

УДК. 676.014

О.Г. Авакова, К.Г. Боголицын

Авакова Ольга Гарриевна родилась в 1980 г., окончила в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии. Область научных интересов – химические, физико-химические свойства и структура органической составляющей низших растений.



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии АГТУ, академик МАНЭБ и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области физико-химических процессов переработки древесины.



РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТЧАТКА: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ*

Рассмотрены сходство и различия структуры и свойств целлюлозы бурых водорослей и высших растений, обуславливающие особенности их применения; приведена краткая характеристика основных методов их изучения.

Ключевые слова: клетчатка, бурые водоросли, водорослевая целлюлоза, микрокристаллическая целлюлоза, структура, химический состав.

Водоросли – это древнейшие фотосинтезирующие организмы. К ним относятся низшие растения, обитающие в водоемах, почве или других влажных местах.

Многие виды водорослей применяют в пищевых целях, а также в традиционной и нетрадиционной медицине. В основе лечебных свойств бурых водорослей лежит их уникальный биохимический состав, полностью покрывающий потребность человеческого организма в экзогенных биологически активных веществах (БАВ). Это обусловлено тем, что человеческий организм стремится к сохранению некоторых гомеостатических показателей

* Работа выполнена в рамках гранта для поддержки работы аспирантов высших учебных заведений Минобразования России АОЗ-2.11-681 «Изучение строения и свойств энтеросорбентов, выделенных из бурых водорослей».

жидкостей (рН крови, ее электролитный состав и др.), сходных с составом морской воды. При этом принимают во внимание не количество каких-либо элементов, а их соотношение [18]. Поэтому сейчас уделяется большое внимание исследованию состава и свойств веществ, содержащихся в морских водорослях.

Химический состав бурых водорослей

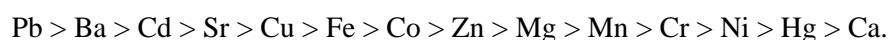
Бурые водоросли (*Phaeophycophyta*) распространены почти исключительно в морях, они по внешнему виду напоминают высшие растения. Представители бурых морских водорослей имеют желтовато-бурую окраску слоевищ, обусловленную наличием хлорофилла и каротиноидов, а также коричневого пигмента из группы ксантофиллов – фукоксантина. Их вегетативное тело (таллом) имеет сложное внутреннее и наружное строение. Таллом состоит из несколько типов тканей, выполняющих различные функции [15].

Химический состав бурых водорослей очень сильно зависит от вида, времени года и места обитания. Они содержат до 70 % углеводов, 1 ... 3 % липидов, 5 ... 15 % белков, 20 ... 50 % (от сухого веса) зола и др.

Литературные данные свидетельствуют об отсутствии в бурых водорослях свободных восстанавливающих сахаров, однако они содержат значительное количество низкомолекулярных углеводов. Это, в основном, сахарный спирт маннит и его производные (маннитан, ламинаробиоза, ламинит и др.). Максимальное содержание маннита наблюдается в летние месяцы – до 25 % от сухого веса [3].

Из полисахаридов наибольшую ценность представляют альгиновая кислота и ее производные, содержащиеся в клеточных стенках всех крупных бурых водорослей, в основном, в виде кальциевых, магниевых и железистых солей. В морской капусте (*Laminaria saccharina*) их найдено от 11 до 40 % (в редких случаях до 60 %) от массы сухого вещества. Альгиновая кислота является полианионом с разветвленными линейными макромолекулами, которые построены из остатков двух мономеров: β -D-маннурановой и α -L-гулурановой кислот, связанных 1-4-связями. Распределение мономеров вдоль цепи носит блочный характер. В молекулах альгиновой кислоты найдены блоки трех типов: последовательности из остатков β -D-маннурановой кислоты, α -L-гулурановой кислоты и чередующиеся последовательности из остатков двух этих кислот. Альгиновая кислота имеет высокое сродство к свинцу, кадмию и стронцию, образуя стойкие комплексные соединения с радиоактивными элементами, тяжелыми металлами и их солями, связывается с вирусами гриппа А и В. Альгинат кальция обладает хорошими гомеостатическими и вяжущими свойствами, антибластоминной активностью, которая заключается в замедлении роста злокачественных опухолей, а также эмульгирующей способностью. Кроме того, альгиновая кислота и ее соли способствуют расщеплению твердых лекарственных форм в желудочно-кишечном тракте [10, 11].

