

Углеводы

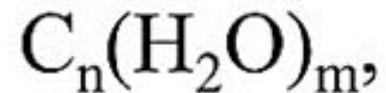
УГЛЕВОДЫ		
ПРОСТЫЕ	СЛОЖНЫЕ	ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА
		
БЕЛЫЙ ХЛЕБ	ДИКИЙ И БУРЫЙ РИС	ОТРУБИ
		
САХАР	ЦЕЛЬНОЗЕРНОВОЙ ХЛЕБ	ОВОЩИ И ФРУКТЫ
		
СЛАДОСТИ	ГРЕЧКА	
		
ГАЗИРОВКА	ЧЕЧЕВИЦА	

Классификация углеводов

Углеводы — органические вещества, молекулы которых состоят из атомов углерода, водорода и кислорода, причем водород и кислород находятся в них, как правило, в таком же соотношении, как и в молекуле воды (2 : 1).

Общая формула углеводов — $C_n(H_2O)_m$, т. е. они как бы состоят из углерода и воды, отсюда и название класса, которое имеет исторические корни. Оно появилось на основе анализа первых известных углеводов. В дальнейшем было установлено, что имеются углеводы, в молекулах которых не соблюдается указанное соотношение (2 : 1), например дезоксирибоза — $C_5H_{10}O_4$. Известны также органические соединения, состав которых соответствует приведенной общей формуле, но которые не принадлежат к классу углеводов. К ним относятся, например, формальдегид CH_2O и уксусная кислота CH_3COOH .

ОБЩАЯ ФОРМУЛА УГЛЕВОДОВ



где $n=m$ — простые сахара, или моносахариды,

$n>m$ — сложные сахара, олиго- и полисахариды

Углеводы по их способности гидролизоваться можно разделить на три основные группы: моно-, ди- и полисахариды.



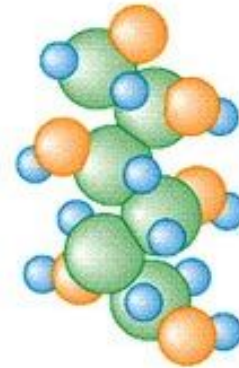
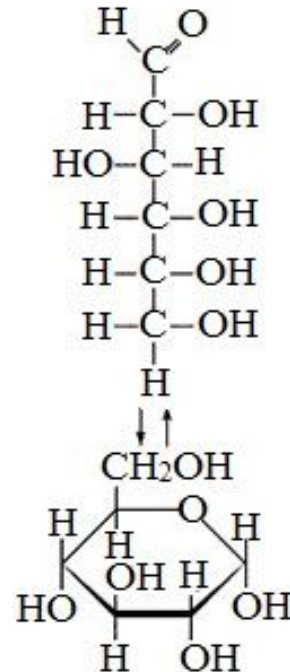
Моносахариды — углеводы, которые не гидролизуются (не разлагаются водой). В свою очередь, в зависимости от числа атомов углерода, моносахариды подразделяются на триозы (молекулы которых содержат три углеродных атома), тетрозы (четыре углеродных атома), пентозы (пять), гексозы (шесть) и т. д.

В природе моносахариды представлены преимущественно пентозами и гексозами.

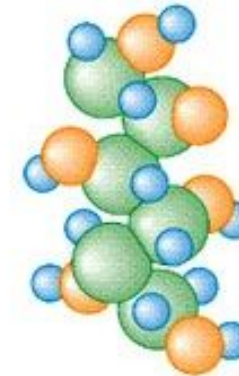
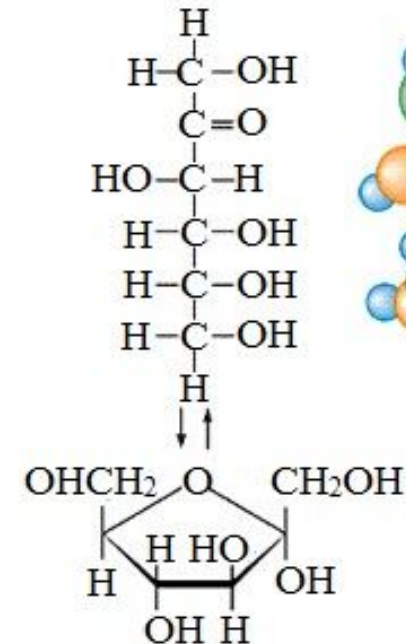
К **пентозам** относятся, например, **рибоза — $C_5H_{10}O_5$** и **дезоксирибоза** (рибоза, у которой «отняли» атом кислорода) — $C_5H_{10}O_4$. Они входят в состав РНК и ДНК и определяют первую часть названий нуклеиновых кислот.

