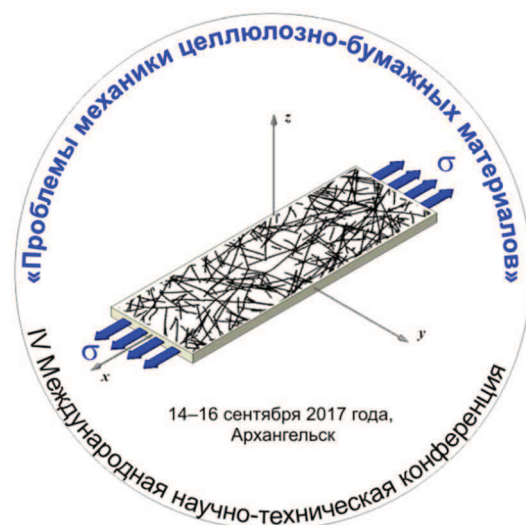




Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

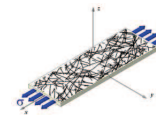
# ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



## МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск  
2017



## СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ

А.В. Канарский<sup>1</sup>, З.А. Канарская<sup>1</sup>, И.А. Хусаинов<sup>1</sup>, В.М. Гематдинова<sup>1</sup>,  
Д.А. Дулькин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань,  
Россия

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск, Россия

*Установлено, что питательная среда, приготовленная на щелоках производства полуцеллюлозы из березы, пригодна для культивирования эндофитных, ризосферных и клубеньковых бактерий, которые эффективней адсорбируют Т-2 микотоксин по сравнению с инактивированными дрожжами.*

## SYNTHESIS AND APPLICATION OF MICROBIAL POLYSACCHARIDES

A.V. Kanarskiy<sup>1</sup>, Z.A. Kanarskaya<sup>1</sup>, I.A. Khusainov<sup>1</sup>, V.M. Gimatdinova<sup>1</sup>, D.A. Dulkin<sup>2</sup>

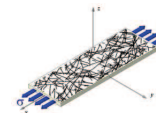
<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

*It is established that the nutrient medium prepared on the basis of the birch semicellulose lye is suitable for the cultivation of endophytic, rhizosphere and nodule bacteria that efficiently adsorb T-2 mycotoxin as compared to inactivated yeast.*

Полисахариды микробиологического происхождения находят применение в медицине, фармацевтической, пищевой и нефтедобывающей промышленности. Растворы декстранов используются как заменители плазмы крови в медицине при больших потерях крови. Предложено использование альгинатов в качестве компонентов в системах адресной доставки лекарств. Бактериальные экзополисахариды представляют группу перспективных стимуляторов защитных сил организма. Так экзополисахариды бактерий *Paenibacillus polymyxa*, обладают противовирусными и противоопухолевыми свойствами, оказывают профилактическое действие при экспериментальной стафилококковой инфекции и пролонгируют действие лекарственных веществ, повышая неспецифическую реактивность организма.

Полисахариды являются важнейшими компонентами клеток микроорганизмов. Многие физиологические, биохимические и иммунохимические особенности полисахаридов определяются их распределением в клетке: наружная и цитоплазматическая мембрана, цитоплазма, выделение в виде внеклеточных слизей в окружающую среду (экзополисахариды).



Экзополисахариды выполняют ряд важных биологических функций: защитную, резервную и др. В настоящее время экзополисахариды широко применяются во многих отраслях промышленности благодаря своим уникальным свойствам – загущения, студнеобразования, эмульгирования, влагоудержания и стабилизации. Индустриальные потребности в биополимерах данного класса возрастают.

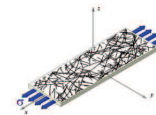
Полисахариды, синтезируемые микроорганизмами, обладают рядом преимуществ (климатическая независимость, простота и экономичность производства, регулирование свойств) и занимают все более лидирующие позиции. Поэтому производству полисахаридов микробного происхождения, а среди них и бактериальным полисахаридам, уделяют большое внимание.