Фуциновая кислота содержится в водорослях преимущественно в виде кальциевой соли – фукоидина. Состав фуциновой кислоты неизвестен, однако на основании некоторых работ можно предположить наличие в ее молекуле уроновых кислот (от 4 до 20 %). Очень важным свойством фукоидина является их онкопротективная способность. Кроме того, установлено, что фукоидин способен ингибировать действие некоторых вирусов, в частности, вируса иммунодефицита человека [13]. Фукоидин обладает высоким сродством к двухвалентным катионам тяжелых металлов, которые располагаются в следующий ряд:



Ламиарин, или водорослевый крахмал, является запасным углеводом этого типа растений, его содержание не превышает 10 ... 15 %.

Липиды бурых водорослей преимущественно представлены триглицеридами жирных кислот. Основную их массу составляют ненасыщенные кислоты с 18–20 атомами углерода в молекуле.

Основное азотсодержащее вещество бурых водорослей – белки, которые имеют обычный набор аминокислот с небольшими количественными и качественными колебаниями. Например, у *Laminaria saccharina* отсутствуют метионин и лизин. Бурые водоросли отличаются от других растений присутствием йодаминокислот, в основном моно- и дийодтирозина, дийодтиронина и йодтироксина [3].

На протяжении многих лет оставался невыясненным вопрос о существовании лигнина в водорослях. Так, В.М. Резников, изучая негидролизуемые вещества, полученные из *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica* и *Fucus vesiculosus*, пришел к выводу, что по мере усложнения организации растения количество лигнина в его составе возрастает. С.М. Манская в негидролизуемом остатке после нитробензольного окисления *Fucus serratus* обнаружила лишь следы ванилина и, основываясь на этих данных, сделала заключение об отсутствии лигнина в бурых водорослях [7, 14].

В настоящее время на основании работ ряда исследователей сделан вывод о том, что бурые водоросли содержат негидролизуемые вещества, близкие по элементному составу к лигнинам высших растений [5]. Содержание лигниноподобных веществ, определенное по методу Класона, составляет от 15 до 32 % в зависимости от вида и возраста водорослей, по методу Попова – 19 % [4]. Однако, несмотря на то, что лигниноподобные вещества бурых водорослей охарактеризованы количественно, их элементный состав до сих пор остается практически неизученным.

Бурые водоросли содержат от 2 ... 5 до 17 % водорослевой целлюлозы, которую, в силу некоторых отличий от обычной, называют эуцеллюлозой [3, 20].

*Химический состав и методы исследования структуры
водорослевой целлюлозы*

При исследовании было установлено, что сырые волокна водорослевой целлюлозы очень малы и имеют форму неправильных чешуек. Более подробное изучение показало, что водорослевая целлюлоза по своему строению близка к целлюлозе высших растений. Она окрашивается йодом в йодистом калии и серной кислоте в синий цвет, но не меняет окраски в зависимости от концентрации серной кислоты; легко растворяется в реактиве Швейцера и дает обычные для целлюлозы цветные реакции с хлорцинк-йодом; при гидролизе образует 80 % глюкозы. Ее сходство с обычной целлюлозой доказано получением и исследованием свойств ацетил- и метил-производных. На основании опытных данных было высказано предположение о существовании β -1,4-связи в водорослевой целлюлозе, что и было подтверждено периодатным окислением [2, 3].

Полученные результаты позволяют предполагать, что для изучения строения и свойств водорослевой целлюлозы можно использовать те же методы, что и для целлюлозы высших растений.

При исследовании структуры полисахаридов в первую очередь применяют химические методы, а после получения определенных сведений о структуре цепи используют и другие [4, 17].