К **гексозам**, имеющим общую молекулярную формулу $C_6H_{12}O_6$, относятся, например, глюкоза, фруктоза, галактоза.

ГЛЮКОЗА

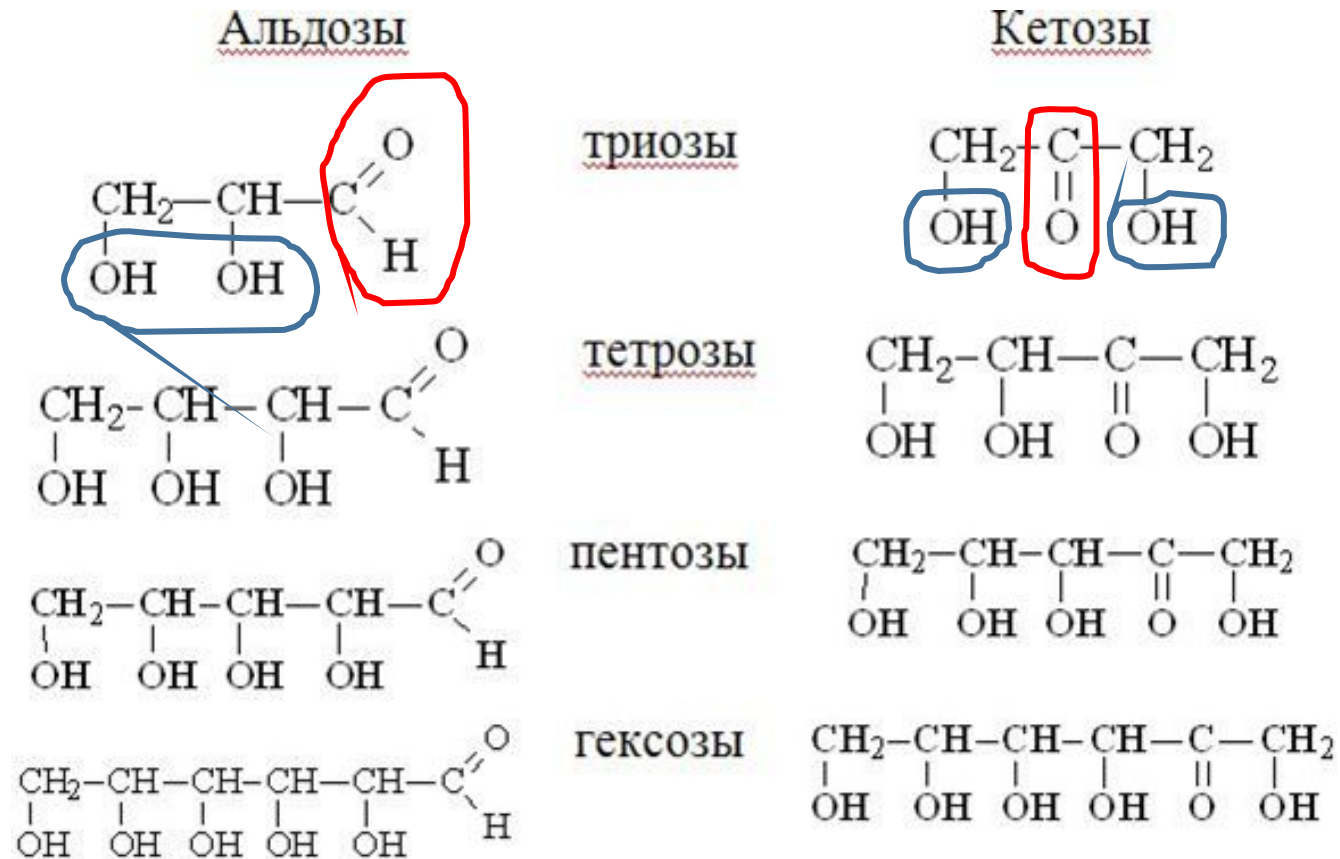


ФРУКТОЗА



В молекулах моносахаридов ко всем атомам углерода, за исключением одного, присоединены **гидроксильные группы**. Этот один атом углерода входит в состав либо **альдегидной группы, либо кетогруппы**. В первом случае моносахарид называется **альдозой**, а во втором — **кетозой**.

