

# Produção de goma xantana por fermentação do resíduo de suco de maçã

## *Xanthan gum production by fermentation from residue of apple juice*

Janice Izabel DRUZIAN<sup>1,2\*</sup>, Ana Paula PAGLIARINI<sup>1</sup>

### Resumo

Goma xantana é um heteropolissacarídeo hidrossolúvel, produzida industrialmente por fermentação da sacarose por *Xanthomonas campestris*. Suas excelentes propriedades reológicas contribuem para o grande número de aplicações na indústria de alimentos e recuperação terciária de petróleo. Economicamente a utilização petroquímica não é ainda viável em função do custo da sacarose, o que torna interessante estudar fontes de carbonos alternativas, como é o caso do resíduo do suco de maçã. As cepas de *Xanthomonas campestris pv maniothis* foram mantidas em agar YM a 4 °C, e o inóculo foi incubado em meio YM. A produção de goma foi realizada nos meios fermentativos I e II, com sacarose como fonte de carbono padrão, e como fonte alternativa o resíduo de maçã fuji. A fermentação em Incubadora/28 °C/150 rpm produziu goma precipitada em álcool. A condição otimizada de 45 g.L<sup>-1</sup> de meio II (0,05% uréia, 0,5% de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e 70% de resíduo) representou um rendimento 10 vezes maior do que o obtido com sacarose. Por CG-EM obteve-se 44,53% de manose, 34,76% de glicose e 20,71% de ácido glucurônico para a composição desta goma. O uso de resíduo de maçã para produção de goma xantana é viável porque pode ser usado com um substrato suplementar e apresentar rendimento de goma muito superior ao obtido com sacarose.

**Palavras-chave:** produção; xantana; fonte alternativa de carbono; *Xanthomonas campestris*.

### Abstract

Xanthan gum is heteropolysaccharide aqueous soluble produced industrially for fermentation with sucrose by *Xanthomonas campestris*. Excellent gum rheological properties contribute to the use in a wide range of applications in the food industry and tertiary recovery of oil. Commercially, the use of petrochemical is no longer viable in the cost of sucrose, which makes it interesting to evaluate alternative carbon sources such as the residue from apple juice processing. The *Xanthomonas campestris pv maniothis* was maintained at 4 °C on YM agar slants and innocuous in a medium of YM. Gum production was carried out in fermentations of two mediums (I and II), with sucrose as a carbon source in standard, and apple juice residue as an alternative source. The incubation in Shaker/28 °C/150 rpm produced gum precipitated in alcohol. The conditions to produce the gum were optimized and with 70% of residue in a medium II (0.05% urea and 0.5% of KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) produced 45 g.L<sup>-1</sup>, yield 10 times bigger than the one obtained with sucrose. Using GC-MS, mannose 44.53%, glucose 34.76% and glucuronic acid 20.71% for gum composition were obtained. The apple residue used to produce xanthan gum is viable and it can be used as a supplementary substrate and to present a higher yield gum than that obtained with sucrose.

**Keywords:** production; xanthan; alternative source carbon; *Xanthomonas campestris*.

## 1 Introdução

Um alto potencial de aplicação nos mais diversos segmentos industriais tem surgido para biopolímeros, destacando-se a indústria alimentícia e petroquímica. As vantagens dos biopolímeros microbianos sobre os obtidos de forma tradicional estão ligadas às propriedades físico-químicas reprodutíveis, custo e suprimentos estáveis. A pesquisa visando à aplicação industrial está concentrada nos polissacarídeos extracelulares, que tem processos de extração e purificação mais simples e maior produtividade<sup>14,16</sup>.

A potencialidade do uso de biopolímeros microbianos na indústria de alimentos moderna é um consenso na literatura<sup>13,15-17</sup>. Devido, às propriedades funcionais versáteis, os biopolímeros podem se tornar produtos de grande interesse na criação de novas texturas e, conseqüentemente, na geração de novos produtos.

Apesar das amplas possibilidades do uso de polímeros microbianos em alimentos, o mercado mais importante de consumo são as indústrias de petróleo, mineração, têxtil, termoquímica, tintas, papel, cosméticos, farmacêutica e de produtos agropecuários nas quais, além de serem utilizados como formadores de gel, espessantes e agentes de suspensão, são utilizados também por suas propriedades floculantes, adesivas, formadoras de filme, lubrificantes e redutoras de fricção<sup>13,14,16,17</sup>.