Анализ продуктов полного гидролиза целлюлозы позволил установить, что элементарным звеном ее макромолекулы является ангидро-*D*-глюкоза. Идентификация продуктов полной этерификации доказывает, что макромолекула целлюлозы содержит три свободные гидроксильные группы. Была получена триметилцеллюлоза, гидролиз которой с последующей идентификацией продуктов дал возможность установить положение свободных гидроксильных групп у атомов углерода и отсутствие разветвлений в макромолекулярной цепи. При изучении продуктов частичного гидролиза целлюлозы определен тип связи между элементарными звеньями макромолекулы, сделаны достаточно обоснованные выводы о ее строении [23].

Одна из важнейших характеристик полимера – молекулярный вес, а поскольку целлюлоза является линейным гомополимером с одинаковыми звеньями и связями, размеры ее макромолекулы характеризуют степень полимеризации (СП). Все методы определения СП (молекулярной массы) можно разделить на химические и физико-химические [12].

Химическими методами (методы концевых групп) можно определять среднечисленное значение молекулярной массы M_n , однако из-за низкой точности в химии целлюлозы их применяют только для качественной характеристики технической целлюлозы. Физико-химические методы основаны на изменении свойств макромолекул целлюлозы в растворах. Физические методы в зависимости от измеряемых свойств подразделяются на термодинамические, молекулярно-кинетические и оптические. Кроме того, все эти методы делятся на абсолютные и косвенные.

В абсолютных термодинамических методах определяют осмотическое давление (осмометром), в молекулярно-кинетических – скорость седиментации (на ультрацентрифуге), в оптических – интенсивность светорассеяния (фотометром рассеяния). Наиболее информативным является

метод седиментации в ультрацентрифуге, позволяющий получить средне-массовую молекулярную массу и дающий полную характеристику молекулярно-массового распределения (ММР) целлюлозы и ее гидродинамические параметры [8].

При определении СП целлюлозы с помощью абсолютных физико-химических методов необходимо принимать во внимание, что взаимодействие целлюлозы с растворителем может привести к снижению молекулярной массы. Важное условие при этом – раствор целлюлозы должен быть истинным, что возможно при очень малых концентрациях. Кроме того, возникают трудности, свойственные только этим методам.

Наиболее простым и доступным методом, представляющим практический интерес в широком диапазоне молекулярных масс, является косвенная вискозиметрия, однако она не очень точна.

Как и все высокомолекулярные соединения, целлюлоза полидисперсна. Наиболее полно полидисперсность целлюлозы можно описать с помощью функций распределения по молекулярным массам – функций ММР [19]. Неоднородность по молекулярной массе определяют методами фракционирования, т. е. разделения образцов на фракции.

По задачам и принципам методы фракционирования разделяются на аналитические и препаративные. Цель аналитического фракционирования – определение ММР без выделения фракций. При препаративном фракционировании фракции выделяют в виде препаратов, определяют их выход и молекулярную массу или СП. По полученным данным рассчитывают ММР [12].

К аналитическим методам относят седиментацию в ультрацентрифуге, турбидиметрическое титрование и термодиффузию, к препаративным – методы фракционного осаждения и распределения между двумя несмешивающимися жидкостями. Методы фракционного растворения, хроматографической адсорбции и гель-проникающей хроматографии могут быть использованы как в аналитическом, так и в препаративном варианте.

Наибольшее практическое применение нашли методы фракционного осаждения и растворения. Физический принцип этих методов основан на зависимости растворимости полимера от его молекулярной массы или СП: с увеличением СП растворимость уменьшается [12].

Если образцы ориентированные, то применяют рентгеноструктурный анализ и инфракрасную спектроскопию в поляризованном свете. Рентгенографические исследования позволяют определить период идентичности волокна и выбрать наиболее вероятную конформацию цепи кристаллического полимера. Дальнейшие сведения можно получить с помощью метода инфракрасной спектроскопии в поляризованном свете, который практически незаменим при выяснении характера межмолекулярных водородных связей в кристаллических полимерах [12, 16, 17].

Исследуя структуру и свойства водорослевой клетчатки, необходимо учитывать некоторые особенности данного препарата. Водорослевая клетчатка содержит остаточное количество альгиновой кислоты, которая при

$\text{pH} < 5,5$ склонна к гелеобразованию. Это чрезвычайно затрудняет процесс фильтрования растворов и проведение вискозиметрических измерений. Кроме того, водорослевая клетчатка содержит хлорофилл и другие пигменты, которые окрашивают водные растворы в ярко-зеленый цвет. Поэтому колориметрические методы для нее неприемлемы. Из-за содержания лигниноподобных веществ для водорослевой клетчатки используют не все растворители, применяемые в исследованиях целлюлозы высших растений.

