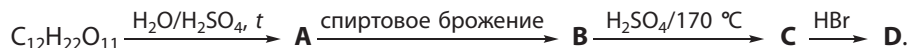


5. Водный раствор органического вещества **A** смешали со свежеосаждённым гидроксидом меди(II). В результате образовался раствор васильково-синего цвета. Раствор нагрели. При этом изменение окраски не наблюдали. Предложите возможную формулу вещества **A**.

6. К раствору сахарозы добавили несколько капель серной кислоты и смесь прокипятили. Затем раствор нейтрализовали щёлочью. Будет ли полученная смесь давать реакцию «серебряного зеркала»? Приведите уравнения реакций.

7. Соединение **A** имеет сладкий вкус, хорошо растворимо в воде и содержится в сахарном тростнике. При гидролизе **A** образуются вещества **B** и **C**, имеющие одинаковую относительную молекулярную массу. Вещество **B** даёт красный осадок при нагревании с гидроксидом меди(II). Под действием фермента молочнокислых бактерий вещество **B** образует соединение **D** с двойственной химической функцией, накапливающееся при скисании молока. Приведите возможные формулы веществ **A**, **B** и **D** и уравнения реакций.

8. Дана схема превращений органических веществ:



Напишите уравнения протекающих реакций.

9. При полном окислении 1 моль глюкозы выделяется 670 ккал энергии, а при полном окислении 1 моль сахарозы выделяется 1350 ккал энергии. Юный химик Стас незаметно для себя съел 5 г глюкозы, а юный химик Василий — 5 г сахарозы. На основании приведённых данных, дополните следующее предложение:

Юный химик Стас потрeбил на ... ккал ..., чем юный химик Василий.

10. Какую максимальную массу этанола можно получить из 1 кг сахарозы? Считайте, что этанол образуется при брожении и глюкозы, и фруктозы.

11. Дисахарид массой 29,6 г подвергли полному гидролизу. Относительные молекулярные массы образовавшихся моносахаридов равны 180 и 134 соответственно. Рассчитайте суммарную массу (г) образовавшихся моносахаридов.

С углеводами, имеющими важное биохимическое значение, — рибозой и дезоксирибозой — вы можете познакомиться, перейдя по ссылке в QR-коде.



* Рибоза.
Дезоксирибоза

§ 43. Крахмал

Крахмал представляет собой белый порошок. В отличие от глюкозы, фруктозы и сахарозы, он не имеет сладкого вкуса и не растворяется в холодной воде. При смешивании с горячей водой крахмал образует вязкий,

клейкий коллоидный раствор — клейстер. При помощи этого раствора можно приклеить бумагу к различным поверхностям.

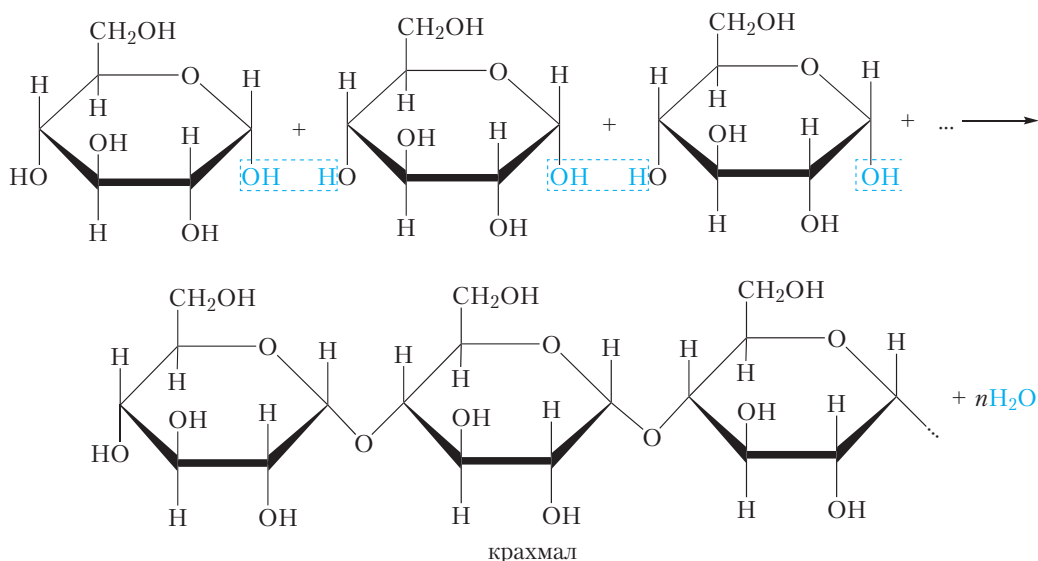
Крахмал широко распространён в природе, он образуется в результате фотосинтеза и накапливается в семенах, клубнях и плодах растений (рис. 43.1). Наиболее богаты крахмалом зёрна кукурузы, пшеницы и риса (содержание крахмала достигает 70–80 %), а также клубни картофеля (более 20 %).



