

PRODUÇÃO BIOTECNOLÓGICA DE GOMA XANTANA EM ALGUNS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES

Jeanne Denise de Souza Menezes, Janice Isabel Druzian,
Francine Ferreira Padilha, Roberto Rodrigues de Souza

¹ jeanedenise@hotmail.com

² druzian@ufba.br

³ fpadilha@yahoo.com

⁴ rrsouza.br@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.5902/223611707165>

RESUMO

Os resíduos gerados nos processos agroindustriais representam perdas econômicas no processo produtivo e se não receberem destinação adequada, poderão proporcionar problemas ambientais, colocando em evidência a necessidade da instalação de sistemas de produção sustentáveis. Neste sentido, a otimização dos processos biotecnológicos para a produção de goma xantana a partir de resíduos agroindustriais tornam mais viáveis sua produção. A goma xantana é um heteropolissacarídeo microbiano extracelular usada como agente de controle reológico em sistemas aquosos e estabilizantes em emulsões e suspensões. Devido a essas propriedades é largamente utilizada em uma ampla gama de indústrias, tais como de alimentos, farmacêutica, de higiene, cosméticos, petrolífera, entre outras. Este artigo teve como objetivo realizar uma revisão sobre a utilização da biomassa residual na produção de goma xantana, um levantamento dos principais avanços para minimizar custos de produção do biopolímero, bem como, uma revisão da aplicabilidade da goma. A utilização de substratos alternativos poderia auxiliar a produção de goma xantana no país, ajudando a eliminar os problemas ambientais como descarte de efluentes, permitindo a valorização econômica destes resíduos, além do que, o Brasil poderia suprir sua própria demanda de goma xantana com maior competitividade no preço final.

Palavras-chave: goma xantana; resíduos; impactos ambientais

ABSTRACT

Biotechnological production of xanthan gum in some agro-industrial waste, characterization and applications

The waste generated in the agribusiness represent economic losses in the production process and unless they receive proper destination, may provide environmental problems, highlighting the need for installation of sustainable production systems. In this sense, the optimization of biotechnological processes for the production of xanthan gum from agro-industrial waste production become more viable. Xanthan gum is a microbial heteropolysaccharide extracellular used as rheology control agent in aqueous systems and stabilizers in emulsions and suspensions. Because of these properties is widely used in a wide range of industries such as food, pharmaceuticals, toiletries, cosmetics, oil, among others. This paper aims to conduct a review on the use of residual biomass in the production of xanthan gum, a survey of the major advances to minimize production of biopolymer and a review of the applicability of gum. The use of alternative substrates could help the production of xanthan gum in the country, helping to eliminate

environmental problems such as effluent disposal, enabling economic recovery of this waste, besides that Brazil could meet its own demand of xanthan gum with greater competitiveness the final price.

Keywords: xanthan gum; waste; environmental impacts

INTRODUÇÃO

O modelo econômico atualmente instituído gera um processo de crescimento baseado no consumo desordenado, promovendo sobrecarga ao meio ambiente. Para reverter esta situação, é necessário buscar meios de tornar compatíveis os níveis de crescimento econômico e de produção com a manutenção da qualidade ambiental e a preservação dos recursos naturais, materiais e energéticos.

Em diversos processos agroindustriais existe como parte da produção principal a formação de subprodutos de considerável valor agregado, quer na sua forma natural, quer na potencialidade de seus componentes. Os resíduos gerados representam perdas econômicas no processo produtivo e, se não receberem destinação adequada, podem proporcionar problemas ambientais, em razão da sua carga poluidora, colocando em evidência a necessidade da instalação de sistemas de produção sustentáveis (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Atualmente, as alternativas de valorização de resíduos através do aproveitamento em diversas atividades tem sido muito incentivadas, já que podem contribuir positivamente para a minimização da poluição ambiental, bem como diminuir os custos de produção e permitir a valorização econômica desses resíduos (FERNANDES *et al*, 2008).

Este artigo teve como objetivo realizar uma revisão sobre a utilização da biomassa residual na produção de goma xantana, um levantamento dos principais avanços para minimizar custos de produção do biopolímero, bem como, uma revisão da aplicabilidade da goma.

RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A produção agrícola, nos últimos anos, vem se expandindo, seja por conta da ampliação da área agrícola (CONAB, 2012), ou pelos avanços da biotecnologia que promovem relevante desenvolvimento na obtenção de novas variedades de plantas, melhoria da qualidade de diversos alimentos e aumento do número de produtos do setor (CARRER, 2010). Em 2010, a agricultura brasileira cresceu 4,7% e na mesma intensidade cresceu a produção de resíduos agroindustriais, perfazendo uma estimativa de 250 milhões de toneladas ao ano (IBGE, 2011), contudo, ao atingir esta posição, o setor se mostrou um dos maiores usufrutuários dos recursos naturais promovendo considerável impacto ao meio ambiente.

Além da crescente produção agrícola, o país tem se destacado como potência no beneficiamento de sua produção. Produtos que antes eram exportados *in natura*, hoje são industrializados, e conseqüentemente intensificando a geração de resíduos (PELIZER *et al*, 2007).

Os rejeitos gerados ao longo da cadeia produtiva, apesar de não possuírem valor econômico evidente, podem se tornar uma fonte importante para a produção de novos insumos

(PACHECO; SILVA, 2008). Neste sentido, o desenvolvimento e implementação de processos sustentáveis, capazes de converter biomassa em produtos com elevado valor agregado tornam-se imprescindíveis para aproveitar resíduos agroindustriais e mitigar os impactos ambientais (MENEZES; VIEIRA, 2011; EMBRAPA, 2008).

Existe portanto, a necessidade de se repensar a produção e a destinação de resíduos agroindustriais, pois estes podem ser novamente inseridos na cadeia produtiva, gerando grandes ganhos para a sociedade (SACHS, 2008).

A goma xantana

A goma xantana é um heteropolissacarídeo sintetizado pela bactéria e usado por ela como proteção contra a dessecação, o ataque de amebas, fagócitos e bacteriófagos, para nós é um produto capaz de formar soluções viscosas em meio aquoso, mesmo em baixas concentrações (SOUZA; VENDRUSCULO, 1999).

