depender da sua aplicabilidade. Se for necessário obter solução com maior proporção de xantana na sua composição, a XP LV poderá ser selecionada nessas concentrações específicas.

Para o parâmetro de η , observou-se que este valor foi inversamente proporcional ao valor da viscosidade. Houve uma tendência de que quanto maior

foi a viscosidade da solução, menor foi o valor de η , resultando em maior pseudoplasticidade.

Tabela 1. Parâmetros reológicos K e η das soluções de xantana pruni de baixa (LV), intermediária (IV) e alta viscosidade (HV) em diferentes concentrações (%).

Tratamento	Concentração (%)	K (mPas.s)	η (adm)
XP LV	0,1	NC*	NC*
	0,2	NC*	NC*
	0,5	0,05 ^I ± 0,01	0,63 ^{BCD} ± 0,06
	1,0	0,16 ^{HI} ± 0,01	0,62 ^{BCD} ± 0,01
	2,0	1,91 ^F ± 0,11	0,41 ^{EFG} ± 0,03
	3,0	6,95 ^E ± 0,55	0,31 ^{GH} ± 0,02
XP IV	0,1	0,01 ^I ± 0,00	0,77 ^A ± 0,07
	0,2	0,03 ^I ± 0,00	0,71 ^{AB} ± 0,01
	0,5	0,25 ^H ± 0,04	0,51 ^{DE} ± 0,05
	1,0	1,03 ^G ± 0,01	0,46 ^{EF} ± 0,01
	2,0	6,55 ^E ± 0,01	0,33 ^{FGH} ± 0,01
	3,0	22,88 ^C ± 0,82	0,26 ^{HI} ± 0,02
XP HV	0,1	0,04 ^I ± 0,00	0,66 ^{ABC} ± 0,02
	0,2	0,18 ^{HI} ± 0,01	0,51 ^{DE} ± 0,02
	0,5	1,71 ^F ± 0,07	0,27 ^{HI} ± 0,02
	1,0	10,28 ^D ± 1,24	0,14 ^{IJ} ± 0,01
	2,0	28,45 ^B ± 1,68	0,10 ^J ± 0,00
	3,0	49,69 ^A ± 1,30	0,13 ^{IJ} ± 0,01

NC – Não consta.

Letras diferentes indicam diferença estatística entre as amostras pelo teste de Tukey $p < 0,5$.

As propriedades reológicas da xantana dizem respeito à suas elevadas viscosidade e pseudoplasticidade. Na falta de uma força de cisalhamento, as soluções de xantana são viscosas, e quando uma taxa de cisalhamento é aplicada a viscosidade diminui rapidamente. Porém, devido à sua pseudoplasticidade, quando a taxa cessa as soluções voltam ao seu estado original rapidamente. Esta propriedade é interessante para uso em tintas por exemplo, pois as tintas continuam viscosas nos pincéis, porém quando aplicadas na parede fluem facilmente devido à força aplicada, e uma vez na parede não escorrerão (LUVIELMO et al., 2009).

Dessa forma, o presente trabalho auxilia a escolha do tipo de xantana (LV, IV e HV) e a sua concentração ideal para a aplicação desejada. Para aplicações que necessitem produzir soluções mais viscosas, como mousses, polpas de frutas, filmes e coberturas de alimentos (ALVES et al., 2011; SOUZA et al., 2014; FIORAVANTE et al., 2017; LIMA et al., 2020), podem ser selecionadas a XP IV nas concentrações 2 e 3% e, preferencialmente, XP HV nas concentrações de 1, 2 e 3%. Já quando as xantanas forem aplicadas em microcápsulas, como agentes encapsulantes (MOREIRA et al., 2018; PEREZ, 2021), por exemplo, onde necessita-se de soluções de baixa viscosidade e maiores concentrações de xantana nas soluções, deve-se selecionar as concentrações de 1 ou 2% da XP LV ou 1% da XP IV. Há ainda a aplicação como matriz filmogênica, cuja escolha dependerá do método de aplicação e efeito desejado para a cobertura, ou método de obtenção do filme (PIVA et al., 2014).

