

Avaliação das características físicas e químicas de gomas xantanas

Evaluation of physical and chemical characteristics of xanthan gums

Caroline Dellinghausen Borges¹; Caroline Peixoto Bastos²; Claire Tondo Vendruscolo³

Resumo

O trabalho objetivou avaliar as características físicas e químicas da xantana produzida por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 115, comparando-a com duas xantanas obtidas de fontes comerciais – Kelzan e Roeper. As xantanas analisadas apresentaram-se dentro dos padrões especificados pela literatura, exceto pelo baixo conteúdo de ácido pirúvico da xantana produzida pela cepa 115, baixo conteúdo de sais monovalentes da amostra Roeper e alto conteúdo de sais divalentes das duas amostras comerciais. A baixa concentração de ácido pirúvico na xantana produzida por *X. arboricola* pv pruni 115 não influenciou na viscosidade da solução aquosa. Assim concluímos que a xantana produzida pela cepa 115 apresenta características físicas e químicas que permitem sua utilização na indústria de petróleo, como também para fins alimentícios, farmacêuticos e cosméticos.

Palavras-chave: *Xanthomonas arboricola* pv pruni. Xantana. Características físicas e químicas.

Abstract

This work aimed at evaluating the physical and chemical characteristics of the xanthan produced by *Xanthomonas arboricola* pv pruni strain 115, and at comparing it with two xanthans obtained from commercial sources – Kelzan e Roeper. The analyzed xanthans showed specified patterns mentioned in the literature, except for low pyruvic acid content in the xanthan produced by strain 115, low monovalent salt content in the Roeper sample and high divalent salt content in both commercial samples. The low pyruvic acid content in the xanthan produced by *X. arboricola* pv pruni 115 did not affect the aqueous solution viscosity. Thus, the xanthan produced by strain 115 show physical and chemical characteristics that allow its use by the petroleum industry, as well as, in food, pharmaceutical and cosmetics products.

Key words: *Xanthomonas arboricola* pv pruni. Xanthan. Physical and chemical characteristics.

Introdução

A xantana é um polissacarídeo natural e um importante biopolímero industrial, comercialmente produzido em fermentação aeróbica pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv campestris (JEANES, 1974).

Os maiores produtores de xantana são as empresas Merck e Pfizer dos Estados Unidos, Rhône Poulenc e Sanofi-Elf na França e Jungbunzlauer na Áustria (GARCÍA-OCHOA et al., 2000). Apesar das pesquisas brasileiras mostrarem a possibilidade de produção deste polímero, ainda assim, não há produção comercial no Brasil. A demanda de

¹ Aluna de doutorado da Biotecnologia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas; caroldellin@bol.com.br

² Aluna de mestrado do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Estadual de Pelotas; carolpebastos@yahoo.com.br

³ Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência dos Alimentos; claire.vendruscolo@pq.cnpq.br

goma xantana tem aumentado continuamente, sendo estimado um crescimento anual de 5 a 10% (ROSALAM; ENGLAND, 2006). Do total de goma xantana produzida 65% é utilizado na indústria de alimentos, 15% na indústria de petróleo e aproximadamente 20% em aplicações diversas (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002). Dependendo do uso a que se propõem, diferentes métodos de purificação podem ser aplicados, influenciando nas características físicas e químicas do produto (SMITH; PACE, 1982; GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

Na produção industrial, a etapa final envolve o controle de qualidade do polímero incluindo análises químicas, físicas e reológicas (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002), tais como análises de umidade, cinzas, nitrogênio, viscosidade, conteúdo de ácidos pirúvico e acético como também sais monovalentes e divalentes (BURDOCK, 1997; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 1999; GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

Segundo Sutherland (1996), a maioria dos biopolímeros desenvolvidos para aplicação comercial resultaram de experimentações empíricas, pois as propriedades físicas e químicas somente foram determinadas no produto após a produção comercial. O desenvolvimento de polissacarídeos microbianos para aplicação específica será possível no futuro pela substituição da avaliação empírica pela avaliação pragmática das propriedades químicas e físicas específicas.

