

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 324
Курортного района Санкт-Петербурга

III Районный Фестиваль ученических исследовательских работ в предметах
естественнонаучного цикла для учащихся 8-10 классов

Исследование-реферат

Расследование проведено учащимися
10-а класса ГБОУ СОШ № 324 по теме:

«УГЛЕВОДЫ»

Составитель:
ученица 10-а класса
Симакова Екатерина,

Научный руководитель:
Учитель химии
Огурцова И.В.

Санкт-Петербург
2015

Содержание	
Введение.....	3
Глава I. Результаты литературного исследования.....	3
1.1. Классификация и строение молекул углеводов.....	3
1.1.1. Классификация углеводов.....	3
1.1.2. Строение углеводов.....	4
1.1.2.1. Моносахариды.....	4
1.1.2.2. Олигосахариды.....	6
1.1.2.3. Полисахариды.....	9
1.2. Физические свойства.....	11
1.2.1. Моносахариды.....	11
1.2.2. Олиго- и полисахариды.....	11
1.3. Нахождение в природе.....	12
1.4. Химические свойства углеводов.....	13
1.4.1. Моносахариды	13
1.4.2. Дисахариды	17
1.4.3. Полисахариды	19
Выводы по главе I	24
Глава II. Гипотеза.....	27
Глава III. Экспериментальное определение строения углеводов	27
3.1. Доказательство строения глюкозы	27
3.2. Доказательство строения фруктозы	28
3.3. Доказательство строения сахарозы	29
3.4. Доказательство строения крахмала	29
3.5. Доказательство строения целлюлозы	30
3.6. Доказательство образования кислоты после употребления углеводов ...	30
Выводы по главе III	31
Выводы	32
Литература	33

Цель данной работы – провести изучение литературных источников по свойствам, строению и применению углеводов и экспериментально доказать строение основных представителей различных классов углеводов.

В работе участвовал весь класс, который разбился на исследовательские группы по отдельным группам углеводов. Собрала материал и сделала итоговую презентацию Екатерина Симакова.

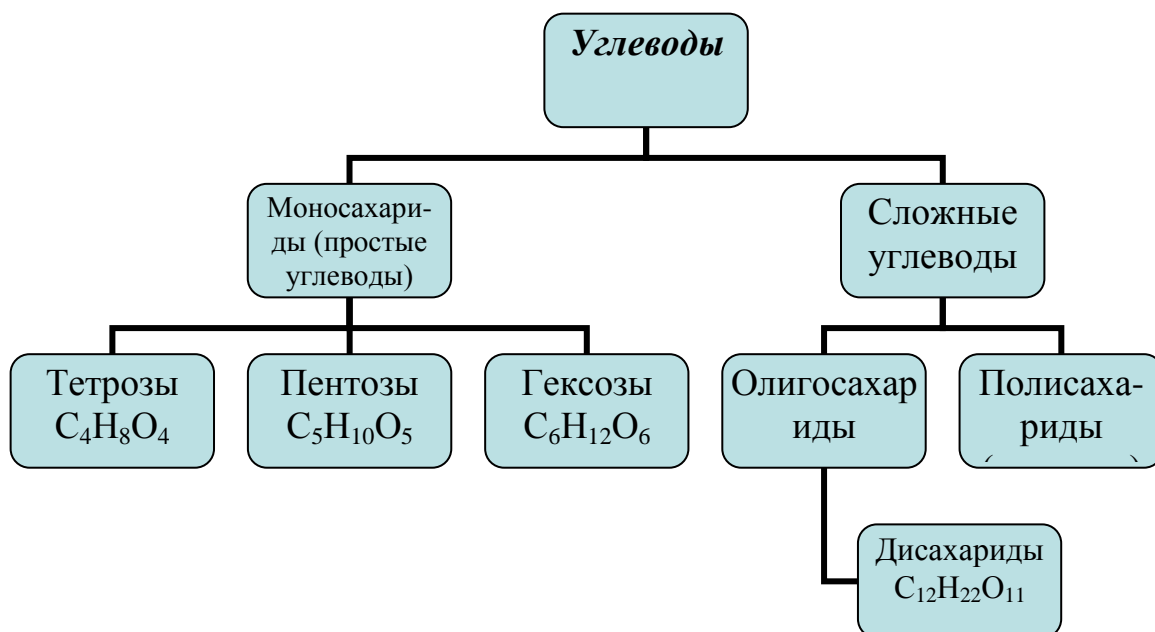
План исследования

1. Сбор фактов по данной теме исследования
2. Выдвижение гипотезы
3. Подтверждение гипотезы экспериментом
4. Формулирование вывода по результатам исследования

I. Результаты литературного исследования.

1.1. Классификация и строение молекул углеводов

1.1.1. Классификация углеводов



Углеводы (сахара) – органические соединения, имеющие сходное строение и свойства, состав большинства которых отражает формула $C_x(H_2O)_y$, где $x, y \geq 3$.

Общеизвестные представители: глюкоза (*виноградный сахар*) $C_6H_{12}O_6$, сахароза (*тростниковый, свекловичный сахар*) $C_{12}H_{22}O_{11}$, крахмал и целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Углеводы объединяют разнообразные соединения – от низкомолекулярных, состоящих из нескольких атомов ($x = 3$), до полимеров_n с молекулярной массой в несколько миллионов ($n > 10000$).

По числу входящих в их молекулы структурных единиц (остатков простейших углеводов) и способности к гидролизу углеводы подразделяют на моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Моносахариды не гидролизуются с образованием более простых углеводов. Олиго- и полисахариды расщепляются при гидролизе до моносахаридов. В молекулах олигосахаридов содержится от 2 до 10 моносахаридных остатков, в полисахаридах – от 10 до 3000-5000.

НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЕЙШИЕ УГЛЕВОДЫ

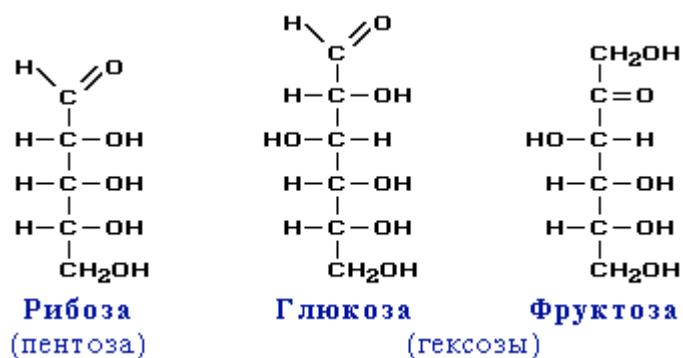
Моносахариды	Олигосахариды	Полисахариды
Глюкоза $C_6H_{12}O_6$	Сахароза (дисахарид)	Целлюлоза
Фруктоза $C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Рибоза $C_5H_{10}O_5$	Лактоза (дисахарид)	Крахмал
Дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
	Раффиноза (трисахарид)	Гликоген
	$C_{18}H_{32}O_{16}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$

Для большинства углеводов приняты тривиальные названия с суффиксом -оза (глюкоза, рибоза, сахароза, целлюлоза и т.п.).

1.1.2. Строение углеводов

1.1.2.1. Моносахариды

В природе наиболее распространены моносахариды, в молекулах которых содержится пять углеродных атомов (пентозы) или шесть (гексозы). Моносахариды – гетерофункциональные соединения, в состав их молекул входит одна карбонильная группа (альдегидная или кетонная) и несколько гидроксильных. Например:



Из этих формул следует, что моносахариды – это полигидроксиальдегиды (*альдозы*, альдегидоспирты) или полигидроксикетоны (*кетозы*, кетонспирты).

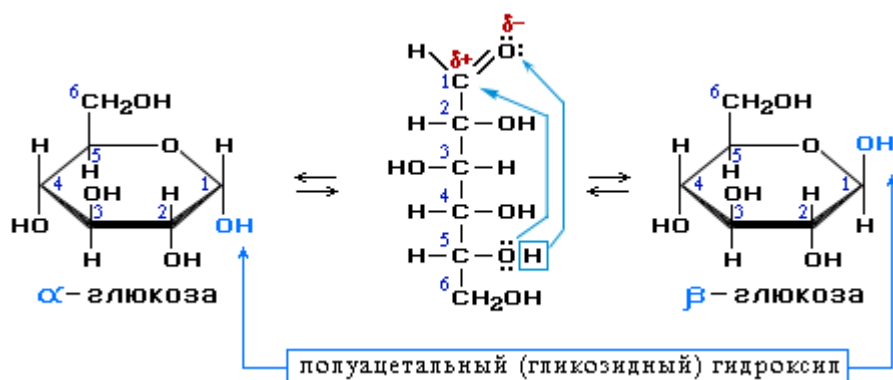
Рибоза и глюкоза - альдозы (альдопентоза и альдогексоза), фруктоза - кетоза (кетогексоза).