A obtenção de biopolímeros microbianos destinados para alimentação humana é uma tarefa mais complexa do que para a utilização em outros produtos, uma vez que devem ser considerados seguros para o consumo e atender aos requisitos das legislações de alimentos em vigor. Apesar do grande número de pesquisas realizadas há mais de três décadas, até agora apenas três polissacarídeos estão aprovados para uso alimentar nos EUA: xantana produzida por *Xanthomonas campestris*, gelana por *Sphingomonas* e dextrana por *Leuconostoc*<sup>14,17</sup>.

A goma xantana tem um alto peso molecular, normalmente composta de um heptasacarídeo constituído de glicose, manose e ácido glucurônico, na relação de 2:2:1.

As bactérias do gênero *Xanthomonas* são fáceis de serem cultivadas em laboratório, pois são aeróbicas e também microaerofílicas, com temperatura ótima de crescimento entre 25-30 °C. São caracterizadas como de rápido crescimento,

Recebido para publicação em 26/8/2005

Aceito para publicação em 24/1/2007 (001601)

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agroambientais e de Alimentos,  
Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC,  
Rua Paese, 198, Bairro das Torres, CP 178, CEP 89560-000,  
Videira - SC, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Análises Bromatológicas, Faculdade de Farmácia,  
Universidade Federal da Bahia – UFBA,  
Av. Barão de Jeremoabo, s/n, CEP 40171-970, Ondina, Salvador - BA, Brasil,  
E-mail: druzian@ufba.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada

produzindo turbidez em meio líquido com 2-3 dias de fermentação.

As condições osmóticas e a composição do meio de cultivo influenciam a síntese dos produtos oligomérico e polimérico, relacionados aos diferentes caminhos biosintéticos. Os exopolissacarídeos que *Xanthomonas* produzem podem ser obtidos por fermentação em diferentes meios de cultivo e substratos, com os mais variados rendimentos em relação ao volume e composição de meio utilizado<sup>3,15,19</sup>.

O Brasil produz uma grande quantidade de substratos, mas que na realidade ainda são resíduos descartados pelas agroindústrias, tornando-se agentes poluidores do meio ambiente ou utilizados em pequena escala para a alimentação de animais.

A produção anual de maçã no Brasil tem-se mantido em torno de 1 milhão de toneladas/ano, gerando 20-35% de resíduos o que corresponde a 3,5 milhões de toneladas<sup>11</sup>. O desenvolvimento de um processo adequado e economicamente viável para obtenção de novos produtos a partir destes resíduos, pode permitir ao setor frutícola diversificar a produção e aumentar a receita.

Muitos trabalhos têm usado resíduos como fontes de carbono alternativas para produção de goma xantana, como por exemplo, mandioca, soro de leite, castanha e beterraba<sup>4,8-10,12,15,19,20</sup>. 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 desenvolvimento microbiano.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer condições de produção de goma xantana por meio da fermentação aeróbia de *Xanthomonas campestris pv maniothis*, usando resíduo descartado pela indústria de suco de maçã como substrato. Buscou-se definir as condições ótimas de produção de goma xantana a partir da bioconversão do resíduo, assim como, caracterizar a pureza e composição da goma xantana obtida com a fonte de carbono alternativa.

## 2 Material e métodos

A cultura de *Xanthomonas pv maniothis* cepa nº 280 foi mantida em tubo inclinado com YM agar sob refrigeração e repicada periodicamente. As etapas de obtenção de goma foram: repicagem de tubos; inóculo; fermentação e separação da goma<sup>2</sup>.

A quantidade de 25 kg de resíduo resultante do processamento de suco de maçã Fuji foi coletada no processo industrial da Agrícola Fraiburgo S.A. (Fraiburgo-SC). Após moagem, foram acondicionadas em 50 recipientes de 500 g a -18 °C e descongeladas somente no momento do preparo dos meios para fermentação.

### 2.1 Composição do resíduo do suco de maçã utilizado na fermentação

O teor de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e fibra foram determinados segundo metodologia da AOAC<sup>1</sup>.