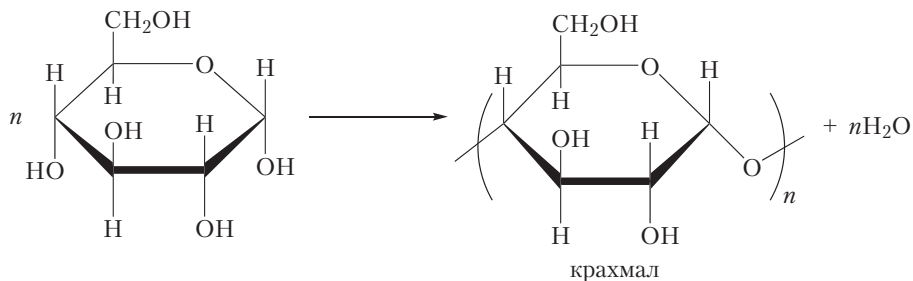
Рис. 43.1. Источники крахмала

Состав и строение крахмала

Рассмотрим состав и строение крахмала. Молекулярная формула крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$, то есть крахмал является полимером. Установлено, что макромолекулы крахмала состоят из остатков α -глюкозы. Тогда процесс образования крахмала из глюкозы можно представить следующей схемой:



или



Таким образом, крахмал является продуктом поликонденсации глюкозы. Макромолекула крахмала состоит из большого числа остатков моносахарида глюкозы. Поэтому крахмал является *полисахаридом*.

Макромолекулы крахмала могут быть линейными или разветвлёнными, то есть крахмал представляет собой смесь двух полимеров, которые называются *амилоза* и *амилопектин*.

Амилоза — неразветвлённый полимер (рис. 43.2). Макромолекулы амилозы имеют форму спирали. Внутри спирали могут разместиться некоторые молекулы, например молекула иода. При этом образуется так называемое соединение включения, в котором молекула иода «включена» внутрь спиралевидной макромолекулы амилозы. Это соединение имеет ярко-синий цвет. Образование ярко-синего соединения включения при взаимодействии с иодом является качественной реакцией на крахмал, и наоборот, с помощью крахмального раствора можно обнаружить даже небольшие количества иода.

Крахмал содержит также разветвлённые макромолекулы. Разветвлённый полимер называется *амилопектин* (рис. 43.2).

Подобно растениям, в животных организмах также содержится полисахарид, состоящий из остатков α -глюкозы. Он называется *гликоген*. Гликоген похож по строению на амилопектин, но является ещё более разветвлённым (рис. 43.2).

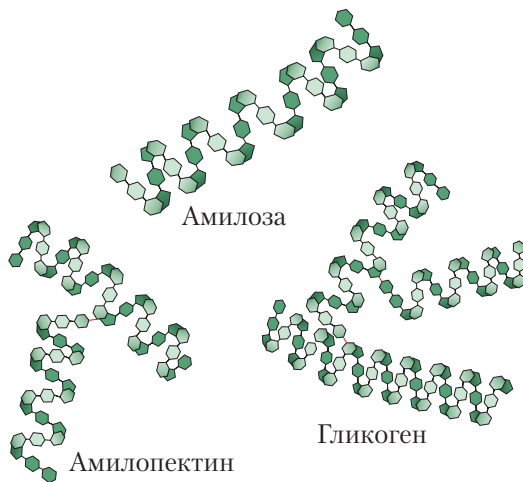


Рис. 43.2. Строение амилозы, амилопектина и гликогена

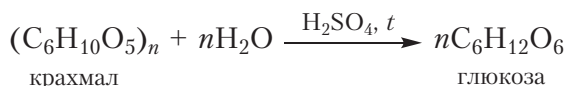
Химические свойства крахмала

В макромолекуле крахмала циклические формы глюкозы зафиксированы, поэтому крахмал не проявляет свойства, характерные для альдегидов. Крахмал не даёт реакцию «серебряного зеркала» и не образует красный осадок оксида меди(І) при нагревании с гидроксидом меди(ІІ).

В то же время крахмал проявляет некоторые химические свойства, присущие сахарозе. Мы уже знаем, что, в отличие от моносахаридов, дисахарид сахароза подвергается гидролизу. При этом происходит расщепление молекулы сахарозы, и образуются две молекулы моносахаридов: глюкозы и фруктозы (§ 42). Будучи полисахаридом, крахмал также подвергается гидролизу. Если нагреть крахмальный клейстер с несколькими каплями серной кислоты, то происходит постепенное расщепление макромолекул крахмала. При этом сначала образуются продукты частичного расщепления макромолекул, имеющие молекулярную массу меньше, чем у крахмала, — *декстрины*. При дальнейшем расщеплении молекул может образоваться дисахарид *мальтоза*. Конечным продуктом гидролиза является глюкоза:



* Практическая работа
«Гидролиз крахмала»



Познакомьтесь с тем, как на практике проводят гидролиз крахмала, вы можете, перейдя по ссылке в QR-коде.