Физическая структура волокон и наличие ОН-групп являются основными факторами, определяющими сорбционную способность целлюлозы. Для нее характерна развитая капиллярно-пористая система. Кроме того, изучение процессов сорбции в системе целлюлоза–вода позволяет получить дополнительные сведения о структуре и свойствах целлюлозы [23, 27].

Наличие внутрифибриллярных нерегулярностей упаковки, межфибриллярных пустот, а также каналов и макропор способствует протеканию капиллярного поглощения влаги и истинной сорбции. Именно процессы сорбции и набухания обуславливают высокую гигроскопичность целлюлозы. В настоящее время существует две гипотезы, объясняющие механизм сорбции паров воды целлюлозой.

В первом случае целлюлозу рассматривают как сорбент с развитыми внутренней поверхностью и капиллярной системой. Сначала на ее поверхности образуется мономолекулярный слой, а затем – полимолекулярные слои, и происходит капиллярная конденсация. Для описания такой сорбции применяют уравнение Брунауэра–Эммета–Тэллера. Площадь внутренней поверхности целлюлозы вычисляют по количеству адсорбированной в мономолекулярном слое воды, по изотерме десорбции находят объем субмикроскопических капилляров в целлюлозе.

Во втором случае целлюлозу представляют как ограниченно набухающий гель, что обусловлено наличием кристаллических областей. При взаимодействии с водой образуется твердый раствор благодаря проникновению молекул воды в целлюлозу и образованию водородных связей с доступными гидроксильными группами. Сорбция в этом случае описывается уравнением Хайлвуда–Хорробина [17, 23].

Температура оказывает отрицательное влияние на сорбцию воды. Максимальное количество воды целлюлоза сорбирует при температуре 5 ... 18 °С.

В настоящее время для определения термодинамических характеристик процесса сорбции воды целлюлозой широко используют прямые калориметрические определения. Это позволяет получить более достоверные значения энтальпии сорбции, а также более точные значения энтропии и стандартной энергии Гиббса для процессов взаимодействия целлюлозы и воды [22].

При рентгенографическом исследовании надмолекулярной структуры целлюлозы было установлено, что количество сорбированной воды определяется количеством аморфной целлюлозы, а в кристаллические области целлюлозы молекулы воды не проникают. Это было подтверждено и кало-

риметрическими исследованиями. Количество аморфной целлюлозы можно приблизительно оценить по так называемому отношению сорбции, определяемому как количество влаги, сорбированной образцом при определенном значении относительного давления (в интервале от 0,1 до 0,7), отнесенного к количеству влаги, сорбированной стандартной целлюлозой при том же значении относительного давления. У полностью аморфной целлюлозы эта величина составляет 2,12 [20, 23].

Проанализировав существующие теории сорбции, можно отметить, что способность целлюлозы сорбировать воду определяется содержанием в ней большого количества полярных гидроксильных групп, способных к образованию водородных связей с молекулами воды. В начале процесса основное количество воды связано водородными связями, далее происходит образование твердого раствора воды в аморфных частях целлюлозы, а также полимолекулярная адсорбция на развитой внутренней поверхности целлюлозы. При больших значениях относительного давления определенную роль играет и капиллярная конденсация, но ее удельный вес в процессе сорбции во многом определяется надмолекулярной структурой образца.

В свою очередь сорбция вызывает изменения внутренней поверхности и капиллярной системы целлюлозы, а также приводит к изменениям в ее надмолекулярной структуре. Методами рентгенографии и ИК-спектроскопии установлено, что степень кристалличности целлюлозы при сорбции воды понижается, одновременно увеличивается ориентация кристаллических областей целлюлозы в регенерированной целлюлозе и волокнах однолетних растений. Это объясняется исчезновением внутренних напряжений в целлюлозе при сорбции. Молекулы воды, проникая между макромолекулами целлюлозы в менее упорядоченных областях, раздвигают их [23].