Сфера применения полисахаридов микробиологического происхождения определяется с учетом их свойств, как функциональных – способность растворяться в воде, создавать высоковязкие растворы, студни, гели, так и биологических. В настоящее время находят применение такие бактериальные полисахариды как ксантан, геллан, курдлан и другие.

Более 50 лет ученые уделяют внимание синтезу бактериальной целлюлозы. Промышленная реализация предлагаемых проектов производства бактериальной целлюлозы сталкивается с множеством проблем. Однако сегодня можно сказать, что бактериальная целлюлоза имеет значение при получении санитарно-гигиенических материалов.

Перспективными являются связующие, содержащие полисахариды микробного происхождения. В частности, экзополисахарид Леван, обладающий адгезивными свойствами и не выделяющий при эксплуатации изделий опасных для человека веществ. Микробиологические полисахариды, в отличие от большинства химически синтезированных полимеров, являются биodeградируемыми и не наносят вреда окружающей среде. Возросший интерес к экологически чистым технологиям стимулирует спрос на экзополисахариды микробиологического происхождения. Однако, затраты на производство микробиологических полисахаридов достаточно велики и определяются прежде всего затратами на питательные среды. В этой связи поиск дешевых сырьевых источников для питательных сред весьма актуально.

При химической переработке растительного сырья образуется значительное количество щелоков, в которых содержится целлюлоза и гемицеллюлоза. Использование этого источника углерода для культивирования



бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов предоставляет возможность снизить затраты на производства микробиологических полисахаридов и расширить области их применения.

Проблемы, связанные с выделением, исследованием состава и свойств микробных полисахаридов, становятся актуальны, так как их решение дает возможность выбрать общее направление поиска практически ценных полисахаридов микроорганизмов с учетом особенностей их производства и применения.

#### Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является биоконверсия щелоков производства полуцеллюлозы из древесины березы бактериями с последующим получением на их основе эндосорбентов микотоксинов.

#### Результаты и обсуждение

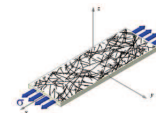
Проведенные исследования показали, что на питательной среде, приготовленной на основе щелоков производства полуцеллюлозы из древесины березы, эффективно культивируются как ризосферные, так и эпифитные бактерии (табл.1).

Таблица 1. Титр бактерий при культивировании на питательной среде, приготовленной на щелоках\*

Наименование микроорганизма	КОЕ/см <sup>3</sup>
<i>Xanthomonas sp2</i>	1,10·10 <sup>9</sup>
<i>Agrobacterium radiobacter</i> 437	1,15·10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> Ч-13	1,86·10 <sup>9</sup>
<i>Azotobacter chroococom</i> 12	1,37·10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> TR6	1,12·10 <sup>9</sup>
<i>Rhizobium leguminosarum</i> 1082	1,18·10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> HC8	1,16·10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> MZ3	0,45·10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> OP3	0,30·10 <sup>9</sup>

\*Титр бактерий в контроле – 5,5·10<sup>9</sup> КОЕ/см<sup>3</sup>

Изучение адсорбционных свойств инактивированных бактерий показало, что наиболее эффективно Т-2 микотоксин адсорбируют инактивированные ризосферные бактерии *Xanthomonas sp2* (табл. 2). Истинная адсорбция Т-2 микотоксина этими инактивированными бактериями, а также инактивированными бактериями *Azotobacter chroococom*12, *Bacillus subtilis* TR6, *Rhizobium leguminosarum* 1082, Несколько ниже адсорбция Т-2 микро-



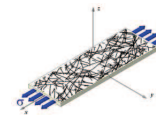
токсина инаktivированными бактериями *Bacillus subtilis* Ч-13, затем бактериями *Bacillus subtilis* МZ3 и *Bacillus subtilis* ОР3. При этом истинная адсорбция инаktivированными бактериями значительно выше истинной адсорбции Т-2 микотоксина инаktivированными дрожжами.

