

УДК 678.8

В.В. Шутова, доц., канд. биол. наук; В.А. Кондратьев, магистрант;

В.В. Ревин, проф., д-р биол. наук
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск, РФ)

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ АЛЬГИНАТЫ И ЛЕВАНЫ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для решения проблемы снижения токсичности древесных плит перспективным представляется поиск новых природных соединений, способных заменить токсичные смолы. Мы предлагаем использовать связующие, в состав которых входят полисахариды микробного происхождения. Продуцентами этих полисахаридов являются бактерии родов *Azotobacter* и др., выращиваемые на отходах свеклосахарного, крахмалопаточного, молочного и бродильного производств. В процессе роста бактерий происходит накопление высокополимерных соединений – полисахаридов, обладающих хорошими адгезивными свойствами. Их можно использовать и как основной компонент биоклея и как связующее для производства древесных композитов вместо высокотоксичных фенолформальдегидных и карбамидных смол [1]. Для этого требуется провести исследования по созданию и модификации клеевых композиций на основе микробных экзополисахаридов.

Альгинат представляет собой полисахарид, мономерами которого являются β -D-мануроновая и α -L-гулууроновая кислоты, связанные 1–4 гликозидной связью [2]. Основным источником для промышленного производства альгината являются бурые водоросли, молекулярная масса такого альгината колеблется в пределах 50-200 кДа, а свойства его мало варьируемы, поскольку зависят в первую очередь от методов выделения и модификации, не затрагивая процесс синтеза.

Бактерии родов *Pseudomonas* и *Azotobacter* также способны к биосинтезу альгината. На свойства бактериальных альгинатов можно оказать большее влияние за счёт манипулирования как компонентным составом среды, так и самим процессом культивирования, включая такие факторы как аэрация, температура, pH. Молекулярная масса бактериального альгината может достигать 4000 кДа [3]. Используя определённые условия биосинтеза можно стабильно получать альгинат с заданными свойствами, что благоприятно скажется на качестве композитов, основой которых является данный полисахарид.

Альгинат биоразлагаем, нетоксичен, не оказывает пагубного влияния на экологию, водные растворы альгината способны образовывать

устойчивые гелевые структуры в присутствии двухвалентных катионов металлов; является природным полианионом. Таким образом, в составе композиционных материалов альгинат может выступать в качестве структурной матрицы, иммобилизирующей иные компоненты биокомпозита, определяющих его целевой эффект. При этом, альгинат в составе биокомпозитов может выступать не только в качестве структурного элемента, но и в качестве компонента, обладающего целевым эффектом. Так, например, в составе альгинат-вермикулитного криогеля, альгинат выступает в качестве сорбционно-активного компонента по отношению к ионам тяжелых металлов [4].

Исследовали накопление альгината культурой *A. vinelandii* Д-05 в зависимости от содержания источников углерода и азота. Установлено, что максимальный выход альгината наблюдается при культивировании в среде с 2-4 % сахарозы, в то время как наилучший рост культуры отмечается в среде с 4 % глюкозы. Оптимальным источником азотного питания для *A. vinelandii* является 0,05% дрожжевого экстракта (соотношение углерод/азот 168:1). Показана возможность культивирования данного микроорганизма на среде, содержащей побочный продукт свеклосахарного производства – мелассу и получения высокого выхода полисахарида (16,6 г/л). Показано, что культуральная жидкость *A. vinelandii* может использоваться в качестве биологического связующего для получения биокомпозиционных материалов [5].

Леван – бактериальный экзополисахарид, мономерами которого являются остатки D-фруктофуранозы, молекулярная масса варьируется в диапазоне 5-100 кДа. К биосинтезу левана способны бактерии родов *Azotobacter*, *Paenibacillus*, *Leuconostoc*. Подобно альгинату леван обладает такими качествами как биоразлагаемость, биосовместимость, нетоксичность [6]. При культивировании бактерий-продуцентов на средах с углеводсодержащими отходами, например, мелассой (отходом свеклосахарного производства), можно получить недорогие связующие. В процессе роста происходит накопление высоко разветвленных полимерных соединений - леванов. Условия культивирования и состав среды существенно влияют на синтез биополимеров и их структуру, поэтому необходимо провести оптимизацию условий культивирования продуцентов с целью увеличения выхода полисахаридов и снижения себестоимости продукта. Леван обладает высокоадгезивными свойствами и может быть использован в качестве клеящей основы древесных композитов. Биокомпозиты на основе левана обладают высокой прочностью, а с помощью добавления натриевого жидкого стекла можно существенно повысить водостойкость

получаемых древесных плит. Такие биокomпозиционные материалы найдут широкое применение в строительстве, производстве мебели, производстве тар и упаковок [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Revin V. V. Biocomposite materials from lignocellulose raw materials and levan produced by *Azotobacter vinelandii* / V. V. Revin, V. V. Shutova, N. V. Novokuptsev // Journal of Biotechnology. – 2016. – Vol. 231. Suppl. – P. S8.

2. Бонарцева Г. А. Биосинтез альгинатов бактериями рода *Azotobacter* / Г. А. Бонарцева, Е. А. Акулина, В. Л. Мышкина и др. // Прикладная биохимия и микробиология. – 2017. – Т. 53. – № 1. – С. 61–68.

3. Шутова В.В. Получение и оценка молекулярных свойств альгината, синтезированного при культивировании *Azotobacter vinelandii* Д-05 / В. В. Шутова, А. Б. Русяева // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18. № 4. – С. 455–461.

4. Шутова В. В., Кондратьев В.А. Бактериальные альгинаты как основа сорбентов тяжелых металлов и радионуклидов из стоков предприятий / В. В. Шутова, В. А. Кондратьев // Природные опасности: связь науки и практики : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию М. И. Сумгина. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2023. – С. 407-412. – ISBN 978-5-7103-4570-2.

5. Revin V. V. Effect of Nutrient Sources on the Alginate Accumulation in the Culture Liquid of *Azotobacter vinelandii* D-05 and Obtaining Biocomposite Materials / V. V. Revin, E. G. Kostina, N. V. Revina, V. V. Shutova // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2018. – Т. 61. e18160406. – P. 1-12.

6. Шутова В. В. Использование левана *Azotobacter vinelandii* в качестве компонента биосорбентов соединений тяжелых металлов и радионуклидов / В. В. Шутова, В. В. Ревин, Е. А. Калинин и др. // Прикладная биохимия и микробиология. – 2021. – Т. 57, № 1. – С. 77–86.

7. Ревин В. В. Биокomпозиционные материалы на основе ультрадисперсных частиц древесины и левана, полученного путем микробного биосинтеза *Azotobacter vinelandii* Д-08 / В. В. Шутова, В. В. Ревин, Н. В. Новокупцев // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 1-1. – С. 53-57.