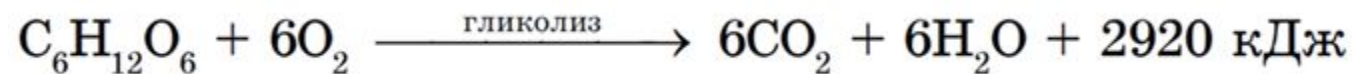
Таким образом, любой моносахарид представляет собой либо альдозу, либо кетозу. Альдозы (например, рибоза и глюкоза) встречаются чаще, чем кетозы (например, рибулоза и фруктоза).



Глюкоза и фруктоза — твердые бесцветные кристаллические вещества.

Глюкоза содержится в соке винограда (отсюда название **«виноградный сахар»**) вместе с фруктозой, которая содержится в некоторых фруктах и плодах (отсюда название **«фруктовый сахар»**), составляет значительную часть меда.

В крови человека и животных постоянно содержится около 0,1 % глюкозы (80-120 мг в 100 мл крови). Большая ее часть (около 70 %) подвергается в тканях медленному окислению с выделением энергии и образованием конечных продуктов — углекислого газа и воды (процесс гликолиза):

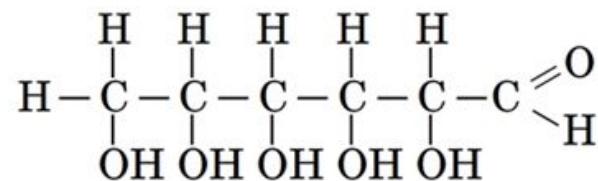
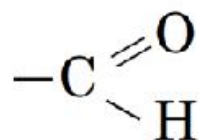


Энергия, выделяемая при гликолизе, в значительной степени обеспечивает энергетические потребности живых организмов.



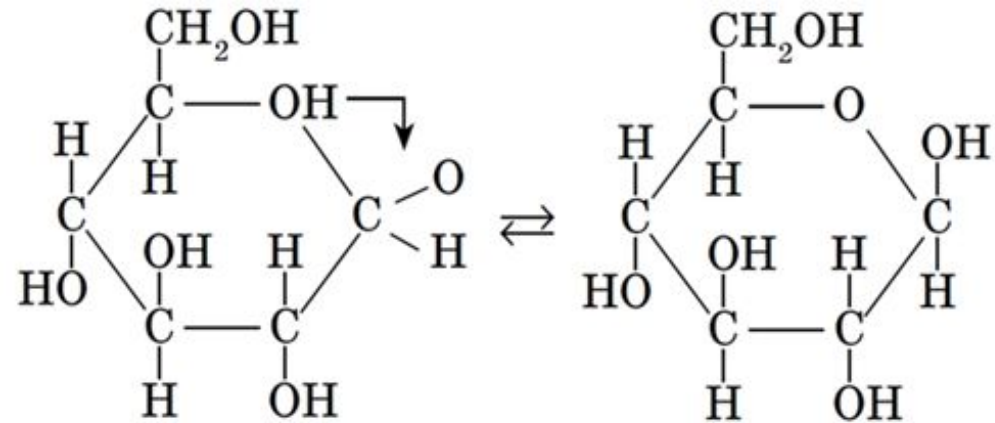
Строение молекулы глюкозы

О строении молекулы глюкозы можно судить на основании опытных данных. Она реагирует с карбоновыми кислотами, образуя сложные эфиры, содержащие от 1 до 5 остатков кислоты. Если раствор глюкозы прилить к свежеполученному гидроксиду меди (II), то осадок растворяется и образуется ярко-синий раствор соединения меди, т. е. происходит качественная реакция на многоатомные спирты. Следовательно, глюкоза является многоатомным спиртом. Если же подогреть полученный раствор, то вновь выпадет осадок, но уже красноватого цвета, т. е. произойдет качественная реакция на альдегиды. Аналогично, если раствор глюкозы нагреть с аммиачным раствором оксида серебра, то произойдет реакция «серебряного зеркала». Следовательно, глюкоза является одновременно многоатомным спиртом и альдегидом — альдегидоспиртом. Попробуем вывести структурную формулу глюкозы. Всего атомов углерода в молекуле $C_6H_{12}O_6$ шесть. Один атом входит в состав альдегидной группы:



Остальные пять атомов связываются с пятью гидроксигруппами.