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) отличается от обычной тем, что состоит из отдельных высококристаллических агрегатов, содержащих сотни и тысячи макромолекул [20]. Данный препарат получил широкое распространение в медицине и фармакологии и в настоящее время успешно используется как энтеросорбент для выведения тяжелых металлов из организма [21].

При исследовании сорбционной способности МКЦ по отношению к воде были учтены следующие аспекты [24]:

природные взаимодействия, т.е. их обратимость, для изучения которой была использована температурно-временная зависимость десорбции, полученная термогравиметрическим анализом;

максимальное количество сорбированной из насыщенных паров воды при заданной температуре.

Количество сорбированной воды при насыщении составляет 0,45 г на 1 г сухой МКЦ, что соответствует 4,09 моль H_2O на 1 гликозидную единицу. Важно отметить, что данная адсорбция является полностью обратимой. Около 80 % конечного количества воды выделяется в течение первых 24 ч. десорбции, а исходный вес восстанавливается после 150 ... 160 ч [25].

Процесс десорбции протекает в две стадии. Во время начальной, или быстрой, стадии десорбируется вода, связанная с «плотным» полислоем воды. Остаточная влага, десорбирующаяся на второй стадии, может представлять количество воды, адсорбированное в монослое. Температура, по видимому, не является ключевым параметром, влияющим на дегидратацию образцов. Время при данной температуре является параметром контроля скорости десорбции воды [25, 26].

На основании данных исследований можно заключить, что взаимодействия, способствующие гидратации, имеются во всех случаях физических взаимодействий (возможно взаимодействиях Ван-дер-Ваальса), обусловленных водородными мостиками. Можно предположить следующие типы связывания воды [24, 28]:

наименее связанная вода, адсорбированная в полислоях посредством водно-водных взаимодействий;

вода, адсорбированная на поверхности МКЦ, образующей монослой посредством водородных связей;

вода, содержащаяся в объемной структуре, возможно «растворенная» в трехмерных кластерах, которая отщепляется только при медленных диффузионных процессах.

На водорослевой клетчатке подобные исследования не проводились. Однако изучение имеющихся данных по ее строению и свойствам [3, 6] позволяет предполагать возможность применения для данного препарата тех же подходов, что и для целлюлозы высших растений и МКЦ.

Выводы

Основной составляющей водорослевой клетчатки является водорослевая целлюлоза, сходная по строению с целлюлозой высших растений.

Для изучения структуры и свойств водорослевой клетчатки возможно применение тех же подходов, что и для целлюлозы высших растений, но при этом необходимо принимать во внимание наличие в ней других компонентов, что требует корректировки методов исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абросимов В.К.* Биологически активные вещества в растворах: Структура, термодинамика, реакционная способность / В.К. Абросимов [и др.]. – М.: Наука, 2001. – С. 3–8.
2. *Авакова О.Г.* Изучение состава и физико-химических свойств препаратов, выделенных из бурых водорослей / О.Г. Авакова // Материалы междунар. конф. студентов и аспирантов по фундамент. наукам «Ломоносов – 2003». – Москва, 2003. – Т.1. – С. 99.
3. *Барашков Г.К.* Химия водорослей / Г.К. Барашков. – М.: АН СССР, 1963. – 143 с.
4. *Грушников О.П.* Достижения и проблемы химии лигнина / О.П. Грушников, В.В. Елкин. – М.: Наука, 1973. – 296 с.