Para a determinação dos açúcares livres, o resíduo de maçã triturado foi filtrado e a determinação dos teores de açúcares

livres foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção de Índice de Refração (210 nm) (CLAE-IR Shimadzu), usando como padrões glucose, frutose, manose e lactose. Para a análise de açúcares, foi utilizada coluna shimadzu SCR-101P, com água como fase móvel a um fluxo de 1,0 mL/minutos e temperatura de 80 °C<sup>5</sup>. A quantificação foi realizada usando-se o método padrão externo, com cinco níveis de calibração para cada componente pela construção de uma curva ajustada ao método dos mínimos quadrados.

### 2.2 Produção de goma xantana

#### Repicagem das cepas

Os sais (0,024 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,05 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) foram dissolvidos em água destilada (120 mL), em seguida, a adição de manitol (1,2 g), ajuste de pH para 7,0 e agar (2,4 g). Em tubos, o meio foi autoclavado por 121 °C/15 minutos; esfriados inclinados; a repicagem foi realizada com uma alçada (3,0 mm de diâmetro); e mantidos em estufa por 2 dias a 28 °C.

#### Inóculo

Foram transferidos 50 mL do meio YM (*Yeast Manitol*) composto de malte (3,0 g), extrato de levedura (3,0 g), peptona (5,0 g) e glucose (10,0 g) em 1 L de água (pH 7,0) para Erlemeyer de 250 mL, autoclavado (121 °C/15 minutos), esfriado, inoculado (alçada) e incubado a 28 °C/ 150 rpm/2 dias. O crescimento celular foi monitorado até 60 horas de incubação do inóculo por medida da densidade óptica em Espectrofotômetro Perkin Elmer modelo Lambda 20, com cubetas de vidro (620 nm).

#### Produção de goma xantana padrão

Foram transferidos 120 mL do inóculo para Erlemeyer de 3000 mL contendo 1000 mL de meio: (I) 20 g de sacarose; 2,1 g de ácido cítrico; 1,14 g de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 2,86 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,507 g de MgCl<sub>2</sub>; 0,089 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,006 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,006 g de ZnO; 0,0024 g de FeCl<sub>3</sub>. 6H<sub>2</sub>O; 0,020 g de CaCO<sub>3</sub> e o pH ajustado para 7,0<sup>6</sup>; ou meio (II) composto de 0,05% uréia; 0,5% de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; e de 5% sacarose e o pH ajustado para 7,0. A fermentação aeróbica em batelada foi realizada em Incubadora rotatória a 28 °C/150 rpm por diferentes períodos.

#### Produção de goma xantana com resíduo de maçã na fermentação

O inóculo foi fermentado no meio I ou II com diferentes concentrações de resíduo de maçã. A sacarose dos meios I e II foi substituída pelo resíduo em diferentes concentrações para serem usados como fonte de carbono pelas bactérias. Portanto, o restante da composição dos meios foi adicionado ao resíduo e a fermentação foi realizada nas mesmas condições descritas para a obtenção da goma padrão, visando otimizar as condições de produção.

#### Isolamento da goma xantana

A goma foi isolada das células de bactérias de *Xanthomonas* por centrifugação a 10.000 rpm/10 minutos, e do meio de cul-

tura por precipitação com álcool etílico comercial (1:3 v.v<sup>-1</sup>). Depois de separado, o precipitado foi seco a 40 °C e triturado para avaliação do rendimento (g de goma.L<sup>-1</sup> de meio) e da composição química e pureza da goma.

### 2.3 Determinação da composição da goma obtida com resíduo

Foi utilizado um Cromatografo Gasoso com detecção de Espectrometria de Massas (CG-EM 17A/QP-5000/Shimadzu) com uma coluna DB-5 (30 m x 0,25 mm/Hicap-Shimadzu), programada a 190 °C/25 minutos, 40 °C/minutos até 280 °C/10 minutos e 40 °C/minutos até 300 °C/25 minutos. O fluxo de hélio foi de 1,0 mL/minutos, injetor a 240 °C, interface a 260 °C, com 45-550 m/Z e 30 minutos de corrida<sup>5</sup>.

