



Aproveitamento biotecnológico de soro de queijo para a produção de goma xantana

Sabrina Gabardo¹, Plinho Francisco Hertz¹, Marco Antônio Záchia Ayub¹, Fábio Luis Maciel²

¹UFRGS/ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos/ (sabrina.gabardo@ufrgs.br, plinho@ufrgs.br, mazayub@ufrgs.br)

²UERGS/ Bento Gonçalves/ (fabio-maciel@uergs.edu.br)

Resumo

O soro de queijo, um subproduto industrial altamente poluidor, constitui-se como um substrato rico em nutrientes e de grande potencial de aproveitamento em bioprocessos. Contudo, a maioria das indústrias que geram o soro de queijo não usufrui de seus benefícios e tratam este subproduto unicamente como um resíduo industrial, descartando-o muitas vezes inadequadamente em corpos de água superficiais, o que pode acarretar em sérios problemas ambientais. A utilização de substratos alternativos e de baixo custo para a produção de goma xantana, um polissacarídeo de grande importância comercial aplicado em indústrias como as de alimentos, farmacêutica e petroquímica, vem sendo recentemente estudada, com resultados promissores. Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo aproveitar o soro de queijo para a produção goma xantana através das linhagens *Xanthomonas campestris* pv *campestris* 1320 e *Xanthomonas campestris* DSM 1706, e comparar a quantidade de biopolímero produzida nesse meio de cultivo alternativo em relação àquela produzida em meio convencional. As condições de cultivo ocorreram a uma temperatura de 30 °C por um período de 72 horas, a uma velocidade de agitação de 180 rpm. As maiores produções de goma xantana foram obtidas pela linhagem 1320, correspondendo a uma produção média de 13,40 g.L⁻¹ em meio soro de queijo e 11,66 g.L⁻¹ em meio convencional.

Palavras-chave: Soro de queijo, Subprodutos industriais, Goma xantana.

Área Temática: Tecnologias limpas

Abstract

*Cheese whey, an industrial by-product with highly pollutant characteristics, is a substrate for cell growth, rich in nutrients and with great potential for use in bioprocesses. However, most industries that generate cheese whey do not use it and treat it simply as a waste by-product, discarding it, often inadequately, into superficial water bodies, which can lead to serious environmental problems. The utilization of alternative, low cost substrates for the production of xanthan gum has been recently studied with promising results. Xanthan gum is a polysaccharide of great commercial importance, used in food, pharmaceutical and petrochemical industries. In this context, the aim of this work was to use cheese whey for xanthan gum production by the strains of *Xanthomonas campestris* pv *campestris* 1320, and *Xanthomonas campestris* DSM 1706, and compare the amount of biopolymer produced with whey in relation to that produced by conventional medium. Cultivation conditions for the production of xanthan gum tested were 30 °C, at a speed of agitation of 180 rpm in shaker for 72 hours cultures. The largest production of xanthan gum was obtained for strain 1320, corresponding to a volumetric production of 13.40 g.L⁻¹ in whey and 11.66 g.L⁻¹ in conventional medium.*

Keywords: Cheese whey, Industrial by-products, Xanthan gum

Theme Area: Clean technologies



1 Introdução

A responsabilidade ambiental e as tecnologias de controle da poluição estão conduzindo o setor de alimentos a investir, cada vez mais, na redução da emissão de seus resíduos (AMANTE *et al.*, 1998). A indústria de alimentos caracteriza-se pela emissão de resíduos líquidos e sólidos de elevada carga orgânica, os quais apresentam potencial para utilização no desenvolvimento de novos produtos. Contudo, ainda são poucas as empresas que efetivamente exploram esse potencial de utilização de seus resíduos (AMANTE *et al.*, 1999).

A indústria de laticínios constitui uma parcela importante da indústria alimentícia, sendo significativa a sua contribuição em termos de poluição. Um dos resíduos mais problemáticos desse tipo de indústria é o soro de queijo (BRAILE e CAVALCANTI, 1979). Caracterizado por elevados valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), que variam na faixa de 30.000 a 60.000 mg de $O_2.L^{-1}$, este apresenta um potencial poluidor aproximadamente 100 vezes maior que o esgoto doméstico (PONSANO e CASTRO-GÓMEZ, 1995; SISO, 1996; RICHARDS, 2002; PORTO *et al.*, 2005). O soro lácteo quando lançado em cursos de água provoca enorme efeito poluidor devido a sua alta quantidade de substâncias orgânicas, demandando um grande consumo de oxigênio pelas bactérias biodegradadoras, o que acarreta na diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido que, por sua vez, reduz a vida aquática (PONSANO e CASTRO-GÓMEZ, 1995; PORTO *et al.*, 2005). Outro agravante à essa problemática reside no fato de que as indústrias produtoras de queijo no Brasil são, em geral, de pequeno e médio porte, não dispondo de meios econômicos ou tecnológicos para o adequado aproveitamento do soro. Neste caso, este rejeito pode ser considerado um poluente extremamente comprometedor ao ambiente, apresentando potencial significativo como resíduo poluidor do meio hídrico (MENDES *et al.*, 2006; PORTO *et al.*, 2005).

O soro de queijo representa cerca de 80 a 90% do volume de leite utilizado na fabricação de queijo, sendo a quantidade gerada dependente do tipo de queijo a ser produzido e das técnicas de fabricação. Em média, para a fabricação de um quilo de queijo necessita-se de dez litros de leite, recuperando-se nove litros de soro (SISO, 1996; RICHARDS, 1997). A produção mundial é estimada em 10^8 toneladas, sendo que somente no Brasil no ano de 2007 foram produzidos aproximadamente 5 milhões de toneladas (ANDRADE e MARTINS, 2002; KARGI e OZMIHCI, 2007; CNPG/EMBRAPA, 2008).

O soro de queijo é constituído de aproximadamente a metade dos nutrientes originais do leite, possuindo em sua composição 6,9% de sólidos totais, sendo aproximadamente 0,6% de sais minerais, 0,3% de gordura, 0,9% de proteínas, 5% de lactose, e 0,1% de ácido láctico (SISO, 1996; RICHARDS, 2002). Dessa forma, o seu descarte é inaceitável, uma vez que tal subproduto caracteriza-se como rico em nutrientes, constituindo um potencial substrato de baixo custo para realização de processos biotecnológicos, tais como aqueles que envolvem a produção de etanol, enzimas, propagação de biomassa, assim como de goma xantana, um biopolímero que compreende diversas aplicações, nas mais variadas indústrias (PONSANO e CASTRO-GÓMEZ, 1995; SISO, 1996; NITSCHKE, 2001).

A goma xantana constitui um polissacarídeo microbiano sintetizado por bactérias do gênero *Xanthomonas* de grande importância comercial, sendo um dos biopolímeros mais produzidos no mundo. Sua aplicação em indústrias de alimentos, farmacêutica e petroquímica deve-se principalmente às suas características como agente espessante, estabilizante, emulsificante e de suspensão (ROSALAM e ENGLAND, 2006; MOREIRA *et al.*, 2001). Considerando o mercado mundial, a goma xantana representa um dos biopolímeros de maior valorização e comercialização, sendo produzidas 23.000 toneladas por ano no mundo, correspondendo a um mercado de 408 milhões de dólares (KALOGIANNIS *et al.*, 2003). A demanda por goma xantana produzida por *Xanthomonas campestris* tem aumentado a cada



ano, sendo estimada uma taxa anual de crescimento de 5 a 10% (ROSALAM e ENGLAND, 2006).

A produção comercial de goma xantana apresenta elevados custos com substratos, bioprocessos e recuperação, aumentando o preço final do produto. Nesse sentido, a substituição de compostos tradicionalmente utilizados como fontes de carbono por substratos menos onerosos, tais como o soro de queijo, pode constituir-se em uma alternativa interessante visando reduzir os elevados custos para obtenção do produto final e contribuir para a minimização dos impactos ocasionados pelo seu descarte inadequado (STREDANSKY e CONTI, 1999).

2 Material e Métodos

2.1 Soro de queijo

O soro de queijo *in natura* foi fornecido pela Queijaria Valbrenta, (RS, Brasil). Para sua preservação, o soro de queijo foi coletado e imediatamente estocado em freezer a -16 °C.