Однако не все свойства моносахаридов согласуются с таким строением. Так, моносахариды не участвуют в некоторых реакциях, типичных для карбонильной группы. Одна из гидроксигрупп отличается повышенной реакционной способностью и ее замещение (например, на группу -OR) приводит к исчезновению свойств альдегида (или кетона).

Следовательно, моносахаридам, кроме приведенных формул, свойственна также иная структура, возникающая в результате внутримолекулярной реакции между карбонильной группой с одним из спиртовых гидроксильных групп.

Известно, что наиболее устойчивыми являются 5-ти и 6-ти членные циклы. Поэтому, как правило, происходит взаимодействие карбонильной группы с гидроксильной группой при 4-м или 5-м углеродном атоме (нумерация начинается с карбонильного углерода или ближайшего к нему конца цепи).

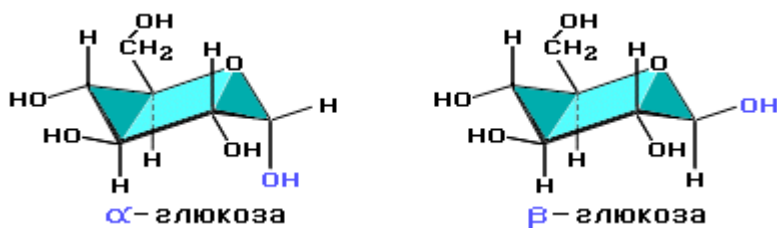
Таким образом, в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных моносахариды могут существовать в двух формах: *открытой цепной* (оксо-форме) и *циклической* (полуацетальной). В растворах моносахаридов эти формы находятся в равновесии друг с другом. Например, в водном растворе глюкозы существуют следующие структуры:



Подобное *динамическое равновесие* структурных изомеров называется *таутомерией*. Данный случай относится к *цикло-цепной таутомерии* моносахаридов.

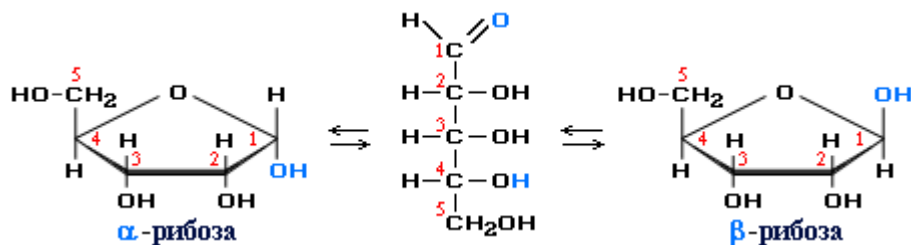
Циклические α - и β - формы глюкозы представляют собой пространственные изомеры, отличающиеся положением полуацетального гидроксила относительно плоскости кольца. В α - глюкозе этот гидроксил находится в *транс* -положении к гидроксиметильной группе $-\text{CH}_2\text{OH}$, в β -глюкозе – в *цис* -положении.

С учетом пространственного строения шестичленного цикла формулы этих изомеров имеют вид:



Виртуальные модели

Аналогичные процессы происходят и в растворе рибозы:



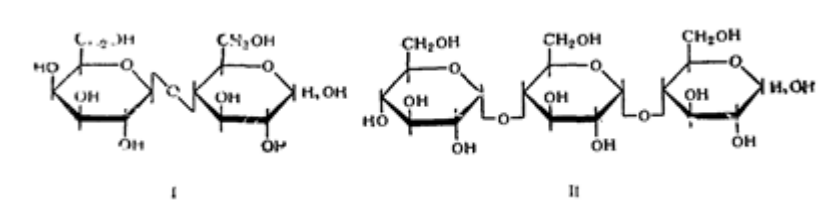
В твердом состоянии моносахариды имеют циклическое строение.

1.1.2.2. Олигосахариды.