A goma xantana é um aditivo bastante utilizado na indústria alimentícia, na farmacêutica, de higiene e de cosméticos como estabilizante, espessante e emulsificante. Tem sido empregada também na indústria petrolífera, devido sua alta viscosidade mesmo em baixas concentrações, alta pseudoplasticidade e estabilidade da viscosidade na presença de sais, a diferentes temperaturas e em ampla faixa de pH (ROSALAM; ENGLAND, 2006).

Em 1961, surgiu a primeira importante pesquisa publicada sobre a produção de goma xantana. Os laboratórios de pesquisa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos descobriram que a bactéria *X. campestris* isolada de folhas de repolho roxo produz um polissacarídeo extracelular com excepcionais propriedades reológicas (KATZBAUER, 1998).

As bactérias do gênero *Xanthomonas* pertencem à família *Pseudomonaceae* e com exceção da *Xanthomonas maltophilia* todas são fitopatogênicas (GARCIA-OCHOA *et al*, 2000). São amplamente distribuídas e infectam algumas plantas de interesse agrícola, causando imenso prejuízo às lavouras, como por exemplo, plantações de laranja (cancro cítrico), onde é responsável por causar lesões nos frutos, folhas e ramos (FERREIRA, 2009), na mandioca (bacteriose ou murcha bacteriana) onde coloniza vascularmente as plantas, e pode atingir as raízes, causando escurecimento de seus vasos condutores (THEODORO *et al*, 2002).

A composição, estrutura, biossíntese e propriedades funcionais dos polissacarídeos extracelulares podem variar a depender da cepa, do substrato e das condições de produção (SILVA *et al.*, 2009; FREITAS; ALVES; REIS, 2011). A goma xantana tem um alto peso molecular, normalmente composta de repetidas unidades de glicose, manose e ácido glucurônico, na relação de 2:2:1 (HAMCERENCU *et al*, 2007; SALAH *et al*, 2011; SILVA *et al*, 2009; FARIA *et al*, 2011; DRUZIAN; PAGLIARINI, 2007).

As principais limitações à produção são os custos do substrato e do processamento (FREITAS; ALVES; REIS, 2011). Neste sentido, a otimização dos processos biotecnológicos para a produção de goma xantana a partir de resíduos agroindustriais tornam mais viáveis sua produção (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011).

Importância comercial da goma xantana

O Brasil, segundo dados do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (ALICE, 2010), gastou 15 milhões de dólares para importar 2.200 toneladas de goma xantana em 2005, atingindo 20 milhões de dólares em 2010. Com uma taxa de crescimento médio de 12% no quinquênio 2005-2010, a estimativa é que em 2015, sejam necessários 26 milhões de dólares para importar 7.200 toneladas de goma xantana (Figura 1).

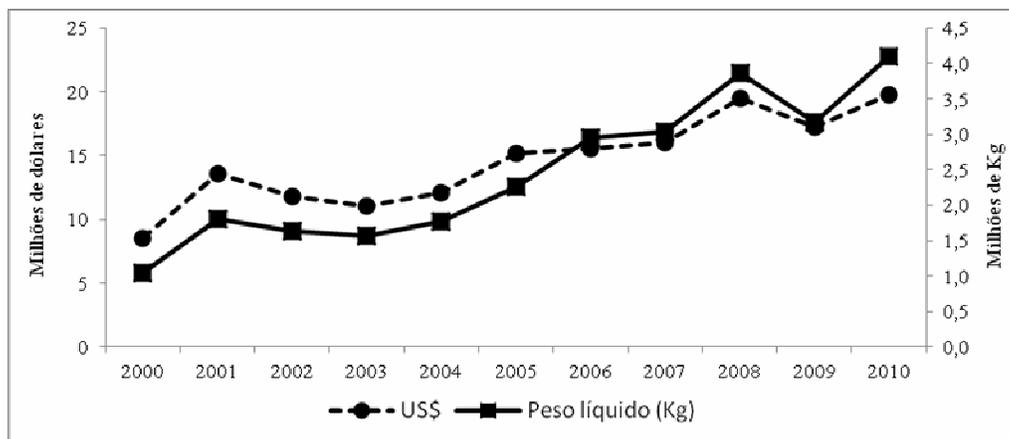


Figura 1 – Custos e volumes anuais relacionados à importação de goma xantana pelo Brasil segundo dados obtidos no Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (ALICE, 2010).

Atualmente, quase toda a xantana consumida no país, principalmente pelas indústrias de alimentos e de petróleo, é produzida pelos Estados Unidos, França e China. A produção de goma xantana no Brasil ainda é muito insipiente. Inverter essa situação é fundamental para a autonomia e o crescimento econômico do setor, tornando a produção de goma xantana independente e competitiva internacionalmente.

O Brasil tem um elevado potencial econômico para a implantação da indústria de produção de goma xantana, uma vez que possui matéria-prima básica de menor custo para a produção e recuperação da goma tal como: açúcar, extrato de levedura e álcool provenientes do setor sucro-alcooleiro, o que não acontece em outros países, onde o custo do meio de fermentação representa um fator crítico sob o aspecto comercial na produção do polissacarídeo (PADILHA, 2003). Isso coloca o Brasil numa posição favorável e competitiva frente a países que dominam esta tecnologia, como o Japão, Estados Unidos, França, Áustria e China.

Produção de goma xantana

A produção de biopolímero depende da composição do meio, da linhagem e das condições de fermentação utilizadas, tais como: temperatura, velocidade de agitação, concentração inicial de nitrogênio, obtendo-se deste modo uma variação nos rendimentos e na qualidade do polímero (CASAS *et al*, 2000; GARCIA-OCHOA *et al*, 2000).