2.2 Material biológico

- *Xanthomonas campestris* pv *campestris* 1320 obtida a partir da Coleção de Bactérias Fitopatogênicas do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília (IB/UnB);
- *Xanthomonas campestris* DSM 1706 adquirida da empresa Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH – DSMZ, Braunschweig, Alemanha, e gentilmente cedida pelo Laboratório de Enzimologia do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2.2.1 Manutenção e renovação das culturas microbianas

As linhagens foram mantidas em placas de Petri contendo meio nutritivo ágar YM (Yeast Malt), composto por extrato de levedura (3,0 g.L⁻¹), extrato de malte (3,0 g.L⁻¹), peptona (5,0 g.L⁻¹), glicose (10,0 g.L⁻¹) e ágar (20,0 g.L⁻¹), e pH ajustado para 7,2 com NaOH. Previamente a sua utilização, o meio de cultivo adotado foi esterilizado por autoclavagem a 121 °C por 15 minutos. As linhagens bacterianas foram plaqueadas em meio ágar YM, e incubadas em estufa a 30 °C por 24 horas para o crescimento celular e, posteriormente armazenada a 4 °C. A cada 14 dias as culturas foram renovadas via repique.

2.3 Produção de goma xantana

A metodologia utilizada para o crescimento das culturas microbianas foi àquela proposta por Fornari (2006), com algumas modificações. Retirou-se, assepticamente e com auxílio de alça de platina, uma alíquota de células de cultura previamente crescida em meio YM sólido, sendo a mesma transferida, em seguida, para 20 mL de meio YM líquido, autoclavado e disposto em erlenmeyers de 250 mL. A cultura foi transferida para crescimento em incubadora modelo N711[®] (Nova Técnica Equipamentos para Laboratório, Piracicaba, SP, Brasil), e mantida sob agitação orbital de 120 rpm, a uma temperatura de 30 °C (±0,2 °C), por 24 horas.

O preparo do meio de produção convencional (modificado de Nitschke, 1992), para a produção do biopolímero goma xantana foi realizado em erlenmeyers de 250 mL, contendo sacarose (45 g.L⁻¹), K₂HPO₄ (5 g.L⁻¹), MgSO₄.7H₂O (0,1 g.L⁻¹), extrato de levedura (0,5 g.L⁻¹), uréia (0,4 g.L⁻¹) com pH ajustado para 7,2 com HCl. Foram preparados 80 mL de meio MP, o qual foi posteriormente autoclavado a 121 °C por 15 min. Adicionou-se ao meio



convencional 20 mL do inóculo previamente preparado, totalizando um volume final de fermentação igual a 100 mL. A cultura foi transferida para incubadora modelo N711[®], e mantida sob agitação orbital (180 rpm) a uma temperatura de 30 °C ($\pm 0,2$ °C), por 72 horas. O controle experimental foi constituído por um erlenmeyer contendo meio de cultivo sem inóculo microbiano, mantido nas mesmas condições das culturas inoculadas.

A produção de goma xantana, a partir do aproveitamento do soro de queijo, foi realizada através da metodologia modificada de Fornari (2006). Para a elaboração do meio de cultivo utilizou-se erlenmeyers de 250 mL, contendo 80 mL de soro de queijo, 0,1 % de sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e 1% de fosfato de potássio (K_2HPO_4), pH 7,2. Para o controle utilizou-se o mesmo meio livre de microorganismo e as mesmas condições de cultivo. Adicionou-se 20 mL de inóculo ao meio soro de queijo, totalizando um volume final de fermentação igual a 100 mL. Os erlenmeyers foram incubados em agitador orbital modelo N711[®] com agitação de 180 rpm, a temperatura de 30 °C ($\pm 0,2$ °C) por 72 horas.

2.4 Recuperação e quantificação da goma xantana

A recuperação da goma xantana foi realizada através da metodologia modificada de Ribeiro (2004). O meio de cultivo foi submetido à centrifugação (centrífuga Hitachi Himac CR21E[®], Hitachi, Tóquio, Japão), a 10.000 g por 15 minutos e temperatura de 4 °C. Posteriormente, adicionou-se ao sobrenadante três partes de etanol 96% refrigerado (4 °C) para a precipitação da goma xantana. Após 30 minutos de repouso, o material foi novamente centrifugado (10.000 g por 15 min a 4 °C), para a recuperação do biopolímero precipitado. O sobrenadante foi descartado, e o precipitado de goma xantana seco em estufa a 50° C por 24 horas no interior de cápsulas de inox previamente preparadas (secas a 105°C por 3 horas e pesadas). Após a secagem da goma xantana, as cápsulas, contendo a mesma, foram transferidas para um dessecador até obter-se peso constante do biopolímero.

3 Resultados

3.1 Caracterização morfológica das colônias

As características morfológicas das linhagens bacterianas foram verificadas a partir do crescimento das culturas em ágar YM (Figura 1).

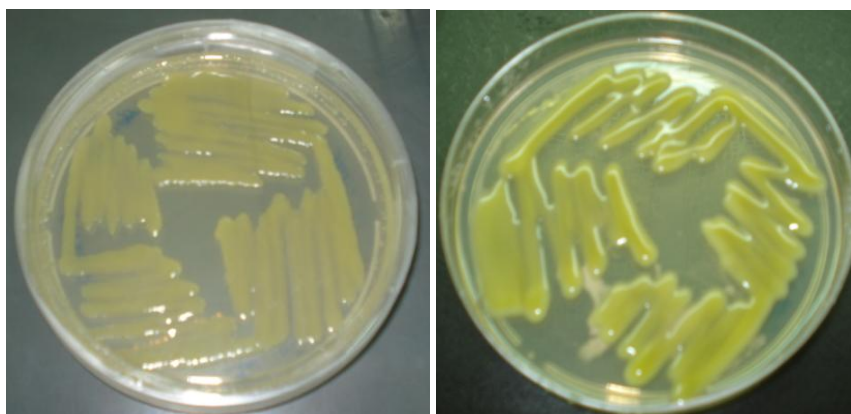


Figura 1. Colônias de *Xanthomonas campestris* pv *campestris* 1320 e *X. campestris* DSM 1706 crescidas em meio ágar YM, a 30 °C, por 24 horas.

As linhagens estudadas apresentam o aspecto morfológico típico (GARCÍA-OCHOA *et al.*, 2000): células com formato de bastonetes, colônias lisas e amarelas.



3.2 Produção de goma xantana em meio de produção convencional (MP) e em meio soro de queijo (MSQ)

Os resultados da produção de goma xantana obtidos pelas linhagens estudadas em meio de produção convencional e em meio soro de queijo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação da produção de goma xantana nos meios de cultivo MP (meio convencional) e MSQ (meio soro de queijo) por parte das duas linhagens de *Xanthomonas* testadas.

Meios	Linhagem	Média de Produção (g.L ⁻¹)	Desvio padrão
MP	<i>X. campestris</i> pv <i>campestris</i> 1320	11,66 ^a	2,743
	<i>X. campestris</i> DSM 1706	6,73 ^b	1,150
MSQ	<i>X. campestris</i> pv <i>campestris</i> 1320	13,40 ^a	0,556
	<i>X. campestris</i> DSM 1706	8,93 ^b	1,700

*Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste t ($p > 0,05$)

Verificam-se diferenças altamente significativas (teste t a um nível de significância de 5%) na produção de goma xantana por parte das duas linhagens bacterianas, porém em relação aos meios de cultivo (MP e MSQ), a análise estatística revelou não haver diferenças significativas na produção da goma. Utilizando meio convencional, obteve-se uma produção média de goma xantana de 11,66 g.L⁻¹ para a linhagem *X. campestris* pv *campestris* 1320 enquanto que para a linhagem *X. campestris* DSM 1706 esta foi de 6,73 g.L⁻¹. Similar a este resultado, foi constatada uma maior produção de goma xantana a partir de meio soro de queijo para a linhagem *X. campestris* pv *campestris* 1320 quando comparada com a quantidade de goma produzida pela linhagem *X. campestris* DSM 1706. Conforme análise estatística observa-se diferenças de produção altamente significativas entre as duas linhagens, com produção média de 13,4 g.L⁻¹ e de 8,63 g.L⁻¹, respectivamente. Os valores de produção verificados para a linhagem DSM 1706 (ATCC 13951; NRRL B-1459), comumente adotada como linhagem experimental padrão de comparação, mostraram-se similares àqueles freqüentemente obtidos em estudos desenvolvidos por outros trabalhos utilizando meio sintético, tais como os descritos por Ribeiro (2004) e Papagianni (2001), os quais descrevem valores de produção média de 7,5 g.L⁻¹ e 5 g.L⁻¹, respectivamente.

