

УДК 663.18

БИОВАЛОРИЗАЦИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В КСАНТАНОВУЮ КАМЕДЬ*Д.А. Баратова, А.К. Юргенсон, Т.В. Глухарева**Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Ксантановая камедь – биополимер, получивший широкое применение во многих отраслях пищевой, фармацевтической, нефтяной и косметологической промышленности благодаря уникальным реологическим свойствам. Целью настоящей работы являлось определение способности *Xanthomonas campestris B-6719* к биосинтезу ксантановой камеди с использованием молочной сыворотки в качестве компонента питательной среды с целью частичной замены дорогостоящего сырья – глюкозы. В ходе работы был установлен элементный состав молочной сыворотки, на основании результатов которого были рассчитаны оптимальные количества вносимых компонентов питательной среды. Добавление молочной сыворотки позволило сократить содержание глюкозы в ферментационной питательной среде более чем в 20 раз. На предложенной питательной среде получен продукт с выходом 3,7 г/л.

Ключевые слова: ксантановая камедь, молочная сыворотка, биовалоризация, переработка, вторичный ресурс, биосинтез.

BIOVALORIZATION OF WHEY INTO XANTHAN GUM*D.A. Baratova, A.K. Jurgenson, T.V. Glukhareva**Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia*

Xanthan gum is a biopolymer that has been widely used in many sectors of the food, pharmaceutical, petroleum and cosmetology industries due to its unique rheological properties. The purpose of this work was to determine the ability of *Xanthomonas campestris B-6719* to biosynthesize xanthan gum using whey as a nutrient medium component in order to partially replace expensive raw materials – glucose. In the course of the work, the elemental composition of whey was established, based on the results of which the optimal amounts of the introduced components of the nutrient medium were calculated. The addition of whey made it possible to reduce the glucose content in the fermentation nutrient medium by more than 20 times. A product with a yield of 3.7 g/l was obtained on the proposed nutrient medium.

Keywords: xanthan gum, whey, biovalorization, processing, secondary resource, biosynthesis.

Подход комплексного рационального использования сырья, заключающийся в наиболее полном, экономически оправданном использовании всех полезных компонентов, содержащихся в сырье, а также в отходах производства, является приоритетным направлением развития промышленности. Почти все виды отходов промышленных предприятий содержат ряд ценных органических и минеральных компонентов, которые потенциально могут быть использованы в цикле получения других продуктов.

Сыворотка – основной побочный продукт молочной промышленности – образуется в результате свертывания молока при приготовлении сыра после отделения казеина и жира. Благодаря высокому содержанию в ней питательных органических веществ, молочная сыворотка представляет серьезную угрозу для окружающей среды и считается основной проблемой в молочной промышленности. Ежегодно молочная промышленность производит

около 145 миллионов тонн молочной сыворотки [2 с. 453]. В молоке сыворотка составляет от 80 до 90 % от общего объема, поступающего в промышленный процесс, и содержит от 6,0 до 6,4 % сухих компонентов. Приблизительно 55 % питательных веществ исходного молока остаются в сыворотке, в том числе ценные растворимые белки, лактоза, витамины и минеральные соли [1, с. 1938]. Богатый состав молочной сыворотки позволяет считать ее привлекательным и экономически эффективным для ферментационных процессов вторичным сырьевым ресурсом. Так, разработаны технологии [2, с. 454; 3 с. 2], позволяющие путем биоконверсии получать этанол, метан, дрожжевой белок, лактат, пропионат, ацетат и др.

Биовалоризация молочной сыворотки в ксантановую камедь – еще одно перспективное направление биотехнологии. Ксантановая камедь – это водорастворимый гетерополисахарид с уникальными реологическими свойствами, которые способствуют его широкому применению во многих отраслях промышленности [1, с. 1937], включая производство пищевых продуктов, фармацевтических препаратов, керамической глазури, бумаги, сельскохозяйственных химикатов. В промышленности при производстве ксантановой камеди используют дорогие субстраты, что значительно увеличивает стоимость производства, и, как следствие, конечную стоимость продукта. Использование менее дорогих и более распространенных субстратов может повысить экономическую эффективность ферментативного процесса производства ксантана. Согласно литературным данным, некоторые штаммы продуцентов ксантановой камеди способны к росту, развитию и синтезу ксантана на питательных средах, содержащих молочную сыворотку в качестве источника углерода.

Цель исследования заключается в изучении способности продуцента ксантана *Xanthomonas campestris* B-6719 к биосинтезу ксантановой камеди на питательной среде на основе молочной сыворотки.

В качестве продуцента ксантана был выбран производственный штамм ВКПМ *Xanthomonas campestris* B-6719. Предварительно для адаптации культуру пересеивали и выращивали в пробирках на скошенном агаре, содержащим в качестве источника углерода лактозу. Количество вносимого компонента рассчитывали исходя из оптимального содержания углерода в питательной среде (по паспорту штамма B-6719 оптимальная концентрация углерода – 18,9 г/л).

Для получения инокулята двухсуточную культуру с агаризованной среды засеивали в колбы с 50 мл питательной среды, содержащей 18,9 г/л лактозы, 10,0 г/л дрожжевого экстракта, 10,0 г/л пептона. Культивацию проводили в шейкере-инкубаторе при 28 °С, 250 об/мин, 24 ч. Для биосинтеза ксантана использовали среду с сухой деминерализованной молочной сывороткой. На основании результатов элементного анализа выбранного сырья установили, что фактором, ограничивающим применение молочной сыворотки, является высокое содержание азота (1,77 %) (табл. 1).

Таблица 1

Элементный состав молочной сыворотки*

Элемент	Содержание, %
C	39,75±3,95
H	6,90±2,79
N	1,77±0,63

*Число параллельных опытов n = 3, доверительная вероятность p = 95%

Исходя из данных элементного анализа сырья рассчитали количество компонентов питательной среды (табл. 2) с целью сохранения оптимального соотношения C:N в среде. В качестве контроля использовалась стандартная среда (табл. 2), указанная в паспорте штамма, с концентрацией глюкозы 20 г/л. Посевной материал – двухсуточный инокулят продуцента – вносили в количестве 5 %. Биосинтез ксантана осуществляли в шейкере-инкубаторе в аналогичных условиях в течение 72 ч в колбах со 100 мл питательной среды. Ксантан осаждали

из нативного раствора ацетоном (осч). Очистку проводили трехкратным переосаждением ацетоном из воды. Выход продукта на экспериментальной среде составил 3,70 г/л, что ниже контрольного опыта на 18,1 % (4,52 г/л).

Таблица 2

Компонент	Содержание г/л	
	Экспериментальная среда	Контрольная среда
Сухая молочная сыворотка	18,8	–
Глюкоза	4,5	20,0
Дрожжевой экстракт	–	3,0
KH_2PO_4	2,0	2,0
K_2HPO_4	2,0	2,0
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1	0,1

Идентификацию продукта проводили методом ИК-спектроскопии. В качестве эталона использовали коммерческую ксантановую камедь (ИП Нимченко, Москва). Как видно из ИК спектров, все образцы имеют идентичные полосы поглощения при одинаковых волновых числах (рис. 1).

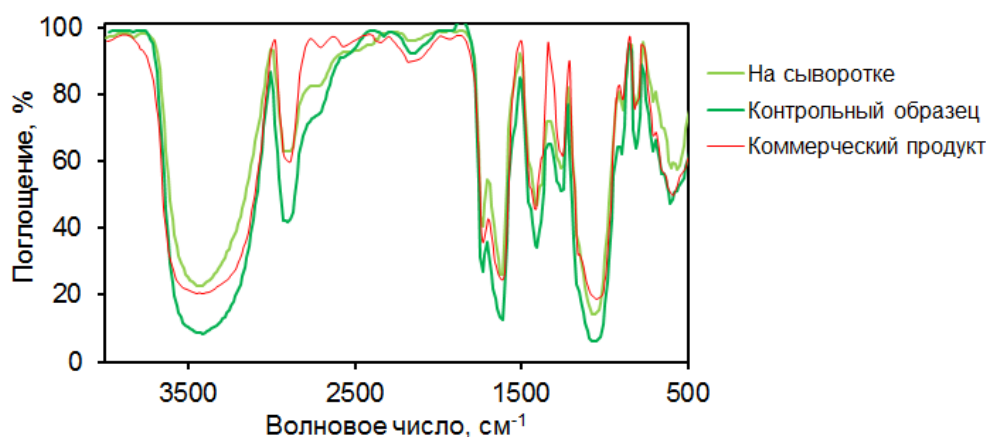


Рисунок 1. ИК-спектры образцов ксантана

На основе полученного результата сделали вывод, что выделенный полисахарид имеет те же спектральные характеристики, что и используемый стандарт.

Таким образом, было установлено, что применение молочной сыворотки в биосинтезе ксантана с использованием выбранного нами штамма *X. campestris* В-6719 является возможным и перспективным. Дальнейшие исследования по предварительной подготовке сырья, направленной на снижение количества N в сыворотке до оптимальной концентрации, например, с отделением белков методом микрофльтрации, а также эксперименты по оптимизации питательной среды с целью увеличения выхода продукта позволят сократить расход дорого компонента (глюкозы), снизить себестоимость ксантановой камеди, а также целесообразно утилизировать крупномасштабный пищевой отход.

Благодарности. Исследования выполнены за счет совместного гранта Российского научного фонда и Правительства Свердловской области № 24-16-20054, <https://rscf.ru/project/24-16-20054/>.

Библиографический список

1. Nery T., Brandão L., Esperidião M., Druzian J. Biosíntese de goma xantana a partir da fermentação de soro de leite: rendimento e viscosidade. *Quimica Nova*, 2008. Vol. 31. №8. P. 1937-1941.
2. Niknezhad S., Asadollahi M. A., Zamani A., Biriá D., Doostmohamadi M. Optimization of Xanthan Gum Production using Cheese Whey and Response Surface Methodology. *Food science and biotechnology*, 2015. Vol. 24. №2. P. 453-460.
3. Savvides A., Katsifas E., Hatzinikolaou D., Karagouni A.D. Xanthan production by *Xanthomonas campestris* using whey permeate medium. *World journal of microbiology & biotechnology*, 2012. Vol. 28. P. 2759-2764.