A temperatura é uma das mais importantes variáveis que afetam a produção de xantana. As temperaturas empregadas para a produção de goma xantana podem variar de 25°C a 34°C. Ambos, crescimento de biomassa e produção de goma xantana aumentam com a temperatura, rendendo um máximo à 28°C (CASAS, *et al*, 2000; GARCÍA-OCHOA *et al*, 2000). O pH deve ser mantido próximo ao da neutralidade (MAUGERI, 2001) e as cepas incubadas a 28°C por 24h a 120h (NITSCHKE *et al*, 2001; NERY *et al*, 2008; BRANDÃO *et al*, 2008).

O meio de cultura consiste geralmente em glicose ou sacarose como fonte de carbono, e extrato de levedura, peptona, nitrato de amônio como fonte de nitrogênio, e ainda fósforo e traços de outros minerais (SOUW; DEMAIN, 1979). A proporção de carbono e nitrogênio no meio de cultura influencia a produção de goma xantana. Uma elevada concentração de nitrogênio é necessária para um rápido crescimento celular, entretanto, quando a concentração de nitrogênio no meio de cultura for muito elevada, a goma xantana produzida possui propriedades reológicas inadequadas (NITSCHKE *et al*, 2001). O nitrogênio é um nutriente essencial, como componente orgânico ou como molécula inorgânica. A razão C/N normalmente utilizada para a produção é menor que aquela usada durante o crescimento (GARCÍA-OCHOA *et al*, 2000).

A goma xantana é precipitada em solvente (isopropanol, etanol ou acetona), separada, seca, moída, peneirada e então embalada. O crescimento dos microrganismos e a produção de goma xantana são influenciados por fatores como o tipo de biofermentador usado, o modo de operação (batelada ou contínuo), a composição do meio, as condições da cultura (temperatura, pH, concentração de oxigênio dissolvido) (GARCÍA-OCHOA *et al*, 2000; CHI; ZHAO, 2003). As culturas de *Xanthomonas* podem ser cultivadas usando fermentação aeróbica submersa (GARCÍA-OCHOA *et al*, 2000; CHI; ZHAO, 2003) ou por fermentação no estado sólido (CANUTO, 2006).

Os valores apresentados na Tabela 1, mostram que a produção usando sacarose variou de 0,64g.L⁻¹ a 9,67g.L⁻¹ com uma média de 4,86g.L⁻¹. Esta diferença na produção pode estar relacionada com a linhagem, as condições de fermentação e composição do meio utilizados na fermentação.

Tabela 1 – Sacarose como fonte de carbono para produção de goma xantana com base em diferentes autores.

Fontes de carbono	Cepa ⁽¹⁾	GX (g.L ⁻¹)	Referência
Sacarose	<i>X. campestris manihotis</i> 1182	2,48	Diniz; Druzian; Audibert, 2012 ^(2;5)
	<i>X. campestris pv. campestris</i> 472	1,78	
	<i>X. campestris pv. arracaciae</i> 1198	0,64	
	<i>X. campestris pv. malvacearum</i> 1779	1,40	
Sacarose	<i>X. campestris manihotis</i> 1182	3,45	Brandão; Esperidião; Druzian, 2010 ^(2;5)
	<i>X. campestris campestris</i> 1866	3,17	
	<i>X. campestris mangiferae indicae</i> 2103	4,21	
	<i>X. campestris pv campestris</i> 2149	4,02	
Sacarose	<i>X. campestris campestris</i> 1866	3,75	Nery <i>et al</i> , 2008 ^(2;5)
	<i>X. campestris mangiferae indicae</i> 2103	6,62	
	<i>X. campestris pv campestris</i> 2149	5,58	
Sacarose	<i>X. campestris pv maniothis</i> 280	3,50	Druzian; Pagiarini, 2007 ^(3;6)
Sacarose	<i>X. axonopodis pv manihotis</i> 1182	7,99	Rottava <i>et al</i> , 2009 ^(4;7)
	<i>X. campestris pv campestris</i> 1167	5,90	
	<i>X. campestris pv. mangiferae indicae</i> 1230	8,93	
	<i>X. campestris pv. campestris</i> 254	9,49	
	<i>X. campestris pv. campestris</i> 1078	9,67	

(1) Todas as cepas são provenientes da Coleção de Culturas do Instituto Biológico em Campinas-SP; Suplementação do meio fermentativo composto de sacarose (g.L⁻¹): (2) 20 de sacarose, 0,1 de uréia e 1 de K₂HPO₄; (3) 20 de sacarose; 2,1 de ácido cítrico; 1,14 de NH₄NO₃; 2,86 de KH₂PO₄; 0,507 de MgCl₂; 0,089 de Na₂SO₄; 0,006 de H₃BO₃; 0,006 de ZnO; 0,0024 de FeCl₃. 6H₂O; 0,020 de CaCO₃; (4) 50 de sacarose, 2,5 de NH₄H₂PO₄; 5,0 de K₂HPO₄; 0,006 de H₃BO₃; 2,0 de (NH₄)₂SO₄; 0,0024 de FeCl₃; 0,002 de CaCl₂ 2H₂O; 0,002 de ZnSO₄; Condições de produção: (5) agitador orbital a 28°C, 250rpm, por 120h; (6) agitador orbital a 28°C, 150rpm, por 288h; (7) agitador orbital a 28°C, 180rpm, por 94h.

Os meios minimamente suplementados como relatados por Diniz, Druzian e Audibert (2012), Brandão, Esperidião e Druzian (2010) e Nery *et al* (2008) obtiveram uma menor produção quando comparados com Rottava *et al* (2009) que utilizou um maior número de suplementos, enquanto o baixo resultado encontrado por Druzian e Pagiarini (2007), pode estar relacionado com a variedade da cepa utilizada. Um inóculo de má qualidade pode levar a diminuição significativa da produtividade e do rendimento do processo. Desta forma, a seleção das melhores linhagens deve ser o primeiro passo quando se tenta um processo específico de produção (ROTTAVA *et al*, 2009).

A maior ou menor suplementação do meio fermentativo depende das características da fonte de carbono utilizada, visando qualidade com boa relação custo-benefício. Portanto, para a produção industrial, as condições de processo escolhidas dependerão não somente do rendimento desejado, mas também, da qualidade e da aplicabilidade que será dada a goma (SUTHERLAND, 1996).