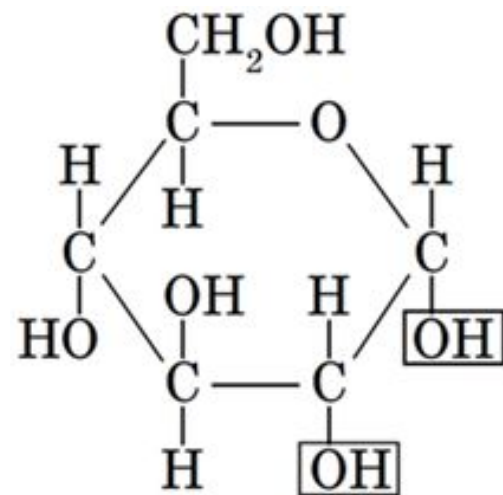
Однако установлено, что в растворе глюкозы помимо линейных (альдегидных) молекул существуют молекулы циклического строения, из которых состоит кристаллическая глюкоза.



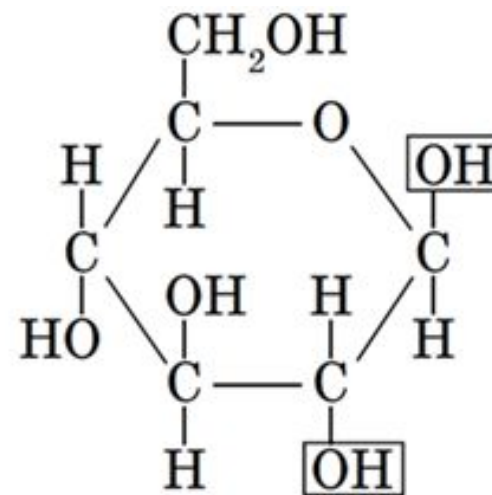
В результате взаимодействия первого и пятого атомов углерода появляется новая гидроксигруппа у первого атома, которая может занять в пространстве два положения: над и под плоскостью цикла, а потому возможны две циклические формы глюкозы:

а) **α -форма глюкозы** — гидроксильные группы при первом и втором атомах углерода расположены по одну сторону кольца молекулы;

б) **β -форма глюкозы** — гидроксильные группы находятся по разные стороны кольца молекулы:

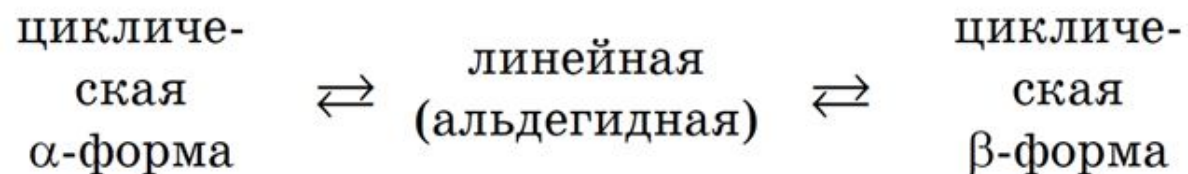


α -форма глюкозы

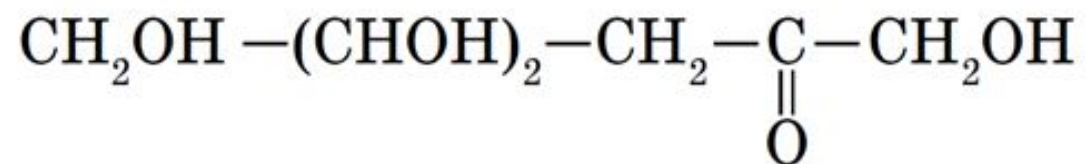


β -форма глюкозы

В водном растворе глюкозы в динамическом равновесии находятся три ее изомерные формы — циклическая α -форма, линейная (альдегидная) форма и циклическая β -форма:



Изомером альдегидоспирта глюкозы является кетонспирт — фруктоза



Химические свойства глюкозы

Химические свойства глюкозы, как и любого другого органического вещества, определяются ее строением. Глюкоза обладает двойственной функцией, являясь и альдегидом, и многоатомным спиртом, поэтому для нее характерны свойства и многоатомных спиртов, и альдегидов.

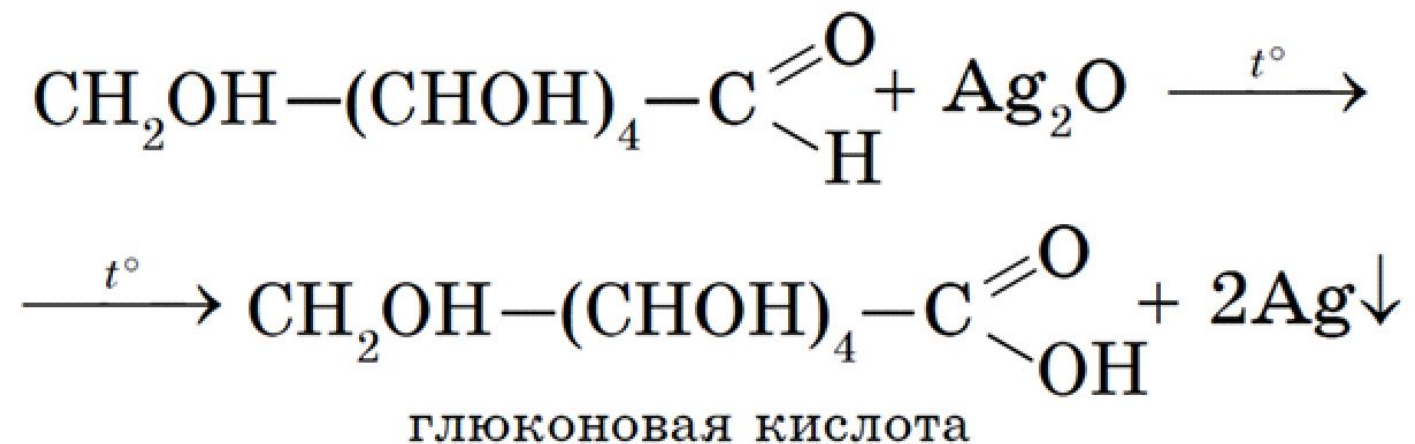
Реакции глюкозы как многоатомного спирта.

Глюкоза дает качественную реакцию многоатомных спиртов (вспомните глицерин) со свежеполученным гидроксидом меди (II), образуя ярко-синий раствор соединения меди (II). Глюкоза, подобно спиртам, может образовывать сложные эфиры.

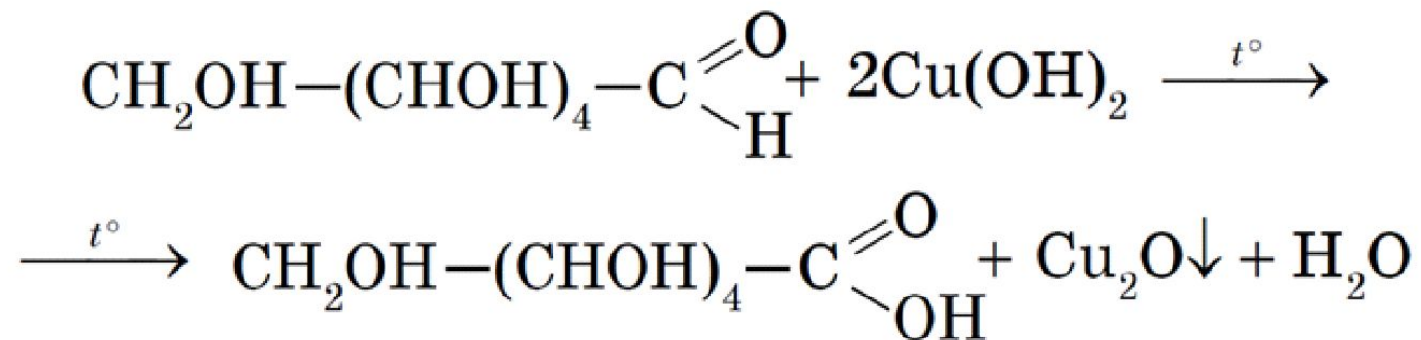
Реакции глюкозы как альдегида

1. **Окисление альдегидной группы.** Глюкоза как альдегид способна окисляться в соответствующую (глюконовую) кислоту и давать качественные реакции альдегидов.
Реакция «серебряного зеркала»:

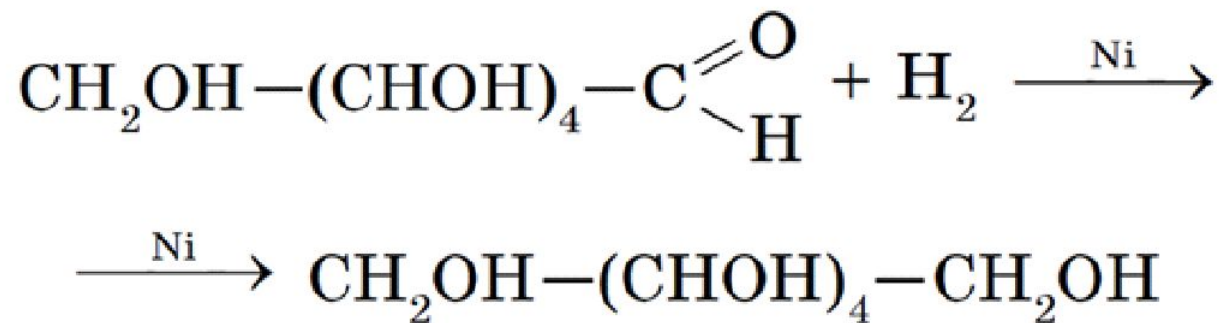
Реакция «серебряного зеркала»:



Реакция со свежеполученным $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагревании:



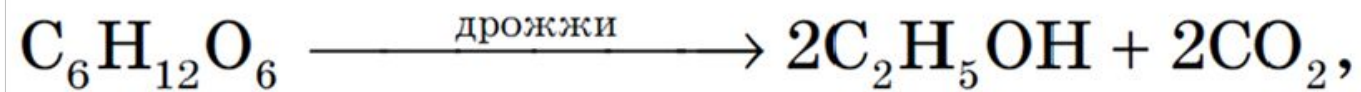
Восстановление альдегидной группы. Глюкоза может восстанавливаться в соответствующий спирт (сорбит):



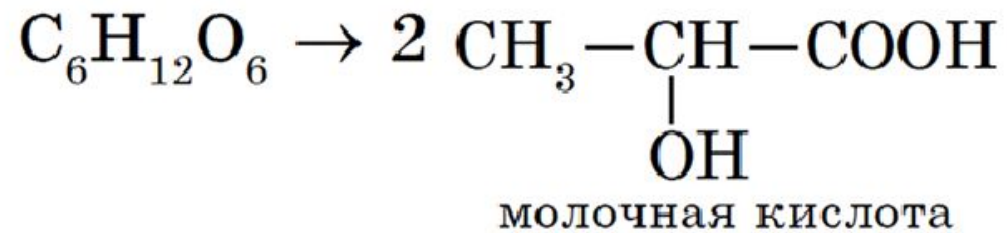
Реакции брожения

Эти реакции протекают под действием особых биологических катализаторов белковой природы — ферментов.

1. Спиртовое брожение:



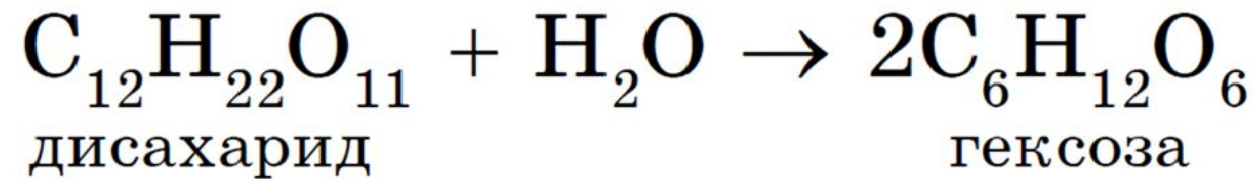
2. Молочнокислое брожение:



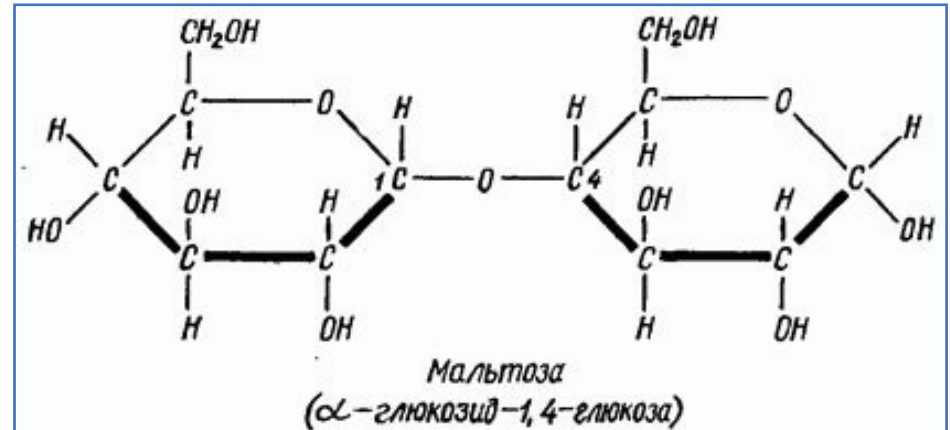
Составляет основу жизнедеятельности молочнокислых бактерий и происходит при скисании молока, квашении капусты и огурцов, силосовании зеленых кормов.