A determinação e/ou monitoração dos açúcares (glicose e manose) e ácido glucurônico da goma, assim como, a presença de ácido galacturônico proveniente da pectina do resíduo de maçã, foi realizada por metanólise seguida de trimetilsilação de acordo com procedimento de HA e THOMAS<sup>7</sup>. Foi dissolvido 1,5 mg do resíduo ou da goma seca em 0,5 mL de HCl metanólico preparado por adição de cloreto de acetila (0,4 mL) em 15 mL de metanol anidro. A metanólise foi realizada a 80 °C por 24 horas. O metanol e HCl foram removidos usando N<sub>2</sub> gasoso à temperatura ambiente. O reagente de silanização foi adicionado (0,5 mL, Sigma Sil 139-1, St. Louis, MO, USA), e aquecido a 80 °C por 2 horas. Os ácidos urônicos e/ou açúcares silanizados foram secos com gás nitrogênio e dissolvidos em 1 mL de hexano. Após centrifugação (1000 x g por 3 minutos) 1 µL do sobrenadante foi analisado por CG-EM.

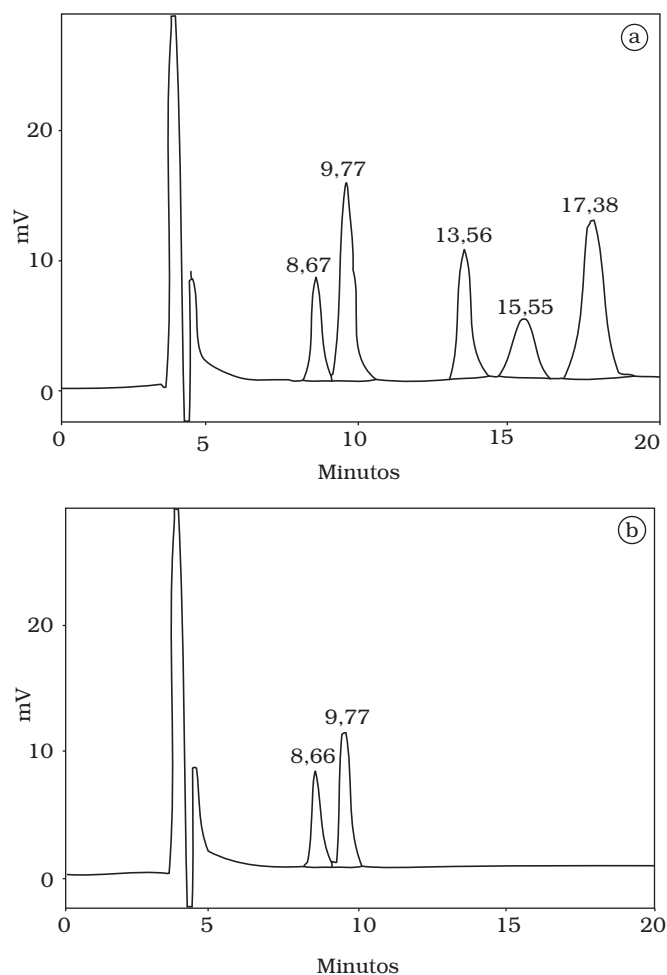
### 3 Resultados e discussão

O resíduo resultante do processamento do suco de maçã Fuji utilizado na etapa de fermentação para ser bioconvertido em goma xantana apresentou 80,29% de umidade, sendo a composição dos 19,71% de matéria seca: 1,79% proteína, 1,29% gordura, 1,94% cinza, e 15,34% de fibra. Grande parte da fibra de maçã é representada pela pectina, polímero de ácido galacturônico que pode ser convertido por *Xanthomonas* a monômeros e então ser utilizado como fonte de carbono na fermentação. Para açúcares livres foi obtido por CLAE-IR, valores de 2,3 a 2,7% de glicose ( $y = 1,53 \cdot 0^8x + 3308,8$ ; R<sub>2</sub> = 0,9992), e 4,5 a 5,3% ( $y = 1,53 \cdot 10^8x + 899,6$ ; R<sub>2</sub> = 0,9999) de frutose (Figura 1). Estes teores foram importantes para iniciar a fermentação e multiplicação celular da bactéria na fermentação.

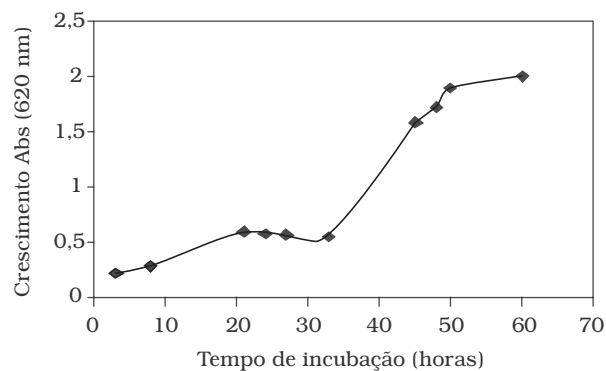
A curva de crescimento da bactéria *Xanthomonas* (Figura 2) em meio I utilizando sacarose como fonte de carbono, mostrou que após 60 horas de incubação o crescimento foi máximo, sendo adotado o período de 40 horas para utilização do inóculo na fermentação.

Os dados de produção expressos em g goma.L<sup>-1</sup> de meio fermentativo nas diferentes condições testadas, foram coletados em intervalos regulares pré-fixados que dependeram do comportamento da fermentação.

A Figura 3 mostra que na fermentação de *Xanthomonas* no meio I, com 2% de sacarose o rendimento de goma variou

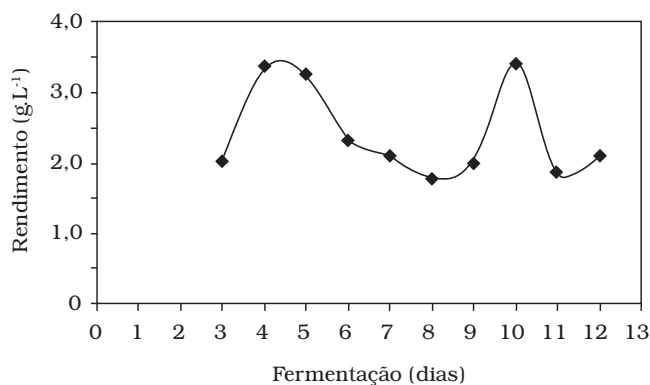


**Figura 1.** Cromatogramas obtidos por CLAE-IR usando coluna CLC-NH<sub>2</sub> para separação da mistura de açúcares, com fase móvel composta de acetonitrila: água (77,5:22,5 v.v<sup>-1</sup>), 1 mL/minutos. a) mistura de padrões (8,67 minutos = frutose, 9,77 minutos = glicose, 13,56 minutos = sacarose; 15,55 minutos = maltose; e 17,37 minutos = lactose), e b) resíduo de maçã fuji.



**Figura 2.** Curva de crescimento (620 nm) do inóculo de *Xanthomonas campestris* com 2% de sacarose em meio I incubado a 28 °C e 150 rpm.

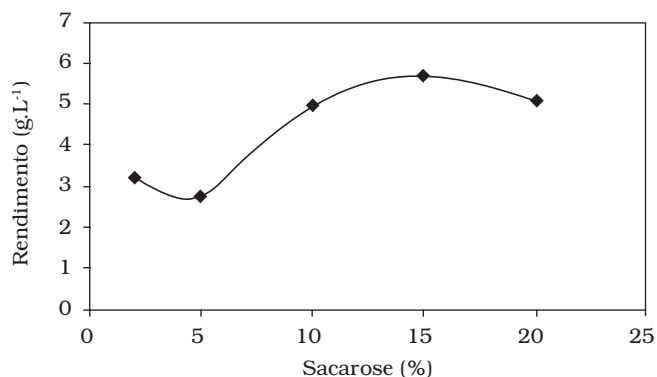
de 2 a 3,5 g.L<sup>-1</sup> entre o terceiro e décimo segundo dias de fermentação. Até o quarto dia a produção aumentou e a sacarose foi bioconvertida a polímero. Entre o quarto e oitavo dias a



**Figura 3.** Rendimento de goma xantana com 2% de sacarose em Meio I, usando 2% de inóculo, e fermentação a 28 °C e 150 rpm.

produção diminuiu, etapa em que a sacarose foi consumida e as depolimerases atuam hidrolisando o próprio polímero para restabelecer a fonte de carbono. A partir do décimo dia a produção de goma aumentou novamente.