4.1 Utilização de biomassa residual agroindustrial para a produção de goma xantana

A utilização de substratos alternativos de baixo custo em processos fermentativos, tais como, resíduos agroindustriais, permite a redução dos custos de produção, minimizando problemas ambientais, pois auxilia na destinação desses resíduos.

Numerosos trabalhos já estabeleceram que a bactéria *Xanthomonas campestris* pode fermentar um espectro largo de fontes de carbono, por exemplo, soro de queijo (SILVA *et al*, 2009), soro de leite (NERY *et al*, 2008; FORNARI, 2006; MESOMO, 2009; DINIS, 2011), resíduo de cacau (DINIS, 2011), soro de mandioca (BRANDÃO; ESPERIDIÃO; DRUZIAN, 2010), resíduo de suco de maçã (DRUZIAN; PAGLIARINI, 2007), casca de coco (GOMES, 2008) e glicerina, subproduto proveniente da produção de biodiesel (REIS *et al*, 2010) (Tabela 2).

Tabela 2. Resíduos agroindustriais utilizados como substrato fermentescível para a produção de goma xantana.

Fontes de carbono	Cepa ⁽¹⁾	GX (g.L ⁻¹)	Referência
Soro de queijo	<i>X. campestris pv. manihotis</i> 1182	26,42	Silva <i>et al</i> , 2009 ^(2;6)
	<i>X. campestris pv mangiferae indiciae</i> 1230	25,42	
Soro de leite	<i>X. campestris campestris</i> 1866	12,36	Nery <i>et al</i> , 2008 ^(3;7)
	<i>X. campestris mangiferae indiciae</i> 2103	21,91	
	<i>X. campestris pv mangiferae indiciae</i> 1230	16,80	Fornari, 2006 ^(2;6)
	<i>X. campestris pv. manihotis</i> 1182	23,81	
	<i>X. campestris pv mangiferae indiciae</i> 1230	36,00	
	<i>X. campestris pv. manihotis</i> 1182	12,01	Mesomo, 2009 ^(4;8)
Casca de cacau	<i>X. campestris pv. manihotis</i> 1182	7,34	Dinis, 2011 ^(3;7)
	<i>X. campestris pv. campestris</i> 472	0,65	
	<i>X. campestris pv. arracaciae</i> 1198	1,15	
	<i>X. campestris pv. malvacearum</i> 1779	3,45	
Soro de mandioca	<i>X. campestris mangiferae indiciae</i> 2103	13,83	Brandão; Esperidião; Druzian, 2010 ^(3;7)
	<i>X. campestris manihotis</i> 1182	11,72	
	<i>X. campestris campestris</i> 1866	6,79	
Resíduo do suco de maçã	<i>X. campestris manihotis</i> 280	45,00	Druzian; Pagliarini, 2007 ^(5;9)
Casca de coco	<i>X. campestris pv. manihotis</i> 1182	4,72	Gomes, 2008 ^(3;7)
	<i>X. campestris campestris</i> 1866	5,35	
	<i>X. campestris pv.campestris</i> 2149	5,16	
	<i>X. campestris mangiferae indiciae</i> 2103	6,70	
Glicerina do biodiesel	<i>X. campestris mangiferae indiciae</i> 2103	7,23	Brandão; Espiridião; Druzian, 2009 ^(3;7)
Glicerina do biodiesel	<i>X. sp C1</i>	0,15	Reis <i>et al</i> , 2010 ^(6;10)
	<i>X. sp C9</i>	0,18	

(1) Todas as cepas são provenientes da Coleção de Culturas do Instituto Biológico em Campinas-SP, com exceção da cepa C1 e C9 que foi oriunda da Coleção de Fitobactéria da Federal Rural Universidade de Pernambuco. Suplementação do meio fermentativo composto de sacarose (g.L⁻¹): (2) 1MgSO₄.7H₂O; 20 K₂HPO₄ (3) 0,1 uréia; 1 K₂HPO₄(4) 1MgSO₄.7H₂O; 20 K₂HPO₄ (5) 0,5 uréia, 5 KH₂PO₄ (5) 2,5 NH₄H₂PO₄; 5 K₂HPO₄; 0,006 H₃BO₃; 2 (NH₄)₂SO₄; 0,0024 FeCl₃; 0,002 CaCl₂.2H₂O; 0,002 ZnSO₄. Condições de produção: (6) agitador orbital a 28°C, 180rpm, por 72 h; (7) agitador orbital a 28°C, 250 rpm, por 120 h; (8) biofermentador a 28°C, a 390 rpm, 1,5 vvm, por 72h; (9) agitador orbital a 28°C, 150rpm, por 96h; (10) agitador orbital a 28 °C, a 180 rpm por 96h.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 2, a produção de goma xantana, utilizando como substrato fermentativo resíduos agroindústrias, variou de 0,15 g.L⁻¹ a 45 g.L⁻¹ com uma média de produção de 12,8 g.L⁻¹.

A menor produção foi obtida no estudo realizado por REIS *et al* (2010), com produção realizadas em agitador orbital com 180 rpm sob a 28 °C de temperatura, obtendo uma produção de 0,157 g.L⁻¹ para a cepa *Xanthomonas sp* C1 e 0,186 g.L⁻¹ para a cepa *Xanthomonas sp* C9. Demonstrando que o glicerol como única fonte de carbono não é um material adequado para goma xantana nas condições de produção e com as cepas citadas por este artigo.

O melhor resultado obtido foi com o estudo realizado por Druzian e Pagliarini (2007) que utilizou como fonte de carbono para produção de goma xantana o resíduo do suco de maçã Fuji. Demonstrando que o resíduo de maçã pode ser usado com um substrato para produção de goma xantana, pois apresenta rendimento de goma muito superior ao obtido com sacarose. O resíduo do suco de maçã contém grande quantidade de compostos como pectina e outros, não havendo necessidade de grandes complementações nutricionais para o adequado crescimento microbiano.