O trabalho objetivou avaliar as características físicas e químicas da goma xantana produzida por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 115, comparando-a com duas xantanas obtidas de fontes comerciais – Kelzan e Roeper.

Material e métodos

Material

Utilizou-se uma xantana produzida no Laboratório de Biopolímero da Universidade Federal de Pelotas

por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 115; e duas xantanas obtidas de fontes comerciais: a xantana fabricada pela empresa Roeper (Hamburg - Alemanha) de uso industrial em alimentos, produtos farmacêuticos e cosméticos e a xantana Kelzan XCD fabricada pela Kelco (Houston – Estados Unidos) utilizada como componente em fluido de perfuração de poços de petróleo.

Métodos

As análises de umidade, cinzas e nitrogênio foram realizadas segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Para as análises de viscosidade, foram preparadas soluções aquosas de xantana a 0,1% (m/v) segundo Xuewu et al. (1996). A determinação da viscosidade das soluções foi mensurada em reômetro (HAAKE modelo RS 150), no módulo rotativo, a 25°C. Foi utilizado sistema cilindro coaxial, sensor DG41 e taxa de deformação de 0,01 a 100s⁻¹.

O conteúdo de ácido pirúvico e ácido acético foram determinados através de análise colorimétrica, com o uso do método da 2,4-dinitrofenilhidrazina e do método do ácido hidroxâmico segundo Sloneker e Orentas (1962) e McComb e McCready (1957), respectivamente.

Os sais monovalentes (sódio e potássio) e divalentes (cálcio e magnésio) foram determinados por fotometria de chama (Cole-Parmer modelo 2655-00) e por espectrometria de absorção atômica (Hitachi modelo Z8230), respectivamente. Para a realização das análises, as amostras (0,4g) foram calcinadas a 550°C e as cinzas resultantes foram tratadas com 12mL de água régia. Os sais formados foram diluídos a 100mL pela adição de solução de HCl 1% (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1981).

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância, para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey em nível de significância

de 5%. Para isso foi utilizado o programa Statistix 8.0 (STATISTIX..., 2007).

Resultados e discussão

A determinação da umidade é uma das medidas mais importantes e utilizada como controle de qualidade. O conteúdo de umidade está relacionado com a estabilidade, qualidade e composição do produto (CECCHI, 2003). Polímeros solúveis em água são normalmente secos de modo a apresentar entre 10% e 15% de umidade e neste estado são

higroscópicos. A alta umidade no pó seco tende a causar dificuldade na manipulação do produto, aumentando a taxa de degradação hidrolítica do polissacarídeo (SMITH; PACE, 1982). O teor de umidade diferiu significativamente entre as amostras avaliadas (Tabela 1). Entretanto, todos os produtos avaliados apresentaram teores de umidade inferiores a 15%, como estabelecido por Burdock (1997) e pela FAO (1999). Valores similares para o teor de umidade foram obtidos por Torres et al. (1993), para a xantana Keltrol comercial (13%) e para o polímero produzido pelo isolado XC-E2 de *X. campestris* (14%).

Tabela 1. Análises físicas e químicas da goma xantana produzida por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 115, xantana Kelco e xantana Roeper*.

Análises	Xantana		
	Xc 115	Kelco	Roeper
Umidade (%)	13,5 ± 0,2 ^b	13,0 ± 0,1 ^c	13,8 ± 0,4 ^a
Cinzas (%)	12,2 ± 0,1 ^a	9,8 ± 0,1 ^b	9,3 ± 0,2 ^c
Nitrogênio (%)	0,86 ± 0,0 ^a	0,62 ± 0,0 ^b	0,51 ± 0,0 ^c
Viscosidade(mPa.s) 15,8s ⁻¹ 25°C	29,7 ± 0,6 ^b	32,1 ± 1,0 ^a	28,1 ± 1,1 ^c
Ácido pirúvico (%)	0,80 ± 0,0 ^c	4,2 ± 0,2 ^a	3,4 ± 0,1 ^b
Acetil (%)	2,8 ± 0,0 ^b	3,2 ± 0,0 ^a	2,1 ± 0,0 ^c
Sais monovalentes totais (%)	5,0 ± 0,2 ^a	3,2 ± 0,1 ^b	0,67 ± 0,0 ^c
Sais divalentes totais (%)	0,18 ± 0,0 ^c	1,2 ± 0,1 ^b	1,9 ± 0,0 ^a

*Média de três análises ± desvio padrão. Médias na mesma linha seguidas por letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey em nível de significância de 5% de probabilidade.