5. Довгань И.В. Выделение и исследование лигнинов бурой водоросли *Systoseira barbata* / И.В. Довгань, З.Н. Крейцберг, Е.И. Медведева // Химия древесины. – 1982. – № 5. – С. 67–71.
6. Кочетков Н.К. Химия углеводов / Н.К. Кочетков [и др.]. – М.: Химия, 1967. – 672 с.
7. Манская С.М. Лигнин клеточной оболочки в эволюционном ряду растений / С.М. Манская // Химия и использование лигнина. – Рига: Зинатне, 1974. – С. 3–11
8. Методы исследования целлюлозы / Под ред. В.П. Карливаня. – Рига: Зинатне, 1981. – 258 с.
9. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде / Т.Миллер; перевод с англ. под ред. Г.А. Ягодина. – М.: Прогресс, 1993. – 256 с.
10. Оберюхтина И.А. Исследование реологических свойств растворов в процессе получения альгината натрия с целью снижения потерь целевого продукта с отходами данного производства / И.А. Оберюхтина [и др.] // Материалы междунар. молодеж. экологич. форума стран Баренц-региона. – Архангельск: АГТУ, 2001 – С. 134–135.
11. Оберюхтина И.А. Оценка существующих технологических параметров процесса получения альгината натрия из морских бурых водорослей *Laminaria digitata* с целью повышения выхода конечного продукта / И.А. Оберюхтина [и др.] // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. – Архангельск, 2001. – Вып. VII. – С. 129–132.
12. Оболенская А.В. Химия древесины / А.В. Оболенская, А.А. Леонович. – Л.: ЛТА, 1989. – 88 с.
13. Промысловые и перспективные для использования водоросли и безпозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. – 628 с.
14. Резников В.М. Лигнин низкоорганизованных растений. IV. Выделение и исследование лигнина водорослей / В.М. Резников, М.Ф. Михасева // Химия древесины. – 1976. – № 4. – С. 76–79.
15. Рейвн П. Современная ботаника: В 2-х т. / П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхорн; пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 348 с.
16. Роговин З.А. Химические превращения и модификация целлюлозы / З.А. Роговин, Л.Г. Гальбрайх. – М.: Химия, 1979. – 206 с.
17. Роговин З.А. Химия целлюлозы / З.А. Роговин. – М.: Химия, 1972. – 520 с.
18. Усов А.И. Полисахариды морских водорослей: проблемы изучения и использования / А.И. Усов // Биолог. актив. вещества мор. организмов: Тез. докл. Второго рабочего сов., Констанца, 4-10 дек. 1988 г.– М., 1989. – Вып. 1. – С. 97–111.
19. Фенгел Д. Древесина. Химия, ультраструктура, реакции / Д. Фенгел, Г. Вегенер пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 512 с.
20. Целлюлоза и ее производные / Под ред. Н. Байклза и Л. Сегала. – М.: Мир, 1974. – Т. 1. – 500 с.
21. Ardizzone S. Microcrystalline cellulose powders: structure, surface features and water sorption capability / S. Ardizzone [et. al.] // Cellulose. – 1999. – N 6. – P. 57–69.
22. Bogolitsyn K. A microcalorimetric technique for study of water vapour sorption on cellulose materials / K. Bogolitsyn, N. Volkova, I. Wadso // Cellulose and cellulose derivatives: physico-chemical aspects and industrial applications; Guest Editor L. Piculell. – Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1995. – 589 pp.

23. *Freudenberg K.* The relationship of cellulose to lignin in wood / K. Freudenberg // J. Chem. Educ. – 1932. – Vol. 9, N 7. – P. 1171–1180.

24. *Marshall, K.* Surface geometry of some microcrystal-line celluloses / K. Marshall, D. Sixsmith, N.G. Stanley // J. Pharmaceut. Pharmacol. – 1972. – 24 (suppl.). – P. 138.

25. *Nakai Y.* Crystallinity and physical characteristics of microcrystalline cellulose / Y. Nakai [et al.] // Chem. Pharm. Bull. – 1977 (a). – 25 (1). – P. 96–101.

26. *Plonka A.M.* Characteristics of microcrystalline and microfibrillar cellulose / A.M. Plonka // Cellulose Chem. Technol. – 1982. – 16. – P. 473–484.

27. *Strnad S.* Correlation between structure and adsorption characteristics of oriented polymers / S. Strnad [et al.] // Mat. Res. Innovat. – 2001. – N 4. – P. 197–203.

28. *Van der Steeg, M.* Adsorption of cationic amylopectin on microcrystalline cellulose / M. Van der Steeg [et al.] // Colloids and Surfaces. – 1993. – 70. – P. 77–89.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 26.12.03

O.G. Avakova, K.G. Bogolitsyn

Vegetal Cellulose: Structure, Characteristics, Application

Similarity and differences of structures and characteristics of brown algae cellulose and higher plants are studied, conditioning peculiarities of their application; brief characteristic of main methods for their study are given.