Resultados favoráveis também foram obtidos utilizando resíduos da indústria de laticínios. O melhor resultado (36 g.L⁻¹) utilizando o substrato soro de leite foi obtido por Mesomo *et al* (2009) e foi verificado que o soro de leite apresentou rendimento de goma superior ao obtido com sacarose como fonte de carbono. Levando em consideração que aproximadamente 55% dos nutrientes do leite permanecem no soro, como proteínas solúveis, lactose, vitaminas e sais minerais, tornando este resíduo muito atrativo, além de economicamente viável, para processos fermentativos (NITSCHKE *et al*, 2001).

Aplicações da goma xantana

A goma xantana é usada como agente de controle reológico em sistemas aquosos e estabilizantes em emulsões e suspensões. As soluções de goma xantana mostram um comportamento pseudoplástico, ou seja, a viscosidade diminui com o aumento da deformação do fluido, característica muito desejada em diversas situações (KALOGIANNIS *et al*, 2003; ROSALAM; ENGLAND, 2006). Polissacarídeos que possuem comportamento pseudoplástico provocam menos sensação de gomosidade na boca do que aqueles com comportamento newtoniano (é aquele em que a viscosidade se mantém inalterada com o aumento da taxa de deformação) (NAVARRO, 1997).

A goma xantana, comparativamente a outros polímeros, é resistente à degradação pelo calor, mantendo-se a elevadas temperaturas por prolongados períodos de tempo, sem nenhuma grande alteração de viscosidade (BORGES *et al*, 2009). Sendo estáveis frente a uma ampla faixa de concentração de sais (superiores a 150g/L de NaCl), temperaturas (superiores a 90°C) e pH (faixa de 2 a 11) (ROSALAM; ENGLAND, 2006). Devido a essas propriedades é largamente utilizada em uma ampla gama de indústrias, tais como de alimentos, farmacêutica, cosméticas, de higiene, petrolífera, agropecuária entre outras.

Usos na Indústria Alimentícia

Na indústria alimentícia os biopolímeros encontram um vasto campo de aplicação, sendo neste setor a sua maior utilização, principalmente pela sua ampla gama de compatibilidade com

muitos ingredientes alimentares, não alimentares e aditivos (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Os aspectos toxicológicos e a segurança da goma xantana para uso alimentício têm sido extensivamente estudados. A xantana é atóxica, não provoca sensibilização e nem irritação na pele e nos olhos. Por estas razões, em 1969 foi aprovada nos Estados Unidos pelo Food and Drug Administration (FDA) para uso como aditivo alimentar sem especificar a limitação da quantidade (KENNEDY; BRADSHAW, 1984). Em 1980, a Comunidade Econômica Européia incluiu seu uso como emulsificante/estabilizante em alimentos (MORRIS, 1984). No Brasil, a adição de xantana em alimentos foi permitida desde 1965, pelo Decreto de Lei nº 55.871, da Legislação Brasileira de Alimentos (BRASIL, 1961), revisada pela Resolução CNS/MS nº 04 de 24 de novembro de 1988 (BRASIL, 1988).

Na indústria alimentícia, as gomas são usadas em concentrações baixas, que variam de 0,5 a 5%, e usualmente não contribuem para o aroma, paladar ou valor nutricional do produto (ROSALAM; ENGLAND, 2006). No entanto, exercem um papel importante no controle da textura, palatabilidade e na estabilização de muitos alimentos industrializados, elas previnem ou retardam uma série de fenômenos físicos como a sedimentação de partículas sólidas suspensas no meio, a cristalização da água ou do açúcar, a agregação ou desagregação de partículas dispersas colaborando para uma maior aceitação do produto pelo consumidor (FREITAS *et al.*; 1996; PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Em produtos congelados, a goma xantana age como crioprotetor, concedendo excelente estabilidade e melhorando a retenção de água durante os ciclos de congelamento e descongelamento reduzindo a formação de cristais de gelo, evitando a comum sinérese (KATZBAUER, 1998). Além disso, esse ingrediente evitaria uma possível recristalização do gelo, sedimentação gravitacional e desagregação mecânica, quando o produto é submetido a oscilações de temperaturas durante estocagem e transporte (MARCOTTE *et al.*, 2001).

A goma xantana tem sido utilizada como estabilizante em merengues, doces e sorvetes, encorpa e previne aderência em géis de frutas (PRADELLA, 2006) e produtos à base de frutas (MIQUELIM *et al.*, 2011), confere boa consistência em xaropes ou coberturas de chocolate; dá corpo a bebidas, além de estabilizar e suspender polpas de frutas em bebidas por um longo período. A adição de goma xantana aumenta a estabilidade de bombons com recheios a base de fruta (MIQUELIN, 2011).

A goma xantana destaca-se por sua boa solubilidade tanto em água fria como em água quente, elevada viscosidade e resistência a valores baixos de pH (OLIVEIRA *et al.*, 2010) fato importante para aplicações em alimentos ácidos como molhos para salada (FONSECA *et al.*, 2009), inclusive na elaboração de molhos para saladas isento de gorduras (GOMES *et al.*, 2008). Devido a sua excelente solubilidade tem um ótimo desempenho como estabilizante e pode ser utilizada nos mais diversos produtos instantâneos como sopas e molhos, sobremesas, bebidas e coberturas proporcionando uma viscosidade uniforme (BECKER *et al.*, 1998).

Suas propriedades reológicas somadas a sua estabilidade frente a soluções ácidas e com altas concentrações de sais aumentam a vida de prateleira em emulsões água-óleo e em produtos como molhos de tomate para pizza e macarrão, mantendo o molho na superfície e inibindo a absorção pela massa (MAUGERI, 2001).

Devido também a sua alta estabilidade térmica, a goma xantana é amplamente utilizada como estabilizante e emulsificante de alimentos enlatados de frango, atum, presunto e batata formulados com molhos que foram processados a quente (BECKER *et al.*, 1998; GARCIA-OCHOA *et al.*, 2000).