As cinzas referem-se ao resíduo inorgânico (ferro, magnésio, cálcio, fósforo, cloreto, sódio e outros compostos minerais) remanescente da queima da matéria orgânica que é transformada em CO₂, H₂O e NO₂ (CECCHI, 2003). Porém a composição das cinzas não corresponde, necessariamente, à soma das substâncias minerais presentes no produto em si, devido às perdas por volatilização, ou mesmo pela interação entre os componentes.

As xantanas analisadas (Tabela 1) diferiram significativamente no conteúdo de cinzas, porém encontram-se dentro do limite especificado pela FAO (1999) que estabelece valor máximo de 16%. Entretanto, valores inferiores são recomendados por outros autores. Morris (1995) preconiza valores entre 6% e 9% e García-Ochoa et al. (2000) indica valores de 7% a 12%. O conteúdo de cinzas da xantana Keltrol comercial e do polímero produzido

pelo isolado XC-E2 também foi avaliado por Torres et al. (1993). De acordo com os seus resultados foram obtidos valores de 7% e 11,6%, respectivamente.

O nitrogênio remanescente na xantana pode ser oriundo do meio de cultura utilizado, como também do processamento pós-fermentação inadequado (remoção inadequada das células inativadas). A xantana para ser utilizada como aditivo alimentar deve estar livre de biomassa e do solvente utilizado no processo de recuperação, como também para ser utilizada na recuperação terciária de petróleo, pois partículas como células podem obstruir os poros da formação rochosa. Produtos com especificações menos restritas são utilizados no processamento têxtil (GARCÍA-OCHOA et al., 2000). Além disto, a biomassa provoca turvação no produto final e a remoção das células bacterianas é necessária quando alta transparência do produto é desejada (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002).

A concentração de nitrogênio das xantanas analisadas diferiu significativamente (Tabela 1). Todas as amostras avaliadas estão condizentes com o padrão estabelecido por García-Ochoa et al. (2000) que preconiza valores de 0,3% a 1% e pela FAO (1999) que estabelece como valor máximo 1,5% de nitrogênio. Convém enfatizar que o meio fermentado por *Xanthomonas campestris* pv *pruni* cepa 115, quando não submetido a centrifugação, produziu uma goma com um conteúdo de nitrogênio de 1%, ainda dentro do limite estabelecido, possibilitando sua utilização na indústria têxtil, por exemplo.

A concentração de nitrogênio de polímeros produzidos por diferentes isolados de *X. campestris*, como também para o polímero produzido por uma variante denominado E2 da coleção de *X. campestris* NRRL B-1459 foi avaliada por Sánchez et al. (1997). De acordo com seus resultados, a concentração de nitrogênio dos polímeros produzidos pelos isolados variou de 1,09% a 3,2%, enquanto o polímero produzido pela variante E2 apresentou 1,43% de nitrogênio. Segundo os autores, o alto teor de nitrogênio do polímero produzido pelo isolado 16 (3,2%) restringe seu uso como aditivo alimentar ou em cosméticos.

As propriedades reológicas são mensuradas como um indicador da qualidade do produto (MARCOTTE; HOSHAHILI; RAMASWAMY, 2001). As xantanas analisadas (Tabela 1) diferiram significativamente nos valores de viscosidade, mas todas estão condizentes com o indicado por García-Ochoa et al. (2000). Esses autores preconizam valores de viscosidade de 13 a 35mPa.s para as soluções aquosas de xantana 0,1% (m/v) na taxa de deformação $15,8s^{-1}$ a 25°C. Apesar das diferentes características físicas e químicas das amostras avaliadas, todas apresentaram alto valor de viscosidade.