O fato da produção de goma xantana nos distintos meios testados (MP e MSQ) não ter diferido estatisticamente sugere a possibilidade e a viabilidade do aproveitamento do soro de queijo em tal bioprocessos. Nesse sentido, embora alguns trabalhos relatem dificuldades de metabolização da lactose presente no soro de queijo por parte de linhagens de *Xanthomonas*, devido à baixa expressão da enzima β -galactosidase da bactéria, os resultados obtidos no presente trabalho mostram que este fato não é verdadeiro para todas as linhagens, em especial se considerarmos o desempenho obtido no presente trabalho pela linhagem 1706, o qual foi similar ao relatado por Nitschke *et al.* (1992).

A utilização de substratos alternativos como o soro de queijo, além de auxiliar na produção de goma xantana, agregando valor a esse produto biotecnológico e reduzindo os custos de produção, elimina eventuais problemas ambientais decorridos de seu descarte em águas superficiais e no solo (PONSANO e CASTRO-GÓMEZ, 1995). Diante destes fatos, este subproduto tem se tornado extremamente atrativo tanto do ponto de vista técnico (como um substrato rico em nutrientes) quanto econômico (de baixo custo) para a produção da goma xantana, além de promover maior sustentabilidade ambiental. Ressalta-se, ainda, que a utilização do soro de queijo neste bioprocessos representa uma alternativa interessante para o aproveitamento deste subproduto industrial, minimizando o seu potencial poluidor ao meio ambiente, já que tal subproduto ainda é visto apenas como um resíduo, sendo freqüente o seu lançamento em cursos hídricos.



3.3 Recuperação da goma xantana

As Figuras 2 e 3 ilustram o aspecto visual da goma xantana sintetizada em meio de produção convencional (MP) e em meio soro de queijo (MSQ) por ambas as linhagens de *Xanthomonas* testadas (1320 e 1706) após sua precipitação via adição de etanol (96%). Observa-se na figura 2 que, aparentemente, não existem diferenças quanto ao aspecto visual da goma precipitada produzida em meio de produção convencional (MP) por ambas as linhagens utilizadas neste estudo. Uma coloração mais escura da goma xantana produzida por ambas as linhagens em meio MSQ é verificada na figura 3. Essa coloração pode limitar a sua aplicação para alguns produtos, tais como alimentícios e de cosmética. Contudo, como descrito em literatura, poucas concentrações de goma xantana são necessárias para produzir altas viscosidades quando adicionadas a soluções aquosas, este fato poderia deixar de ser considerado um problema (FORNARI, 2006).



Figura 2. Aspecto da goma xantana produzida por *X. campestris* pv *campestris* 1320 e *X. campestris* DSM 1706 em meio convencional de produção. Biopolímero separado do sobrenadante e fotografado no interior de placa de petri.



Figura 3. Aspecto da goma xantana produzida por *X. campestris* pv *campestris* 1320 e *X. campestris* DSM 1706 em meio soro de queijo. Biopolímero separado do sobrenadante e fotografado no interior de placa de petri.

4 Conclusões

Ambas as linhagens de *Xanthomonas* utilizadas no presente trabalho foram capazes de produzir goma xantana tanto em meio de produção convencional (MP) quanto em meio soro de queijo (MSQ). Nesse mesmo sentido, a bactéria *X. campestris* pv *campestris* 1320 obteve



desempenho superior em relação à produção da goma quando comparada à linhagem de *X. campestris* DSM 1706 em ambos os meios de cultivo utilizados, com uma taxa de produção média 73% superior quando crescida em meio de cultivo MP e 50% superior quando crescida em meio MSQ. Verifica-se, ainda, que a utilização do soro de queijo, como fonte alternativa de carbono para a produção de goma xantana, revelou-se uma opção bastante vantajosa, apresentando grande potencial de aproveitamento e representando uma alternativa interessante tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Desse modo, a utilização deste subproduto industrial, ainda pouco explorado, pode minimizar o seu potencial poluidor, tornando a produção da goma xantana um processo menos oneroso e contribuindo para minimização dos problemas de gestão de resíduos nas indústrias de laticínios.