Diferentes teores de sacarose na fermentação não interferiram significativamente nos rendimentos da goma, atingindo uma produção máxima de aproximadamente 6 g.L<sup>-1</sup>, quando se utilizou 15% de sacarose no meio I (Figura 4).

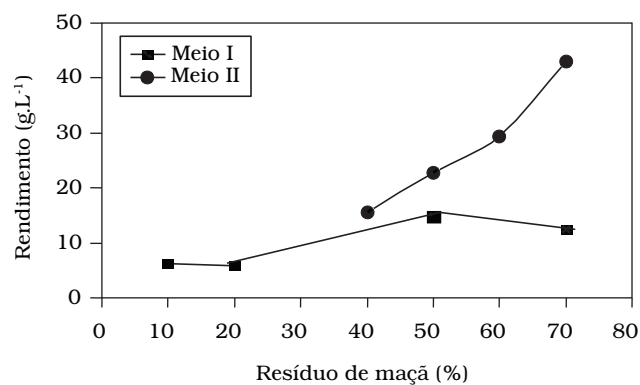


**Figura 4.** Rendimento de goma xantana em meio I com diferentes quantidades de sacarose, 2% de inóculo, fermentação a 28 °C/150 rpm/4 dias.

Comparando-se a substituição da sacarose do meio I por 10 e 20% de resíduo de maçã, obtiveram-se pequenas alterações no rendimento de goma (Figuras 4 e 5).

As condições de produção de goma a partir do resíduo de maçã como fonte de carbono foram otimizadas quando se aumentou a concentração de resíduo, com obtenção máxima (aproximadamente 15 g.L<sup>-1</sup> meio), quando se utilizou a concentração de 50% de resíduo em substituição a sacarose no meio I. Este resultado é 3 vezes maior do que os valores máximos obtidos com 15% de sacarose.

A substituição da sacarose por resíduo de maçã no meio II aumentou substancialmente a produção de goma (Figura 5),



**Figura 5.** Rendimentos de goma xantana nos meios I e II substituindo a sacarose por resíduo de maçã em diferentes concentrações, 20% de inóculo, fermentação a 150 rpm por 4 dias e 28 °C.

atingindo rendimento de 45 g.L<sup>-1</sup> com 70% resíduo, ou seja, quase 10 vezes maior do que os valores obtidos com 15% de sacarose.

Diferentes estudos sobre as necessidades nutricionais para fermentação com *Xanthomonas* têm sido realizados<sup>2,3,6,8-10,12,14,15,20</sup>. Geralmente, a fonte de carbono e fósforo são nutrientes limitantes e baixas concentrações de nitrogênio e altas de carbono conduzem à máxima produção de polímero. O meio I otimizado por GARCIA-OCHOA et al.<sup>6</sup> foi composto de ácido cítrico, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, ZnO, FeCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O e CaCO<sub>3</sub>, enquanto o meio II utilizou uréia e KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Como nos meios I e II foi utilizado resíduo de maçã como fonte de carbono, a diferença nos rendimentos de goma obtidos no meio II pode ser justificada em função da presença da fonte de nitrogênio.

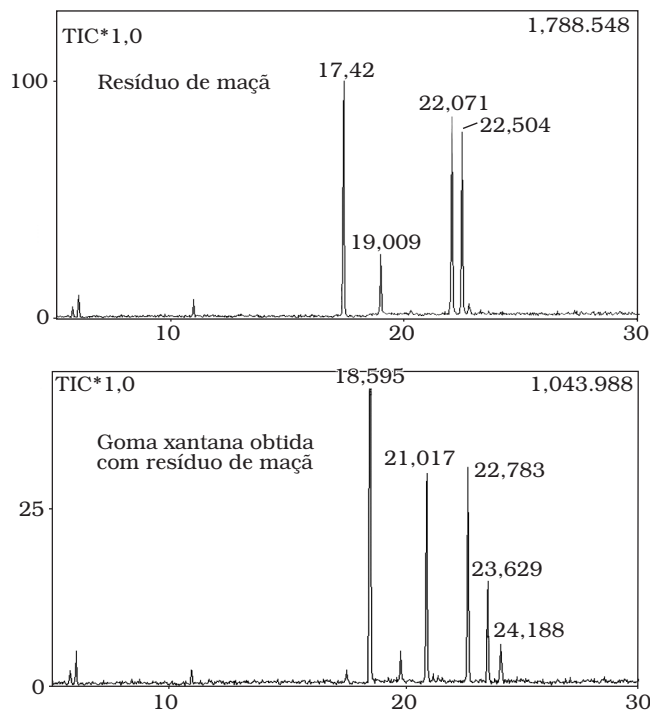
A Figura 6 mostra os cromatogramas CG-EM da composição do resíduo de maçã e da goma xantana obtida por fermentação do resíduo com *Xanthomonas*. Os açúcares e ácidos urônicos que compõem os respectivos polímeros constam na Tabela 1.