Para alguns autores, o conteúdo de piruvato pode ser utilizado como um indicador da qualidade reológica. Assim, soluções de alta viscosidade apresentariam alto conteúdo de ácido pirúvico, ou seja, superior a 4% (SANDFORD et al., 1977; SMITH et al., 1981).

O conteúdo de ácido pirúvico das amostras analisadas diferiu significativamente (Tabela 1). Não houve relação entre o conteúdo de ácido pirúvico e a viscosidade das soluções aquosas, da mesma forma no estudo realizado por Kennedy, Jones e Barker (1982); Callet, Milas e Rinaudo (1987); Torrestiana, Fucikovskiy e Galindo (1990); Torres et al. (1993) e Sánchez et al. (1997).

A concentração de ácido pirúvico nas amostras comerciais está de acordo com o preconizado por García-Ochoa et al. (2000), que indicam valores de 1% a 5,7% e também pelo limite estabelecido por Burdock (1997) e pela FAO (1999) que determinam mínimo de 1,5%. No entanto, o conteúdo de ácido pirúvico da xantana produzida pela cepa 115 foi inferior ao limite mínimo estabelecido pela literatura.

Diferentes cepas, condições de fermentação e processamento pós-fermentação podem produzir diferenças nas características químicas da xantana (TORRES et al., 1993). Baixos conteúdos de ácido pirúvico na molécula do biopolímero xantana têm sido relatados na literatura. Sánchez et al. (1997) avaliaram a concentração de piruvato na molécula

da goma xantana produzida por três isolados de *X. campestris* (10, 11 e 16) e uma variante de *X. campestris* NRRL B-1459 denominada E2. As concentrações de piruvato foram baixas nos polímeros produzidos pelos isolados 10 (0,24%) e 11 (0,50%); os polímeros produzidos pelo isolado 16 e a variante E2 apresentaram 6,8% e 2,6% de piruvato, respectivamente. O teor de piruvato de polímeros produzidos por diferentes patovares de *X. campestris* foi avaliado por Shatwell, Sutherland e Ross-Murphy (1990). O polímero PXO₆₁ produzido por *X. campestris* pv *orizae* também apresentou um baixo conteúdo de ácido pirúvico (0,3%), os demais polímeros avaliados apresentaram concentração de piruvato entre 1,7% a 6%. Polímeros que apresentam um baixo conteúdo de piruvato são interessantes para aplicação nos processos de recuperação terciária de petróleo, pois apresentam menor adsorção ao solo, com conseqüente melhora na injetabilidade (KLEINITZ; LITTMANN; HERBST, 1989).

O conteúdo de acetato e piruvato apresenta um grande efeito no comportamento reológico, adsorção e injetabilidade de soluções de xantana (TAYLOR; NASR-EL-DIN, 1993). As amostras analisadas (Tabela 1) apresentaram diferença significativa entre os valores de acetil, porém estão condizentes com o indicado por García-Ochoa et al. (2000) que determinam conteúdo de acetil de 1,9% a 6%.

Diferentes concentrações de acetil são relatadas na literatura para as gomas xantanas produzidas por diferentes isolados de *Xanthomonas*. O conteúdo de acetil dos polímeros produzidos pelos isolados 10, 11 e 16 de *X. campestris* e também para o polímero produzido pela variante E2 de *X. campestris* NRRL B-1459 foram determinados por Sánchez et al. (1997). Os polímeros produzidos pelos isolados 10, 11 e 16 apresentaram, respectivamente, 10%, 8% e 4%; o polímero da cepa E2 apresentou 2,6% de acetil. No trabalho de Torres et al. (1993) a xantana Keltrol comercial apresentou 5,8% de resíduos de acetil e o polímero produzido pelo isolado de *X. campestris* XC-E2 apresentou 7%. Para Sloneker e Jeanes (1962) e Tako e Nakamura (1984), a viscosidade

da xantana pode ser melhorada através da remoção do grupo acetil, no entanto, Bradshaw et al. (1984) e Callet, Milas e Rinaudo (1987) não verificaram nenhum efeito nas propriedades reológicas pela remoção do grupo acetil.

A presença de sais é necessária para a ótima funcionalidade da xantana, pois a conformação ordenada é estabilizada pela presença de sais (KATZBAUER, 1998). O conteúdo de sais das xantanas analisadas (Tabela 1) mostrou-se bastante variável, sendo estatisticamente diferente. A xantana deve apresentar de 3,6 a 14,3% de sais monovalentes e de 0,085 a 0,17% de sais divalentes (GARCÍA-OCHOA et al., 2000). Apenas a xantana produzida pela cepa 115 apresentou-se dentro dos limites estabelecidos tanto para sais monovalentes, quanto divalentes. O conteúdo de sais divalentes das amostras comerciais foi superior ao padrão recomendado. E o conteúdo de sais monovalentes na xantana Roeper apresentou-se inferior ao especificado. A concentração de sais mono e divalentes de duas xantanas foi determinada por Torres et al. (1993). A xantana produzida pelo isolado XC-E2 apresentou teor de sais semelhante a xantana produzida pela cepa 115 de *X. arboricola* pv *pruni*, contendo 4,97% de sais monovalentes e 0,14% de sais divalentes; a xantana Keltrol comercial apresentou 3,86% e 0,054% de sais monovalentes e divalentes, respectivamente.

Conclusões

As xantanas analisadas apresentaram-se dentro dos padrões especificados pela literatura, exceto pelo baixo conteúdo de ácido pirúvico da xantana produzida pela cepa 115, baixo conteúdo de sais monovalentes da amostra Roeper e alto conteúdo de sais divalentes das duas amostras comerciais. A baixa concentração de ácido pirúvico na xantana produzida por *X. arboricola* pv *pruni* 115 não influenciou a viscosidade da solução aquosa. Assim concluímos que a xantana produzida pela cepa 115

apresenta características físicas e químicas que permitem sua utilização na indústria de petróleo, como também para fins alimentícios, farmacêuticos e cosméticos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. *Annual Book of ASTM Standard: D1428-64*. Philadelphia, 1981. v.10.
- BORN, K.; LANGENDORFF, V.; BOULENGUER, P. Xanthan. In: STEINBÜCHEL, A.; VANDAMME, E. J.; DE BAETS, S. *Biopolymers*. Weinheim: Wiley-VCH, 2002. v. 5, p. 259-291.
- BRADSHAW, I. J.; NISBET, B. A.; KERR, M. H.; SUTHERLAND, I.W. Modified xanthan – its preparation and viscosity. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v. 3, n. 1, p. 23-38, 1984. BURDOCK, G. A. *Encyclopedia of Food and Color Additives*. New York: CRC Press, 1997. v. 3.
- CALLET, F.; MILAS, M.; RINAUDO, M. Influence of acetyl and pyruvate contents on rheological properties of xanthan in dilute solution. *International Journal of Biological Macromolecules*, Guildford, v. 9, n. 5, p. 291-293, Oct. 1987.
- CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos*. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Compendium of food additives specifications, addendum 7. Rome: FAO/WHO, 1999.
- GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotechnology Advances*, New York, v. 18, n. 7, p. 549-579, nov. 2000.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: O instituto, 1985. v. 1.
- JEANES, A. Extracellular microbial polysaccharides - new hydrocolloids of interest to the food industry. *Food Technology*, Chicago, v. 28, n. 5, p. 34-40, 1974.
- KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degradation and Stability*, Essex, v. 59, n. 1-3, p. 81-84, sep. 1998.
- KENNEDY, J. F.; JONES, P.; BARKER, A. Factors affecting microbial growth and polysaccharide production during the fermentation of *Xanthomonas campestris* cultures. *Enzyme Microbiology Technology*, New York, v. 4, n. 1, p. 39-43, 1982.
- KLEINITZ, W.; LITTMANN, W.; HERBST, H. Screening of xanthan-biopolymer for a high salinity oil reservoir. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON IMPROVED OIL RECOVERY, 5., April 1989. *Proceedings...* Budapest, Hungary, 1989, p. 1-9.
- MARCOTTE, M.; HOSHAHILI, A. R. T.; RAMASWAMY, H. S. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, Barking, v. 34, n. 8, p. 695-703, 2001.
- MCCOMB, E. A.; MCCREADY, R. M. Determination of acetyl in pectin and in acetylated carbohydrate polymers. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 29, n. 5, p. 819-821, 1957.
- MORRIS, V. J. Bacterial polysaccharides. In: STEPHEN, A. M. *Food polysaccharide and their applications*. New York: Basel Marcel Dekker, 1995. p. 341-375.
- ROSALAM, S.; ENGLAND, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. *Enzyme and Microbial Technology*, New York, v. 39, n. 2, p. 197-207, 2006.
- SÁNCHEZ, A.; RAMÍREZ, M. E.; TORRES, L. G.; GALINDO, E. Characterization of xanthans from selected *Xanthomonas* strains cultivated under constant dissolved oxygen. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Oxford, v. 13, n. 4, p. 443-451, jul. 1997.
- SANDFORD, P. A.; PITTSLEY, J. E.; KNUTSON, C. A.; WATSON, P. R.; CADMUS, M. C.; JEANES, A. Variation in *Xanthomonas campestris* NRRL B – 1459: characterization of xanthan products of differing pyruvic acid content. In: SANDFORD, P.A.; LASKIN, A. *Extracellular Microbial Polysaccharides*. Washington: American Chemical Society, 1977. p. 192-210.
- SHATWELL, K. P.; SUTHERLAND, I. W.; ROSS-MURPHY, S. B. Influence of acetyl and pyruvate substituents on the solution properties of xanthan polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, Guildford, v. 12, n. 2, p. 71-78, Apr. 1990.