A goma xantana é bastante utilizada como estabilizante para alimentos por apresentar compatibilidade com a maioria dos colóides, incluindo o amido (ACHAYUTHAKAN; SUPHANTHARIKA, 2008; WEBER *et al*, 2008). A adição de goma xantana ao recheio de tortas e pudins congelados a base de amido pode melhorar as propriedades estabilizantes prevenindo a sinérese e retrogradação (PONGSAWATMANIT; SRIJUNTHONGSIRI, 2008).

No setor de panificação, a goma é utilizada para aumentar a absorção de água durante o assamento e estocagem dos pães melhorando a massa e a textura final, estendendo a vida de prateleira (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009). A xantana é compatível com proteínas, lipídios e outros polissacarídeos como o amido e a pectina (WEBER *et al*, 2008), podendo ser utilizada em produtos de baixa caloria *light*, pois age como agente de retenção de água, melhorando a textura e na redução do teor de gordura de pelo menos 50% (ZAMBRANO, 2005). Recentemente, segundo estudo realizado por Preichardt, *et al* (2009; 2011) a goma xantana pode ser utilizada para a elaboração de bolos sem glúten destinados aos celíacos.

Na indústria de laticínios, a goma xantana tem diversas aplicações. Em combinação com a goma carragena ou outro hidrocolóide, é utilizada para estabilizar milk-shakes, iogurtes e sobremesas lácteas. Suas propriedades pseudoplásticas facilitam a produção de queijos cremosos e junto com galactomananas e utilizada em sobremesas cremosas prevenindo a sinérese, inclusive na formulação de alimentos isentos ou com baixo teor de gordura (PINHEIRO; PENNA, 2004).

A propriedade de pseudoplasticidade de suas soluções facilita o bombeamento, o envase e a retirada do produto da embalagem para uso, e devido à alta viscosidade aparente dentro das embalagens garante a estabilidade dos produtos final (GARCIA-OCHOA *et al*, 2000; PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Usos na Indústria Farmacêutica, de higiene e de Cosméticos

A goma xantana também possui importante aplicação em produtos farmacêuticos, produtos de higiene e cosméticos. Na indústria farmacêutica é utilizada em xaropes, cremes, emulsões ou suspensões impedindo a separação de ingredientes não solúveis. Em comprimidos e pastilhas é utilizada para prolongar o tempo de contato do composto ativo, podendo ser usado 3% de goma xantana (GARCIA-OCHOA *et al*, 2000; PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Em cosméticos, a maior utilização da goma xantana é em cremes e géis, proporcionando suavidade e maciez devido a sua pseudoplasticidade. No setor de higiene a principal aplicação é em cremes dentais e xampus, fornecendo uniformidade a pastas de dente, tornando seu aspecto mais liso e uniforme facilitando sua saída do tubo (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002; KATZBAUER, 1998). Em xampus é utilizada para ajustar a viscosidade e a propriedade de escoamento, e como agente suspensor quando há a presença de substâncias insolúveis como pigmentos ou outros componentes ativos (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Aplicações na indústria petrolífera

Na indústria petrolífera a goma xantana é o polímero mais utilizado, não tendo até o momento nenhum substituto em escala comercial que supere suas qualidades. Devido sua alta viscosidade em baixas concentrações, comportamento altamente pseudoplástico e estabilidade da viscosidade à salinidade, temperatura e condições alcalinas (COTTRELL; KANG, 1978). Passou a ser aplicada em grande escala na exploração de petróleo, principalmente em métodos especiais de recuperação de petróleo, mas também como fluido de perfuração de poços (BORGES *et al*, 2009).

A associação de cadeias na xantana forma uma rede tridimensional que faz dela um eficiente viscosificante, agente suspensivo e estabilizador de emulsões (BECKER *et al*, 1998; KATZBAUER, 1998), sendo extensivamente utilizada em fluidos de perfuração de poços de petróleo. Uma importante e particular aplicação da goma xantana, é o uso na recuperação melhorada de petróleo por não ser sujeita à degradação de cisalhamento, ter excelente compatibilidade com sais e ser resistente a degradação à temperatura (ROSALAM; ENGLAND, 2006; BORGES *et al*, 2009).

Aplicações na agropecuária

Na agricultura a goma xantana é utilizada como estabilizante em pulverizadores fungicidas, herbicidas, pesticidas e fertilizantes, controlando o tamanho das gotículas. Também melhora aderência entre o componente ativo e a planta, aumentando o tempo de contato entre eles (KENNEDY; BRADSHAW, 1984; BECKER *et al*, 1998; PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009). É utilizada também como adjuvante em vacina contra herpes suína (ROOS, 2009).

A goma possui ainda aplicações na nutrição animal para estabilizar suspensões de leite em pó, utilizadas para substituir o leite materno durante a desmama em filhotes de diversos animais como bovinos e suínos, ajudando essas suspensões a estabilizar a emulsificação de substâncias insolúveis (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011; LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A goma xantana é um polissacarídeo que desperta grande interesse industrial, principalmente para as indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e petroquímica, contudo, em função dos elevados custos de produção e do substrato, grande parte da goma xantana utilizada no país é importada. Os processos biotecnológicos para a produção de goma xantana provenientes de resíduos agroindustriais se apresenta como uma opção importante para a redução dos custos de produção e agregando valor a estes resíduos. Portanto, o aproveitamento de resíduos de um processo como um insumo, para outro processo produtivo, evita a utilização recursos cada vez mais escassos, como os alimentos, reduz os custos sociais/ambientais e melhora os resultados em termos de eficiência econômica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

ACHAYUTHAKAN, P.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by guar gum and xanthan gum. **Carbohydrate Polymers**. n 71, p. 9 - 17, 2008

ALICE. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior**, 2010

BECKER, A.; KATZEN, F.; PÜHLER, A.; IELPI, L. Xanthan gum biosynthesis and application: a biochemical/genetic perspective. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 50, p. 145-152, 1998.

BORGES, C. D.; VENDRUSCOLO, C. T.; MARTINS, A. L.; LOMBA, R. F. T. Comportamento Reológico de Xantana Produzida por *Xanthomonas arboricola pv pruni* para Aplicação em Fluido de Perfuração de Poços de Petróleo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 160-165, 2009

BORN, K.; LANGENDORFF, V.; BOULENGUER, P. Xanthan. In: STEINBÜCHEL, A.; VANDAMME, E. J.; DE BAETS, S. **Biopolymers**. v. 5. Weinheim: Wiley-VCH. p. 259-291, 2002

BRANDÃO, L. V. ; NERY, T. B. R. ; DRUZIAN, J. I. **Produção de polissacarídeo tipo goma xantana por *Xanthomonas* em meio fermentativo com glicerol ou glicerina**. BR n. PI 0705950-7, 19 jul. 2007, 10 de mar. 2009.

BRANDÃO, L. V.; ESPERIDIÃO, M. C. A.; DRUZIAN, J. I. Utilização do soro de mandioca como substrato fermentativo para a biosíntese de goma xantana: viscosidade aparente e produção. **Polímeros** (São Carlos. Impresso), v. 20, p. 175-180, 2010.

BRANDÃO, L. V.; NERY, T. B. R.; MACHADO, B. A. S.; ESPERIDIÃO, M. C. A.; DRUZIAN, J. I. Produção de goma xantana obtida a partir do caldo de cana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(Supl.): p. 217-222, 2008.

BRASIL. Decreto nº 50040, de 24 de janeiro de 1961. Dispõe sobre Normas Técnicas Especiais Reguladoras do Emprego de Aditivos Químicos a Alimentos. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de janeiro de 1961.

BRASIL. Resolução CNS/MS N.º 04, de 24 de novembro de 1988. Aprova a revisão das Tabelas I, III, IV e V referente a Aditivos Intencionais, bem como os Anexos I, II, III e VII, todas do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1995. D.O.U. – Diário Oficial da União, de 19 de dezembro de 1988.

CANUTO, A. P. **Desenvolvimento de bioprocessos para produção de goma xantana por fermentação no estado sólido a partir de resíduos e subprodutos agroindustriais**. 2006 (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos da Universidade Federal do Paraná. 2006.

CASAS, J. A.; SANTOS, V. E.; GARCIA-OCHOA, F. Xanthan gum production under several operational conditions: molecular structure and rheological properties. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 26, p. 282-291, 2000.

CHI, Z.; ZHAO, S. Optimization of medium and cultivation conditions for pullulan production by a new pullulan-producing yeast strain. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 33, p. 206-211, 2003.

COTTRELL, I. W.; KANG, K. S. Xanthan gum, a unique bacterial polysaccharide for food application. **Developments in Industrial Microbiology**. v. 19. p. 117-131, 1978.

DINIZ, D. M.; DRUZIAN, J. I.; AUDIBERT, S. Produção de goma xantana por cepas nativas de *Xanthomonas campestris* a partir de casca de cacau ou soro de leite. **Polímeros** (São Carlos. Impresso), v. 1, 2012.

DRUZIAN, J. I.; PAGLIARINI, A. P. Produção de goma xantana por fermentação do resíduo de suco de maçã. Xanthan gum production by fermentation from residue of apple juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 26-31, jan.-mar. 2007

FARIA, S.; PETKOWICZ, C. L. O.; MORAIS, S. A. L.; TERRONES, M. G. H.; RESENDE, M. M.; FRANCA, F. P.; CARDOSO, V. L. Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. **Carbohydrate Polymers**. v. 86, p. 469– 476, 2011

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, suppl., p. 56-65, 2008.

FERREIRA, C. B. **Caracterização fenotípica e funcional de mutantes da bactéria fitopatogênica *Xanthomonas citri* subsp. *citri***. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal. Aboticabal - São Paulo, 2009

FONSECA, V. C.; HAMINIUK, C. W. I.; IZYDORO, D. R.; WASZCZYNSKYJ, N. SCHEER, A. P. SIERAKOWSKI, M. R. Stability and rheological behaviour of salad dressing obtained with whey and different combinations of stabilizers. **International Journal of Food Science and Technology**. n. 44, p.777–783, 2009.

FORNARI, R. C. G. **Aproveitamento de soro de queijo para produção de goma xantana**. 2006. 80 f. Dissertação (mestrado) – Departamento de Ciências Agrárias. Uri - Campus Erechim, 2006.

FREITAS, F.; ALVES, V. D.; REIS, M.A.M. Advances in bacterial exopolysaccharides: from production to biotechnological applications. **Trends in Biotechnology**. v. 29, n. 8. p. 388-398, 2011.

FREITAS, L. C.; MONTE, A. D. M. O.; CAVALCANTE, T. A. Mercado de hidrocolóides no Brasil. **Revista de Química Industrial**, v.64, p.708-709, 1996.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology Advances**, v. 18, p. 549-579, 2000.

GOMES, G. V. P. **Otimização da conversão de biomassa de levedura e casca de coco a goma xantana usando metodologia de superfície de resposta**. 2008. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2008.

GOMES, J. C.; GOMES, E. D.; MINIM, V. P. R.; ANDRADE, N. J. Substituto de gordura à base de proteína. **Revista Ceres**. n. 55, v. 6, p. 543-550, 2008

HAMCERENCU, M.; DESBRIERES, J.; POPA, M.; KHOUKH, A.; RIESS, G. New unsaturated derivatives of xanthan gum: Synthesis and characterization. **Polymer**, n. 48, p. 1921–1929, 2007.

KALOGIANNIS, S.; IAKOVIDOU, G.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; KYRIAKIDIS, D. A.; SKARACIS, G. N. Optimization of xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* grow in molasses. **Process Biochemistry**. v. 39, p. 249-256. 2003.

KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, p. 81-84, 1998.

KENNEDY, J. F.; BRADSHAW, I. J. Production, properties and applications of xanthan. **Prog Ind Microbiol**, n. 19. p. 319–371, 1984.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos tecnológicos**. v. 5, n. 1 p. 50-67, 2009

MARCOTTE, M. HOSHAHILI, A. R. T.; RAMASWAMY, H. S. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. **Food Research International**. v. 34, p.695-703, 2001

MAUGERI, F. Produção de Polissacarídeos. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, v. 3, p.125-150, 2001.