4. CONCLUSÕES

De modo geral, observou-se que as xantanas de maiores viscosidades são mais pseudoplásticas, assim como as de menores viscosidades são menos pseudoplásticas. Além disso, com o presente trabalho, é possível selecionar o tipo de xantana (LV, IV e HV) e a sua concentração ideal para a aplicação desejada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. G.; LAUFFER, M. L.; BOROWSKI, J. M.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, C. T. Mousse de maracujá livre de ingredientes de origem animal: elaboração e análise sensorial. *Higiene Alimentar*, v. 25, p. 1199-1201, 2011.
- COSTA, E. dos S. M. Efeito das fontes de nitrogênio nos meios de crescimento celular na produção e qualidade de xantana pruni. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia). UFPel, Pelotas, 2023.
- DRUZIAN, A. P.; PAGLIARINI, J. I. Produção de goma xantana por fermentação do resíduo de suco de maçã Xanthan gum production by fermentation from residue of apple juice. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 27(1), p. 26-31, 2007.
- FIORAVANTE, J. B.; SOUZA, V. R. D.; RODRIGUES, R. S.; OLIVEIRA, P. D.; MOREIRA, A. da S. Alternatives for preservation of bioactive compounds in blueberry pulp: heat treatment associated with the addition of xanthan pruni. *Revista Brasileira De Fruticultura*, v. 39, p. 541-550, 2017.
- GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V.E.; CASAS, J.A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: Production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18:549-579, 2000.
- LIMA, M. de M.; CARNEIRO, L. C.; MACHADO, M. R. G.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. da R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; MOREIRA, A. S. Application of films based on chitosan and xanthan gum in refrigerated fish conservation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 63, p. e20190046, 2020.
- LUVIELMO, MM; SCAMPARINI, ARP. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. *Estudos tecnológicos*, v. 5, p. 50-67, 2009.
- MOREIRA, A. da S.; FIORAVANTE, J. B.; VENDRUSCOLO, C. T.; MACAGNAN, K. L. Microcápsulas à base de xantana para preservação ou liberação controlada de probióticos e composição para microcápsulas a base de xantana. BR1020180687239, INPI, 2018.
- PEREZ, I. A. Xantana Pruni de baixa viscosidade como agente encapsulante e sílica pirogênica como antiagregante na estabilidade de probiótico microencapsulado em spray dryer. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). UFPel, Pelotas, 2021.
- PIVA, E.; ROSA, W. L. O.; SILVA, A. F.; MOREIRA, A. da S.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, C. T.; PINO, F. A. B. Composições filmogênicas para bioadesivos anestésicos tópicos (BATs) para liberação controlada de princípios ativos e bioadesivos anestésicos tópicos. BR1020140280090, INPI, 2014.
- SOUZA, V. R. D.; FIORAVANTE, J. B.; CARNEIRO, L. C.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, C. T. Preservação de laranja da China (*Citrus mitis*) com aplicação de diferentes coberturas comestíveis. *Revista Congrega Urcamp*, v. 1, p. 1, 2014.
- VENDRUSCOLO, C. T.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; MOREIRA, A. da S. Processo de produção de biopolímero tipo xantana, biopolímero obtido, seus usos. PI04063090, 2004.
- VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. da S. Xantana pruni: biopolímero de isolado de clima sub-tropical. In: *Estratégia para uma Agricultura Sustentável*. 04ed. Recife: CCS-Gráfica e Editora, v. 1, p. 31-58, 2013.
- XUEWU, Z.; XIN, L.; DEXIANG, G; WEI, Z.; TONG, X.; YONGHONG, M. Rheological models for xanthan gum. *Journal of Food Engineering*, v. 27, n. 2, p. 203 – 209, 1996.
- XUN, S.; ZHAO, J.; ZHENG, L.; CHEN, X.; ZHANG, X. Flow and heat transfer of Ostwald-de Waele fluid over a variable thickness rotating disk with index decreasing. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 103, p. 1214–1224, 2016.
- ZUBER, M.; ZUBER, M., ZIA, F., ZIA, KM, TABASUM, S., SALMAN, M., SULTAN, N. Collagen based polyurethanes. A review of recent advances and perspective. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 80, p. 366-374, 2015.