Применение и получение крахмала

Крахмал является одним из наиболее распространённых углеводов в рационе питания человека. Под действием пищеварительных ферментов макромолекулы крахмала гидролизуются до глюкозы. В клетках происходит окисление глюкозы до углекислого газа и воды. Этот процесс сопровождается выделением большого количества энергии, необходимой для функционирования организма. Излишки глюкозы накапливаются «про запас» в клетках в виде гликогена.

Крахмал используется для приготовления разнообразных продуктов питания: киселей, муссов, желе, кондитерских и кулинарных изделий. Его применяют для обработки тканей и получения клеевых составов. В химических лабораториях крахмал используют как чувствительный индикатор на наличие иода.

Частичным гидролизом крахмала получают патоку — густую сладкую массу, представляющую собой смесь декстринов, мальтозы и глюкозы. Патока используется в пищевой промышленности при производстве кондитерских изделий и др.

Полным гидролизом крахмала получают глюкозу. Реакции брожения глюкозы используют для производства этилового спирта, молочной кислоты и других веществ.

Получают крахмал выделением из природных источников (зёрна злаков, клубни картофеля).

Крахмал является природным полисахаридом, он образуется в результате фотосинтеза и накапливается в растениях.

Молекулярная формула крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Макромолекулы крахмала состоят из остатков α -глюкозы, связанных между собой кислородными мостиками.

Крахмал представляет собой смесь двух полимеров — амилозы и амилопектина.

Качественной реакцией на крахмал является образование яркосинего соединения включения при взаимодействии с иодом.

В результате полного гидролиза крахмала образуется глюкоза.

Крахмал получают выделением из природных источников — картофеля, риса, пшеницы, кукурузы.

В животных организмах также имеется полисахарид, состоящий из остатков α -глюкозы. Он называется гликогеном.

Вопросы и задания

1. Приведите молекулярную формулу крахмала и уравнение реакции его полного гидролиза.

2. Напишите схему получения крахмала из глюкозы. Почему реакция получения крахмала из глюкозы называется поликонденсацией, а не полимеризацией?

3. В домашних условиях легко выполнить следующий эксперимент. Если на кусочек белого хлеба либо свежий срез клубня картофеля нанести каплю иодной настойки, появится синее окрашивание. Объясните наблюдаемый эффект.

4. К крахмальному клейстеру добавили несколько капель серной кислоты и смесь нагрели. Затем раствор нейтрализовали щёлочью. Будет ли полученная смесь давать реакцию «серебряного зеркала»? Приведите уравнения реакций.

5. При гидролизе крахмала может быть получен дисахарид мальтоза. Приведите структурную формулу мальтозы. Составьте уравнение реакции гидролиза мальтозы, используя структурные формулы веществ.

6. Средняя относительная молекулярная масса крахмала равна 405 000. Укажите среднее число остатков глюкозы в молекуле крахмала.

7. Рассчитайте массы: а) пшеницы, б) картофеля, которые теоретически потребуются для получения 100 л этанола плотностью 0,79 г/мл. Содержание крахмала в пшенице и клубнях картофеля принять равными 75 % и 24 % по массе соответственно.

8. Массовая доля крахмала в кукурузе составляет 65 %. Суммарный выход получения этанола из кукурузы равен 70 % от теоретически возможного. Укажите массу этанола, которая будет получена из 324 г кукурузы.

Лабораторный опыт 7

Изучение физических свойств крахмала. Взаимодействие крахмала с иодом

Взвесь небольшого количества крахмала в воде доведите до кипения. Образуется крахмальный клейстер. Разбавьте его водой и проведите качественную реакцию с иодом. Нагрейте раствор синего комплекса крахмала с иодом. Наблюдается обесцвечивание раствора. Для успешного проведения этого опыта раствор комплекса иода с крахмалом должен быть разбавленным.

Получите гидроксид меди(II), добавьте к нему разбавленный крахмальный клейстер, нагрейте пробирку. Наблюдается ли при этом растворение гидроксида меди(II) и последующее восстановление Cu(II) ?

Капните раствор иода на кусочек белого хлеба и свежий срез клубня картофеля. О чём свидетельствует появление синего пятна на месте капли?

Объясните наблюдаемые явления, напишите уравнения протекающих реакций.

§ 44. Целлюлоза

Строение и физические свойства

Молекулярная формула целлюлозы $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, то есть целлюлоза, как и крахмал, является полисахаридом. В то же время, строение целлюлозы и крахмала различается. В отличие от крахмала, макромолекулы целлюлозы состоят из остатков β -глюкозы. Процесс образования целлюлозы из глюкозы представлен на схеме: