

§ 5. Углеводы

Углеводы — органические соединения, состав которых, как правило, можно выразить формулой $C_n(H_2O)_m$, где n и m равны трем и более. Таким образом, соотношение атомов водорода и кислорода в молекулах большинства углеводов такое же, как и в воде (2 : 1), что и отражено в названии этих веществ. Однако известны углеводы, состав которых не соответствует приведенной формуле.

Основные группы углеводов. Самыми простыми по структуре углеводами являются **моносахариды**. Все они представляют собой низкомолекулярные соединения, которые хорошо растворяются в воде и обладают сладким вкусом. Количество атомов углерода в молекулах моносахаридов варьирует от 3 до 9. Наиболее распространены в природе пятиуглеродные моносахариды (C_5) — **пентозы** и шестиуглеродные (C_6) — **гексозы**.

Из пентоз самое важное биологическое значение имеют дезоксирибоза и рибоза (рис. 14). **Дезоксирибоза** входит в состав нуклеотидов ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты). **Рибоза** является компонентом нуклеотидов РНК (рибонуклеиновой кислоты) и АТФ.

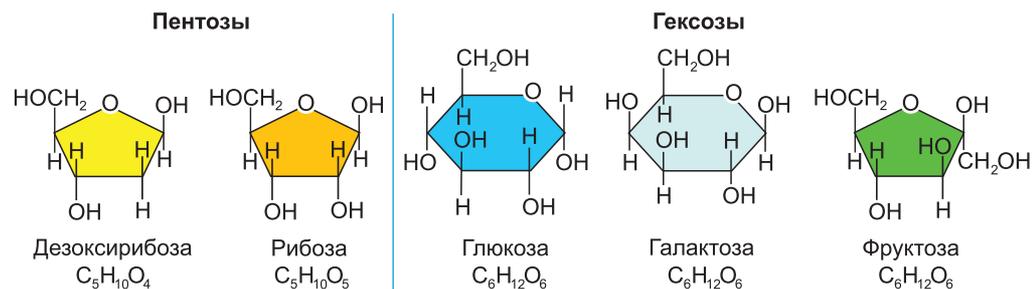


Рис. 14. Структурные формулы важнейших моносахаридов

Для живых организмов наиболее важными гексозами являются глюкоза, галактоза и фруктоза (см. рис. 14). Они имеют общую формулу $C_6H_{12}O_6$, но различаются структурой молекул, т. е. являются изомерами.

Глюкоза — основной продукт фотосинтеза и главный источник энергии для клеток. В живых организмах она содержится как в виде собственно моносахарида, так и в составе углеводов более сложного строения — дисахаридов и полисахаридов. Много глюкозы присутствует в ягодах, фруктах, мёде. В крови человека ее содержание в норме составляет около 0,1 %, этот уровень поддерживается гормонами (вспомните какими).



Сладкие плоды растений и мёд богаты не только глюкозой, но и **фруктозой**. В зрелых арбузах, яблоках, грушах ее содержится примерно в 2 раза больше, чем глюкозы. Среди всех моносахаридов фруктоза обладает самым сладким вкусом. В клетках она находится как в свободном виде, так и в составе ди- и полисахаридов. **Галактоза** также входит в состав некоторых ди- и полисахаридов.

Дисахаридами называют углеводы, молекулы которых образованы двумя остатками моносахаридов. Соединение моносахаридов происходит при помощи их гидроксильных групп. При этом выделяется молекула воды, и между моносахаридными остатками возникает ковалентная связь.

Дисахариды, так же как и моносахариды, легко растворимы в воде и имеют сладкий вкус. К числу самых распространенных дисахаридов относятся мальтоза, лактоза и сахароза (рис. 15).

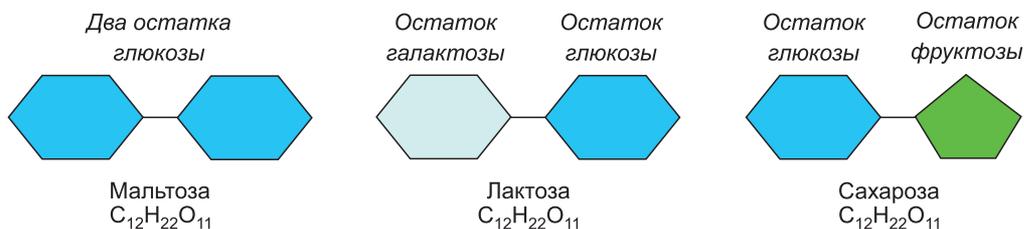


Рис. 15. Схемы строения молекул дисахаридов

Мальтоза (солодовый сахар) является промежуточным продуктом ферментативного расщепления крахмала и гликогена в пищеварительной системе животных. Далее фермент *мальтаза* расщепляет ее до глюкозы. Гидролиз крахмала происходит и при прорастании семян растений. Особенно богаты мальтозой прорастающие зерна злаков (солод). **Лактоза** (молочный сахар) — важный компонент молока. Она является главным источником энергии для детенышей млекопитающих. **Сахароза** (тростниковый сахар) наиболее распространена в растениях. Она служит транспортной формой продуктов фотосинтеза и может накапливаться как запасное питательное вещество. Этот дисахарид в больших количествах содержится в побегах сахарного тростника и корнеплодах сахарной свеклы.

Полисахариды — биополимеры, молекулы которых состоят из большого количества (до десятков и даже сотен тысяч) моносахаридных остатков. В состав полисахарида могут входить остатки одного или разных моносахаридов. Полисахариды различаются не только составом, но и длиной полимерных цепей. Кроме того, их молекулы могут иметь *линейную* или *разветвленную* структуру.

С увеличением числа мономерных звеньев уменьшается растворимость углеводов и исчезает их сладкий вкус. Поэтому полисахариды не обладают сладким вкусом и практически нерастворимы в воде. В живой природе наиболее важную роль играют такие полисахариды, как крахмал, гликоген, целлюлоза и хитин.

Крахмал представляет собой смесь полисахаридов. Примерно на 80 % (по массе) он состоит из разветвленного *амилопектина* и на 20 % из *амилозы*, имеющей линейную структуру (рис. 16). Оба этих полисахарида образованы остатками *глюкозы*. Крахмал откладывается в клетках растений и некоторых водорослей в качестве запасного (резервного) питательного вещества. Большое количество крахмала запасается в клубнях, плодах и семенах. Зерна злаков (риса, пшеницы, кукурузы и др.) могут содержать до 80 % крахмала, в клубнях картофеля его массовая доля достигает 25 %.

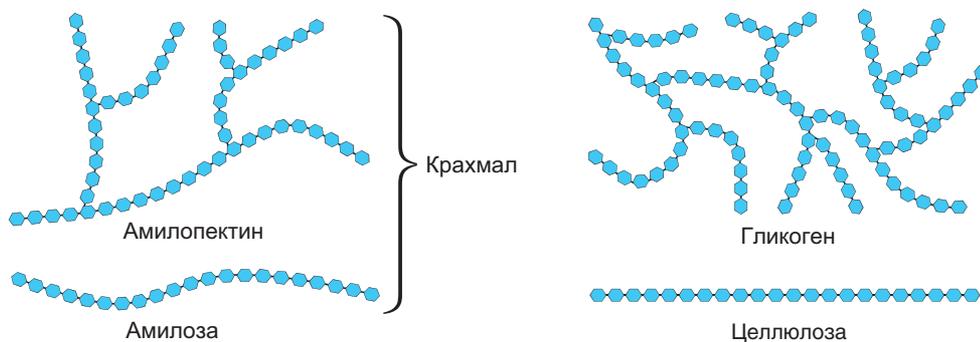


Рис. 16. Схемы строения молекул полисахаридов: ● — остаток молекулы глюкозы

Резервным полисахаридом животных и грибов является **гликоген**. У животных он откладывается преимущественно в клетках печени и мышцах. Гликоген, так же как амилоза и амилопектин, состоит из остатков *глюкозы*. Однако молекулы гликогена разветвлены сильнее, чем молекулы амилопектина (см. рис. 16).

Целлюлоза (клетчатка) — основной структурный компонент клеточных стенок растений и ряда водорослей. Она обладает высокой прочностью, не растворяется ни в воде, ни в органических растворителях. Много клетчатки содержится в древесине, а в волокнах хлопчатника ее массовая доля достигает 95 %. Целлюлоза представляет собой линейный полимер, цепи которого построены из остатков *глюкозы* (см. рис. 16).

Таким образом, амилопектин, амилоза, гликоген и целлюлоза являются полимерами глюкозы. Общую формулу этих полисахаридов

можно записать в виде $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n — количество мономерных звеньев.

Полисахарид **хитин** не соответствует этой формуле, т. к. в его состав, кроме углерода, водорода и кислорода, входит азот. Это прочный полисахарид линейной структуры. Хитин является важным компонентом кутикулы членистоногих и клеточных стенок многих грибов.

Углеводы способны образовывать соединения с другими органическими веществами, например с белками — *гликопротеины*, с липидами — *гликолипиды* и т. п.

Функции углеводов. При рассмотрении основных групп углеводов вы познакомились с важнейшими функциями, которые выполняют эти вещества в живой природе. Более подробная и систематизированная информация о биологической роли углеводов представлена в таблице 5.

Таблица 5. Основные функции углеводов в живых организмах

Функция	Пояснение и примеры
Энергетическая	Под действием ферментов способны расщепляться и окисляться с высвобождением энергии. Эти процессы могут происходить как с использованием кислорода (O_2), так и без его участия. Главным источником энергии для клеток является <i>глюкоза</i> . При полном окислении 1 г углеводов до воды и углекислого газа выделяется 17,6 кДж энергии
Запасаящая	Некоторые полисахариды и дисахариды (например, <i>сахароза</i>) могут накапливаться в организме в качестве запасных питательных веществ. У растений основным резервным углеводом является <i>крахмал</i> , у животных и грибов — <i>гликоген</i> . При необходимости эти полисахариды расщепляются до глюкозы — основного источника энергии
Структурная	Принимают участие в построении различных клеточных и внеклеточных структур. Так, <i>хитин</i> входит в состав наружного покрова членистоногих и клеточной стенки грибов. <i>Целлюлоза</i> — основной компонент клеточной стенки растений
Метаболическая	Обеспечивают протекание процессов обмена веществ, служат основой для синтеза других соединений. Так, моносахариды и их производные необходимы для синтеза целого ряда органических веществ: ди- и полисахаридов, нуклеотидов, некоторых спиртов и др. Соединения, которые образуются в ходе расщепления моносахаридов, используются для образования молекул карбоновых кислот, аминокислот и т. д.



Состав большинства углеводов можно выразить формулой $C_n(H_2O)_m$. Выделяют три группы углеводов: моносахариды, дисахариды и полисахариды. Самое простое строение имеют моносахариды. В состав молекул дисахаридов входит два остатка моносахаридов, в состав полисахаридов — множество. Главными функциями углеводов являются энергетическая, запасаящая, структурная и метаболическая.



1. Какие из перечисленных веществ относятся к моносахаридам? Дисахааридам? Полисахаридам?

Лактоза, гликоген, мальтоза, глюкоза, рибоза, хитин, целлюлоза, фруктоза, сахароза.

2. Какие биологические функции выполняют моносахариды? Дисахариды? Приведите примеры.

3. Чем обусловлено разнообразие дисахаридов и полисахаридов?

4. Как меняется вкус углеводов и их растворимость в воде с увеличением молекулярной массы?

5*. Сравните по различным признакам крахмал, целлюлозу и гликоген. В чем проявляется их сходство? В чем заключаются различия?

6*. Крахмал в клетках растений и гликоген в клетках животных выполняют одну и ту же функцию — запасаящую. Основным компонентом крахмала — разветвленный полисахарид амилопектин. Гликоген подобен амилопектину, однако имеет меньшую молекулярную массу и более разветвленную структуру. Каково биологическое значение указанных особенностей гликогена?



ОБНАРУЖЕНИЕ КРАХМАЛА С ПОМОЩЬЮ ЙОДА
ВЫЯВЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ АМИЛАЗЫ В СЛЮНЕ



§ 6. Липиды

Липиды — разнообразные по структуре органические вещества, которые хорошо растворяются в неполярных растворителях (бензине, хлороформе и др.), но нерастворимы или мало растворимы в воде. К этой группе соединений относятся жиры и жироподобные вещества. Молекулы большинства липидов неполярны, что и обуславливает их гидрофобность.

Массовая доля липидов в различных тканях и органах неодинакова. У животных высокое содержание жиров и жироподобных веществ наблюдается в подкожной клетчатке, желтом костном мозге, нервной ткани, молоке млекопитающих. Наиболее богаты липидами клетки жировой ткани. У растений липиды запасаются преимущественно в плодах и семенах. Большое количество жиров содержится в семенах подсолнечника, льна, рапса, плодах оливкового дерева и др.