MESOMO, M. C.; SILVA, M.F; BONI, G. ; PADILHA, F.F; MAZUTTI, M.; MOSSI, A.; OLIVEIRA, D. ; CANSIAN, R. L; LUCCIO, M. D.; TREICHEL, H. Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* from cheese whey: production optimisation and rheological characterization. **Journal of the science of food and agriculture**, n. 89, p. 2440–2445, 2009.

MIQUELIM, J. N.; ALCÂNTARA, M. R.; LANNES, S. C. S. . Stability of fruit bases and chocolate fillings. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, p. 270-276, 2011.

MORRIS, E. R. Rheology of hydrocolloids. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J.; WILLIAMS, P. A. Ed. **Gums and stabilisers for the food industry**. Oxford: Pergamon Press, p. 57-78, 1984

NAVARRO, F. N. **Fundamentos de Reologia de Polímeros**. EDUCS: Caxias do sul, 1997

NERY, T. B.; BRANDÃO, L. V.; ESPERIDIÃO, M. C. A.; DRUZIAN, J. I. Biossíntese de goma xantana a partir da fermentação de soro de leite: rendimento e viscosidade. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1937-1941, 2008.

NITSCHKE, M.; RODRIGUES, V.; SCHINATTO, L. F. Formulação de meios de cultivo à base de soro de leite para a produção de goma xantana por *X. campestris* C7L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 82-85, 2001.

OLIVEIRA, N. M.; DOURADO, F. G.; PERES, A. M.; SILVA, M.V.; MAIA, J. M.; TEXEIRA, J. A.; Effect of aguar gum on the physicochemical thermal rheological and textural properties of Green edam cheese. **Food and Bioprocess Technology**. 2010.

PADILHA, F. F. **Produção de biopolímeros por microrganismos modificados geneticamente**. Tese (Doutorado). 2003. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2003. 210 p.

PALANIRAJ, A.; JAYARAMAN, V. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. **Journal of Food Engineering**. v.106 p. 1–12. 2011.

PELIZER, H. L; PONTIERI H. M; MORAES O. I. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**. v. 2, 2007.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004

PONGSAWATMANIT, R; SRIJUNTHONGSIRI, S. Influence of xanthan gum on rheological properties and freeze–thaw stability of tapioca starch. **Journal of Food Engineering**. n. 88, p. 137–143, 2008.

PRADELLA, J. G. C. Biopolímeros e Intermediários Químicos. **Relatório técnico n. 84396-205**. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos. Laboratório de Biotecnologia Industrial – LBI/CTPP. São Paulo. 2006.

PREICHARDT, L. D.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; MOREIRA, A. S. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia agroindustrial**. v. 03, p. 70-76, 2009.

PREICHARDT, L. D.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; MOREIRA, A. S. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. **International Journal of Food Science & Technology**. v. 46, p. 2591-2597, 2011

REIS, E. C. A.; ALMEIDA, M.; CARDOSO, J. C.; PEREIRA, M. A.; OLIVEIRA, C. B. Z.; VENCESLAU, E.; DRUZIAN, J. I.; MARIANO, R. L. R.; PADILHA, F. F.. Biopolymer synthesized by strains of *Xanthomonas* sp isolate from Brazil using biodiesel-waste. **Macromolecular Symposia**. v. 296, p. 347-356, 2010

ROSALAM, S.; ENGLAND, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 39, n. 2, p. 197-207, 2006.

ROTTAVA, I.; BATESINI, G.; SILVA, M. F.; LERIN, L.; OLIVEIRA, D. PADILHA, F. F.; TONIAZZO, G.; MOSSI, A.; CANSIAN, R. L.; DI LUCCIO, Marco, TREICHEL, Helen. Xanthan gum production and rheological behavior using different strains of *Xanthomonas* sp. **Carbohydrate Polymers**. v. 77, p. 65–71, 2009.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SALAH, R. B.; CHAARI, K.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Production of xanthan gum from *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 by fermentation of date juice palm by-products (*Phoenix dactylifera* L.). **Journal of Food Process Engineering**. v.34, p. 457–474, 2011.

SILVA, M. F.; FORNARI, R. C. G.; MAZUTTI, M. A.; OLIVEIRA, D.; PADILHA, F. F.; CICHOSKI, A. J.; CANSIAN, R. L.; DILUCCIO, M.; TREICHEL, H. Production and characterization of xanthan gum by *Xanthomonas campestris* using cheese whey as sole carbon source. **Journal of Food Engineering**. v. 90, p. 119-123, 2009.

SOUW, P.; DEMAİN, A. L.; Nutricional studies on xanthan production by *X. campestris* NRRL B-1459. **Applied and Environmental Microbiology**. Washington, v. 37, n. 6, p. 1186-1192, 1979.

SOUZA, A. S.; VENDRUSCULO, C. T. Produção e caracterização dos biopolímeros sintetizados por *X. campestris* pv *pruni* CEPAS 24 e 28. **Ciência e Engenharia**. v. 8, n. 2, p. 115-123, 1999

SUTHERLAND, I.W. Novel and established applications of microbial polysaccharides. **Yibtech**. n. 16, p.41-46, 1998.

SUTHERLAND, I. W.; KENNEDY, L. Polysaccharide lyases from gellan-producing *Sphingomonas spp.* **Microbiology**. n.142, p. 867-872, 1996.

THEODORO, G. F.; MARINGONI, A. C. Sobrevivência de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* em maniveira sob condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 7, 2002.

WEBER, F. H.; QUEIROZ-COLLARES, F. P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, p. 413-417, 2008.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R. C. C.; MONTENEGRO, F. M.; RAUEN-MIGUEL, A. M. Efeito das Gomas Guar e Xantana em Bolos como Substitutos de Gordura. **Brazilian Journal of Food Technology** v.8, n.1, p. 63-71, jan./mar., 2005