Дисахариды — углеводы, которые гидролизуются с образованием двух молекул моносахаридов, например гексоз. Общую формулу подавляющего большинства дисахаридов вывести несложно: нужно «сложить» две формулы гексоз и «вычесть» из получившейся формулы молекулу воды — $C_{12}H_{22}O_{11}$. Соответственно можно записать и общее уравнение гидролиза:

К дисахаридам относятся:



- сахароза (глюкоза + фруктоза)
- лактоза (глюкоза + галактоза)
- мальтоза (глюкоза + глюкоза)

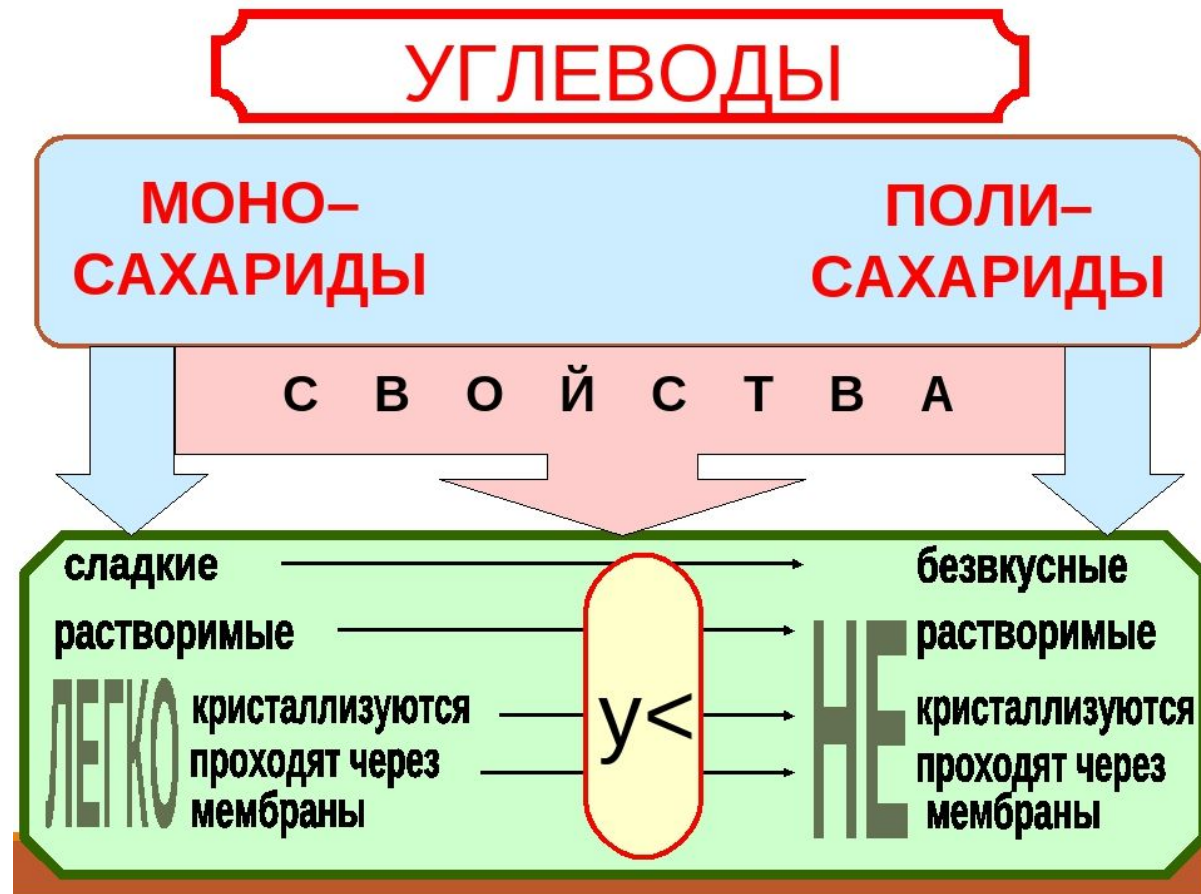


1. **Сахароза** (обычный пищевой сахар), которая при гидролизе образует одну молекулу глюкозы и молекулу фруктозы. Она содержится в большом количестве в сахарной свекле, сахарном тростнике (отсюда и названия — свекловичный или тростниковый сахар), клене (канадские первопроходцы добывали кленовый сахар), сахарной пальме, кукурузе и т. д.

2. **Мальтоза** (солодовый сахар), которая гидролизуется с образованием двух молекул глюкозы. Мальтозу можно получить при гидролизе крахмала под действием ферментов, содержащихся в солоде, — пророщенных, высушенных и размолотых зернах ячменя.