Таблица 3. Эффективность адсорбции Т-2 микотоксина инаktivированными бактериями и дрожжами

Наименование адсорбента	рН 2	рН 8	Истинная адсорбция, %
	Адсорбции, %	Десорбции, %	
<i>Xanthomonas sp2</i>	92,0	1,2	90,9
<i>Agrobacterium radiobacter</i> 437	84,0	3,4	81,1
<i>Bacillus subtilis</i> Ч-13	90,6	8,3	83,1
<i>Azotobacter chroococum</i> 12	90,6	4,2	86,9
<i>Bacillus subtilis</i> TR6	92,0	5,3	87,1
<i>Rhizobium leguminosarum</i> 1082	89,3	1,2	88,2
<i>Bacillus subtilis</i> HC8	84,0	2,1	82,2
<i>Bacillus subtilis</i> МZ3	74,6	1,5	73,5
<i>Bacillus subtilis</i> ОР3	80,0	4,7	76,2
<i>Candida scottii</i> утамм К-41	35,0	9,0	26,0
<i>S. cerevisiae</i> ВКИМ У-720	35,0	2,3	32,7

Высокая адсорбционная способность инаktivированных бактерий Т-2 микотоксина по сравнению с инаktivированными дрожжами вызвана несколькими факторами. Адсорбционные явления проходят на границе раздела фаз и, прежде всего, взаимосвязаны с удельной поверхностью адсорбента, которая возрастает с увеличением дисперсности адсорбента. Известно, что размеры клеток бактерий значительно меньше размеров клеток дрожжей и, соответственно, удельная поверхность бактерий, т.е. поверхность адсорбции, выше у бактерий, чем у дрожжей.

Другим важным фактором, обуславливающим высокую адсорбцию Т-2 микотоксина бактериями, является внеклеточные полисахариды, синтезируемые бактериями. Этим можно объяснить высокую адсорбционную способность инаktivированных бактерий *Xanthomonas sp2*, которые используются как продуценты внеклеточных полисахаридов в промышленности. Исходя из адсорбционной способности инаktivированных бактерий *Azotobacter chroococum* 12, *Bacillus subtilis* TR6, *Rhizobium leguminosarum* 1082 можно сделать вывод и об эффективном синтезе внеклеточных полисахаридов этими бактериями при их культивировании на питательных средах, приготовленных на щелоках химической переработки древесины бе-



резы. Заметим, что дрожжи *Candida scottii* штамм К-41 и *S. cerevisiae* ВКПМ У-720 внеклеточные полисахариды не синтезируют.

Результаты исследований, представленных в табл. 2, показывают, что адсорбция Т-2 микотоксина инактивированными бактериями и дрожжами происходит за счет хемосорбции, так как десорбция микотоксина при рН 8 незначительна по сравнению с адсорбцией при рН 2. При этом десорбция Т-2 микотоксина с поверхности инактивированных бактерий *Xanthomonas sp2* и *Rhizobium leguminosarum 1082* наименьшая по сравнению с другими инактивированными бактериями и дрожжами. В результате истинная адсорбция Т-2 микотоксина этими инактивированными бактериями выше по сравнению с другими инактивированными бактериями и дрожжами.

### **Выводы**

1. Установлено, что питательная среда, приготовленная на щелоках производства полуцеллюлозы из березы, пригодна для культивирования эндофитных, ризосферных и клубеньковых бактерий.

2. Инактивированная биомасса эндофитных, ризосферных и клубеньковых бактерий эффективней адсорбирует Т-2 микотоксин по сравнению с инактивированными дрожжами.

3. Инактивированные ризосферные бактерии *Xanthomonas sp2* и клубеньковые бактерии *Rhizobium leguminosarum 1082* наиболее эффективно адсорбируют Т-2 микотоксин и могут быть рекомендованы для получения промышленных энтеросорбентов.