A identificação dos constituintes do resíduo de maçã mostrou a presença de ácido galacturônico advindos da pectina, uma vez que o resíduo é praticamente composto de casca.

A análise da composição da goma obtida após fermentação do resíduo de maçã com *Xanthomonas* comprova um polímero composto de 44,53% de manose, 34,76% de glicose e 20,71% de ácido glucurônico (Tabela 1). Ou seja o ácido galacturônico da pectina da maçã presente no meio de fermentação foi totalmente convertido a goma xantana composta de glicose, manose e ácido glucurônico, comprovando a pureza da goma xantana obtida na bioconversão.

Estes resultados estão de acordo com os resultados de outros estudos de composição de goma xantana obtida com glicose. HA e THOMAS<sup>7</sup> obtiveram goma xantana com 28% de manose, 41,45% de glicose e 9,02% de ácido glucurônico, além de 21,07% de compostos não identificados, enquanto WHISTER<sup>18</sup> obteve um polímero com 29,40% de manose, 41,20% de glicose e 29,40% de ácido glucurônico. De acordo





**Figura 6.** Cromatogramas CG-EM dos derivados metilglicosídeos trimetilsilanizados do resíduo de maçã e da goma xantana obtida com resíduo em meio II. Coluna DB-5, 190 °C/25 minutos, 40 °C/minutos até 280 °C/10 minutos, e 40 °C/minutos até 300 °C/25 minutos e Hélio a 1,0 mL/minutos.

**Tabela 1.** Composição do resíduo de maçã e da goma xantana obtida a partir da fermentação do resíduo por *Xanthomonas* no meio II.

Tr (minutos)	Identificação	Casca de maçã (%)	Goma xantana (%)
17,420	ácido $\alpha$ -f galacturônico	40,62	-
18,595	$\alpha$ -p manose	-	42,86
19,009	ácido $\beta$ -f galacturônico	3,78	-
19,965	$\beta$ -p manose	-	1,67
21,017	ácido $\alpha$ -f glucurônico	-	18,58
22,071	ácido $\alpha$ -p galacturônico	28,78	-
22,504	ácido $\beta$ -p galacturônico	26,82	-
22,783	$\alpha$ -p glicose	-	25,15
23,629	$\beta$ -p glicose	-	9,61
24,188	ácido $\alpha$ -p glucurônico	-	2,13

com GARCIA-OCHOA et al.<sup>6</sup> e CASAS et al.<sup>3</sup> a composição do meio de cultura utilizado na fermentação exerce um profundo efeito na síntese do produto oligomérico e polimérico. Portanto, a quantidade de manose, glicose e ácido glucurônico sintetizados e inseridos no exopolissacarídeo pelas enzimas durante fermentação, podem sofrer variações dependendo da composição do substrato e das condições utilizadas na fermentação.

#### 4 Conclusão

A fermentação aeróbica em batelada do resíduo de maçã resultante do processamento do suco, utilizado a 70% junta-

mente com 0,05% de uréia e 0,5% de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  por *Xanthomonas campestris* pv. *maniothis* cepa n° 280 apresentou produção máxima de goma xantana de 45 g.L<sup>-1</sup>, composta de 44,53% de manose, 34,76% de glicose e 20,71% de ácido glucurônico, mostrando que a bioconversão é viável por utilizar um substrato suplementar e por apresentar rendimento de goma até 10 vezes maior do que o obtido com sacarose como fonte de carbono.

#### Referências bibliográficas

1. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16<sup>th</sup> ed., Horwitz, W. (ed.), Gaithersburg, Maryland, USA; 1997.
2. BAIOTTO, L. M. **Estudo dos parâmetros para a produção de inóculos liofilizados de *Xanthomonas campestris* pv *manihotis***. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
3. 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, n. 2, p. 282-291, 2000.
4. CHEN, H.; RUBENTHALER, G. L.; LEUNG, H. K.; BARANOWSKI, J. D. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 304-305, 1988.
5. DRUZIAN, J. I. **Estudo da estrutura de exopolissacarídeos produzidos por duas espécies de *Rhizobium* e uma de *Bradyrhizobium* isolados de solo de cultivar de feijão de corda (*Vigna unguiculata* L.)**. 2000. 179 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
6. GARCIA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; FRITSCH, A. P. Nutritional study of *Xanthomonas campestris* in xanthan gum production by factorial design of experiments. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 14, n. 12, p. 991-996, 1992.
7. HA, Y. W.; THOMAS, R. L. Simultaneous determination of neural sugars and uronic acids in hydrocolloids. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 574-577, 1988.
8. KALOGIANNIS, S.; IAKOVIDOU, G.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; KYRIAKIDIS, D. A.; SKARACIS, G. N. Optimization of xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* grown in molasses. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 2, p. 249-256, 2003.
9. LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; PSOMAS, S. K.; KYRIAKIDIS, D. A. Xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* w.t. fermentation from chestnut extract. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 82, n. 3, p. 175-183, 1999.
10. LETISSE, F.; LINDLEY, N. D.; ROUX, G. Development of a phenomenological modeling approach for prediction of growth and xanthan gum production using *Xanthomonas campestris*. **Biotechnology Progress**, v. 19, n. 3, p. 822-827, 2003.
11. MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Produção, área e rendimento médio: IBGE – Produção Agrícola Municipal (PAM 1990 a 2004) e Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/page/mapa/estatisticas/agricultura\_em\_numeros\_2005/03.01.09\_1.xls>. Acesso em: 20 outubro 2006.

12. SOCCOL, C. R.; PANDEY, A. **Bioconversion of agroindustrial residues for bioprocesses. Cassava industry residues. Concise Encyclopedia of Bioresource Technology**, v. 3, n. 2, p. 443-452, 2004.
13. SCAMPARINI, A. R. P.; VENDRUSCULO, C.; MALDONADE, I.; DRUZIAN, J. I.; MARIUZO, D. In: Nishinari, K. **New biopolymers produced by nitrogen fixing microorganism for use in foods. Hydrocolloids: Part 1. Physical Chemistry Industrial Application of Gels Polysaccharides, and Proteins**. Osaka, Japan: Osaka City University, [S.n.], 2000. p. 169-178.
14. STREDANSKY, M.; CONTI, E.; NAVARINI, L.; BERTOCCHI, C. Production of bacterial exopolysaccharides by solid substrate fermentation. **Process Biochemistry**, v. 34, n. 1, p. 11-16, 1999.
15. STREDANSKY, M.; CONTI, E. Xanthan production by solid substrate fermentation. **Process Biochemistry**, v. 34, n. 2, p. 581-587, 1999.
16. SUTHERLAND, I. W. Polysaccharases for microbial exopolysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n. 4, p. 319-328, 1999.
17. VANDAME, E. J.; BRUGGEMAN, G.; BAETS, S.; VANHOOREN, P. T. Useful polymers of microbial origin. **Agro Food Industry Hi-Tech.**, v. 7, n. 5, p. 21-25, 1996.
18. WISTER, R. L. **Industrial Gums**. New York and London: Academic Press, 1973. 256 p.
19. YANG, T. C.; WU, G. H.; TSENG, Y. H. Isolation of a *Xanthomonas campestris* strain with elevated beta-galactosidase activity for direct use of lactose in xanthan gum production. **Letters in Applied Microbiology**, v. 35, n. 5, p. 375-379, 2002.
20. YOO, S. D.; HARCUM, S. W. Xanthan gum production from waste sugar beet pulp. **Bioresource Technology**, v. 70, n. 1, p. 105-109, 1999.