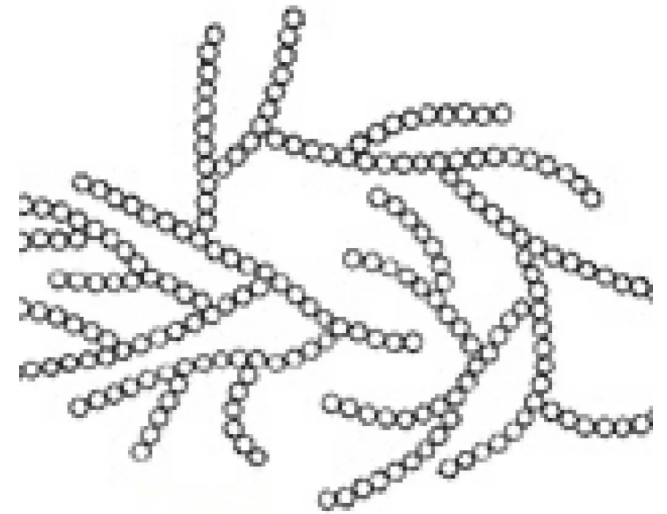
3. **Лактоза** (молочный сахар), которая гидролизуется с образованием молекул глюкозы и галактозы. Она содержится в молоке млекопитающих (до 4-6 %), обладает невысокой сладостью и используется как наполнитель в драже и аптечных таблетках.

Сладкий вкус разных моно- и дисахаридов различен. Так, самый сладкий моносахарид — фруктоза — в 1,5 раза слаще глюкозы, которую принимают за эталон. Сахароза (дисахарид), в свою очередь, в 2 раза слаще глюкозы и в 4-5 раз — лактозы, которая почти безвкусна.



Полисахариды

Крахмал, гликоген, декстрины, целлюлоза и т. д. — углеводы, которые гидролизуются с образованием множества молекул моно-сахаридов, чаще всего глюкозы. Чтобы вывести формулу полисахаридов, нужно от молекулы глюкозы «отнять» молекулу воды и записать выражение с индексом n : $(C_6H_{10}O_5)_n$, ведь именно за счет отщепления молекул воды в природе образуются ди- и полисахариды. Роль углеводов в природе и их значение для жизни человека чрезвычайно велики. Образуясь в клетках растений в результате фотосинтеза, они выступают источником энергии для клеток животных. В первую очередь это относится к глюкозе.



Гликоген

Целлюлоза — строительный материал растительных клеток — играет роль каркаса для оболочек этих клеток. Другой полисахарид — хитин — выполняет аналогичную роль в клетках некоторых животных: образует наружный скелет членистоногих (ракообразных), насекомых, паукообразных.

Применение углеводов

Углеводы различной природы и их производные широко применяются в медицинской и фармацевтической практике. Глюкоза, сахароза, лактоза, крахмал с давних пор используются для приготовления различных лекарственных форм в аптечных и заводских условиях.

К группе производных углеводов - кардиотонических средств относятся сердечные гликозиды, усиливающие сократимость миокарда. Например, дигитоксин — мощный стимулятор сердечной мышцы.

К гликозидам, относятся также и некоторые антибиотики, например эритромицин, стрептомицин, пуромицин.

Все большее значение в медицине приобретают полисахариды и их производные. Многие из них повышают устойчивость организма к бактериальным и вирусным инфекциям, т. е. обладают иммуностимулирующим действием; препятствуют возникновению и развитию опухолей, действию рентгеновских лучей и т. д.

Из биомассы ряда базидиальных грибов в Японии получают полисахариды *кориолан*, *лентипан*, *пахиман*, *шизофиллан*, которые используют для лечения некоторых онкологических заболеваний. В России разработано биотехнологическое производство экзополисахаридов: аубазидан и поллулан, являющихся продуцентами гриба *Aureobasidium pullulans*. Аубазидан используется как вспомогательное средство для создания лекарственных форм, а поллулан нашел применение в пищевой промышленности.



Практическая деятельность на всей истории развития человечества связана с переработкой углеводсодержащего сырья: хлебопечение, брожение, изготовление бумаги, хлопчатобумажных и льняных тканей, ацетатного и вискозного шелка, бездымного пороха и др.

В пищевой и кондитерской промышленности нашли применение такие природные гликозиды, как ванилин, синигрин, пеларганидин. Как вкусовая добавка в пищевой промышленности используется сорбит.