5 Referências

AMANTE, E.R.; CASTILHOS, A.B.; KANZAWA, A.; ENSSLIN, L.; MURAKI, M. Perspectivas para o emprego da tecnologia limpa no setor de alimentos: estrutura da gestão de resíduos nas indústrias. In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias de Alimentos**, v. 3, p.1584-1587, 1998.

AMANTE, E.R.; CASTILHOS, A.B.; KANZAWA, A.; ENSSLIN, L.; MURAKI, M. Um panorama da tecnologia limpa na indústria de alimentos. **Boletim SBCTA**, v. 33, n. 1, p. 16-21, 1999.

BRAILE, P.M; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1979. 764 p.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM GADO LEITEIRO (CNPGL). EMBRAPA. **Produção brasileira de queijos**. Juiz de Fora, MG. Disponível em <<http://www.cnpgl.embrapa.br>>. Acesso em 15 out. 2008.

FORNARI, R.C.G. **Aproveitamento de soro de queijo para produção de goma xantana**. Dissertação de mestrado. Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões (URI). Erechim, 2006. 80 p.

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.

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

MOREIRA, A.S; VENDRUSCOLO, C.T; GAAND, G; FURLAN, L. Caracterização química de biopolímeros sintetizados por *Xanthomonas campestris* pv. *pruni*. In: **Anais do 6 Congresso Brasileiro de Polímeros e IX International Macromolecular Colloquium**. Gramado, 2001.

NITSCHKE, M. **Produção de goma xantana por diferentes isolados de *Xanthomonas campestris***. Dissertação de mestrado. Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 1992. 113 p.



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.

OZMIHCI, S; KARGI, F. Fermentation of cheese whey powder solution to ethanol in packed-column bioreactor: effects on feed sugar concentration. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 84, p. 106-111, 2009.

PAPAGIANNI, M; PSOMAS, S.K; BATSILAS, L; PARAS, S.V; KYRIAKIDES, D.A; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M. Xanthan production by *Xanthomonas campestris* in batch cultures. **Process Biochemistry**, v. 37, p. 73-80, 2001.

PONSANO, E.G; CASTRO-GÓMES, R.J.H. Fermentação de soro de queijo por *Kluyveromyces fragilis* como uma alternativa para redução de sua capacidade poluente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.15, n. 1, p. 170-173, 1995.

PORTO, L.M; SANTOS, R.D; MIANDA, T.L. Determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota. **Boletim CEPPA (UFPR)**, v. 23, n. 1, p. 173-182, 2005.

RECH, R; CASSINI, C.F; SECCHI, A.R; AYUB, M.A.Z. Utilization of protein-hydrolyzed cheese whey for production of b-galactosidase by *Kluyveromyces marxianus*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 23, p. 91-96, 1999.

RIBEIRO, D. Obtenção de uma goma de baixa viscosidade através do cultivo de *Xanthomonas campestris* em fibra de soja. Dissertação de mestrado. Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2004. 97 p.

RICHARDS, N.S.P.S. Uso racional de soro lácteo. **Revista Indústria de Laticínios**, v. 2, n. 9, p. 67-69, 1997.

RICHARDS, N.S.P.S. Soro Lácteo: Perspectivas Industriais e Proteção ao Meio Ambiente. **Food Ingredients**, v. 3, n. 17, p. 20-27, 2002.

ROSALAM, S; ENGLAND, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 37, p. 197-207, 2006.

SILVA, L.F; GOMEZ, J.G.C; ROCHA, R.C.S; TACIRO, M.K; PRADELLA, J.G.C. Produção Biotecnológica de de poli-hidroxialcanoatos para a geração de polímeros biodegradáveis no Brasil. **Química Nova**, v. 30, n. 7, 2007.

SISO M. I. G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, p. 1-11, 1996.

STREDANSKY, M; CONTI, E. Xanthan production by solid state fermentation. **Process Biochemistry**, v. 34, p. 581-587, 1999.