- SLONEKER, J. H.; JEANES, A. Exocellular bacterial polysaccharide from *Xanthomonas campestris* NRRL B - 1459. *Canadian Journal of Chemistry*, Ottawa, v. 40, n. 11, p. 2066-2071, 1962.
- SLONEKER, J. H.; ORENTAS, D. G. Pyruvic acid, a unique component of an exocellular bacterial polysaccharide. *Nature*, London, v. 194, n. 4827, p. 478-479, 1962.
- SMITH, I. H.; PACE, G. W. Recovery of microbial polysaccharides. *Journal of Chemical Technology And Biotechnology*, London, v. 32, n. 1, p. 119-129, 1982.
- SMITH, I. H.; SYMES, K. C.; LAWSON, C. J.; MORRIS, E. R. Influence of the pyruvate of xanthan on macromolecular association in solution. *International Journal of Biological Macromolecules*, Guildford, v. 3, n. 2, p. 129-134, 1981.
- STATISTIX 8.0 for windows. Disponível em: www.statistix.com/freetrial.html. Acesso em: março, 2007.
- SUTHERLAND, I. W. Microbial biopolymers from agricultural products: production and potencial. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Barking, v. 38, n. 3-4, p. 249-261, 1996.
- TAKO, M.; NAKAMURA, S. Rheological properties of deacetylated xanthan in aqueous-media. *Agricultural and Biological Chemistry*, Tokyo, v. 48, n.12, p. 2987-2993, 1984.
- TAYLOR, K. C.; NASR-EL-DIN, H. A. Xanthan biopolymers: a review of methods for the determination of concentration and for the measurement of acetate and pyruvate content. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 273-279, 1993.
- TORRES, L.G.; BRITO, E.; GALINDO, E.; CHOPLIN, L. Viscous behavior of xanthan solutions from a variant strain of *Xanthomonas campestris*. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, Osaka, v. 75, n. 1, p. 58-64, 1993.
- TORRESTIANA, B.; FUCIKOVSKY, L.; GALINDO, E. Xanthan production by some *Xanthomonas* isolates. *Letters in Applied Microbiology*, Oxford, v. 10, n. 2, p. 81-83, 1990.
- XUEWU, Z.; XIN, L.; DEXIANG, G; WEI, Z.; TONG, X.; YONGHONG, M. Rheological models for xanthan gum. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 27, n. 2, p. 203-209, 1996.

