

# ПОЛИСАХАРИДЫ: СВОЙСТВА, ПОЛУЧЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

И. Н. Гоготов

*Институт фундаментальных проблем биологии РАН,  
г. Пущино, Россия, gogotov@ibbp.psn.ru*

В настоящее время, в связи с высокой токсичностью основных компонентов клея, используемых для склеивания различных изделий и в качестве связующих в производстве композиционных материалов, а также их высокой стоимости, разрабатываются альтернативные клеевые составы на основе экологически безопасных биокомпонентов. Основными компонентами природных клеев являются коллаген, казеин, крахмал, альбумин, декстрин и другие биополимеры, имеющие высокую стоимость. Поэтому важен поиск их заменителей на более дешевые. В качестве таковых можно использовать отходы биотехнологических предприятий, содержащих белки, полисахариды и другие вещества обладающие клеящими свойствами. В отличие от синтетических клеев, на природные клеи спрос значительно повысился, что связано с экологией. Пищевые товары в упаковке или этикетки на таре, проклеенной синтетическим клеем, не допускаются на экспорт в ряд стран Европы, Азии и Америки. Природные клеи относятся к группе термоактивных клеев, переходящих в неплавкое и нерастворимое состояние под действием тепла, катализаторов или их одновременном действии и затвердевают при удалении растворителя. К растительным клеям относятся водорастворимые крахмальные и декстриновые клеи. Крахмальные клеи получают на основе технического крахмала с добавлением муки и антисептика. Для изготовления клеев применяют и декстрин, соединения которого неводостойкие. Полисахариды можно модифицировать сшивающими агентами (карбамидными, меламинами смолами, поливиниловым спиртом), что приводит к увеличению их стойкости к воде. К таковым можно отнести внеклеточные полисахариды декстран, образуемый бактериями рода *Leuconostoc* spp., пуллулан, синтезируемый *Aureobasidium (Pullularia) pullulans* и ксантан, образуемый бактериями рода *Xanthomonas* spp.

Декстран является гомополисахаридом, содержащим до 300 тысяч остатков глюкозы с  $M_r$  до 500 кДа, остатки глюкозы в котором соединены по 1-му и 6-му углеродным атомам. На практике используют как высокомолекулярные декстраны, так и их низко молекулярные формы с  $M_k$  5 - 70 кДа. Декстраны широко используются в качестве заменителя плазмы крови, повышения вязкости растворов в молочной и пищевой промышленности, изготовления сефадекса, используемого в биохимической промышленности. Декстрановые гели и их иониты применяют для фракционирования и выделения ферментов, гормонов и других лабильных биологически активных веществ. Нейтральный декстран ( $M_r$  70 кДа) с преимущественно линейной структурой используют для внутривенного введения как плазму замещающий раствор при шоке, обширных ожогах, больших потерях крови и других состояниях. Фракцию декстрана с  $M_r$  ~40 кДа используют для улучшения кровотока в капиллярах, снятия сосудистого спазма, для искусственной экстраполярной перфузии органов и др. Показана их эффективность как адьювантов, переносчиков инсулина и витамина  $B_{12}$  в препаратах пролонгированного действия. Декстраны с большим количеством свободных гидроксильных групп используют для получения нерастворимых металлических компонентов в гелях. Такие процессы можно использовать для очистки, сепарирования и концентрирования металлов из растворов, а также коллоидных водных суспензий. При этом полисахариды и ионы металлов образуют молекулярные комплексы, которые

во время осаждения образуют микрокристаллические гелевые частицы. Такие процессы можно использовать при выделении ионов железа из смеси с медью, никелем или кобальтом, при отделении никеля от тория и циркония от меди, концентрировании металлов из растворов солей или смеси солей. Соединения с декстраном можно использовать как топливо в ядерных реакторах, катализаторов, керамических покрытий, тугоплавких и ферроэлектрических материалов, а порошки - для приготовления сплавов и пигментов. Попробуют покрывать дешёвым неочищенным полисахаридом раздробленный каменный уголь для транспортировки его по трубам или в цистернах. При сгорании такого топлива выделяется минимальное количество вредных веществ. Низкомолекулярные формы декстрана с  $M_r$  5-8 kDa можно использовать для разработки пробиотиков или микроэлементозных препаратов, нормализующих у животных обмен веществ, рост и развитие, а также устойчивость к заболеваниям.

Пуллулан является линейным полимером глюкозы, состоящим из мальтотриозных единиц, соединённых  $\alpha(1\rightarrow6)$  - связями. Наличие в структуре мальтотриозных единиц  $\alpha(1\rightarrow4)$  - гликозидных связей придаёт ему новые ценные свойства как заменителя плазмы крови. Пуллулан можно использовать в виде биodeградируемых плёнок для покрытия и упаковки продуктов питания, стабилизатора суспензий и мазей в пищевой промышленности и медицине. Биомасса его продуцента является полноценным источником белка для животноводства.

Для первичной структуры ксантана характерны повторяющиеся пентасахаридные единицы, образуемые двумя глюкозными единицами, двумя маннозными и одной глюкуроновой кислотой. Его основная цепь содержит D-глюкозные единицы, соединённые в 1 и 4 положениях. Трисахаридные боковые цепи содержат блок D-глюкуроновой кислоты между двумя единицами D-маннозы, связанными в 0 - 3 положении каждого остатка глюкозы основной цепи. Присутствующие уксусная и пировиноградная кислоты образуют полисахарид анионного типа. Благодаря высокой вязкости и растворимости в воде, он нашёл широкое применение в нефтяной, пищевой и медицинской промышленности. Он активно аккумулирует многие металлы и может использоваться для очистки вод электролизного производства. Совместно с НИПИ ТатНефть проведены испытания нефтевытесняющих свойств ксантана на моделях пластов.

Одним из дешёвых субстратов для получения полисахаридов является отход свеклосахарного производства меласса. Проведённые нами исследования показали, что они способны к значительному их образованию (до 30 г/л за 4 суток) при росте культур на средах с мелассой (17,5% сахарозы). Синтезируемый на такой среде декстран состоял из высокомолекулярной (57,5 %), среднемолекулярной (27,5 %) и низкомолекулярной (3 %) фракций. Наибольшую вязкость проявляла высокомолекулярная фракция декстрана, адгезивные свойства которой значительно возрастали при её обработке ацетатом хрома. Синтез декстрана этой бактерией происходил и при участии декстрансахаразы, катализирующей его синтез без участия промежуточных переносчиков электрона. Показана возможность использования этого фермента в нативном и иммобилизованном состояниях для получения декстрана. Синтез декстрана под действием декстрансахаразы происходит путём присоединения глюкозильных остатков к восстанавливающим концам полисахаридных цепей декстрана. Сахароза в этом случае служит непосредственным донором глюкозильных групп. Степень разветвленности декстрана, от которой зависит его вязкость и склеивающая способность, повышается при его синтезе на мелассе по сравнению с культурой, росшей на среде с сахарозой.