К олиго - и полисахаридам относятся соединения, молекулы которых построены из остатков моносахаридов, соединенных О-гликозидными связями. Разграничение олигосахаридов и полисахаридов не может быть сделано строго, поскольку природные углеводы представлены почти непрерывным рядом соединений от моносахаридов до высших полисахаридов. Однако с методической точки зрения целесообразно считать олигосахаридами соединения, содержащие до 8-10 моносахаридных звеньев, а к полисахаридам относить более высокомолекулярные сахара. Внутри класса олигосахаридов различают, в зависимости от числа моносахаридных звеньев, дисахариды, трисахариды, тетрасахариды и т. д. Олигосахаридами в принятой выше несколько условной классификации можно считать соединения, при изучении которых могут быть применены обычные логические подходы и методические приемы органической химии. Так, олигосахариды, как правило, можно выделить в индивидуальном состоянии и для них возможно установление однозначной структурной формулы, в том смысле, как это принято в органической химии. Для полисахаридов, напротив, понятие индивидуального вещества заменяется понятием смеси полимергомологов с однотипной структурой макромолекул. Поэтому и структурные формулы полисахаридов носят несколько условный характер, отвечающий условности соответствующего понятия в химии высокомолекулярных соединений. Отсюда вытекает и ряд различий в методах исследования обоих классов углеводов: для олигосахаридов характерны методы классической органической химии, для полисахаридов - методы химии высокомолекулярных соединений.

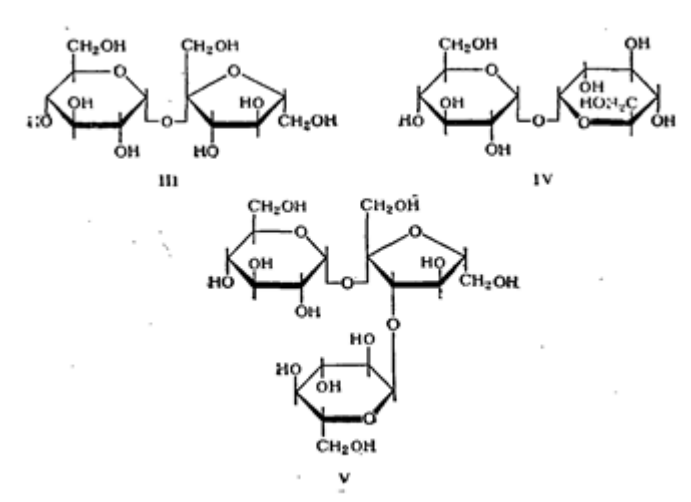
В молекуле олигосахарида, в котором все гликозидные связи образованы полуацетальным гидроксильной группой одного моносахарида и спиртовым гидроксильной группой другого, в конце цепи остается один незамещенный полуацетальный гидроксил. Такие олигосахариды, обладающие рядом характерных свойств карбонильных соединений, носят название

восстанавливающих (редуцирующих) олигосахаридов. Примерами восстанавливающих олигосахаридов могут служить лактоза I и мальтотриоза II:

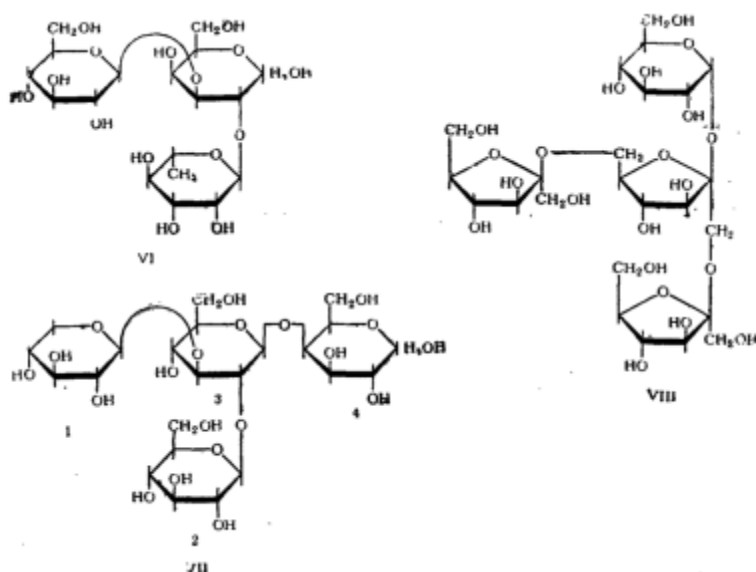


Олигосахариды, в которых один из гликозильных остатков связан гликозидной связью с полуацетальным гидроксилом другого моносахарида, не содержат ни одного свободного полуацетального гидроксила. Такие соединения не проявляют характерных альдегидных реакций и называются **невосстанавливающими** (нередуцирующими) олигосахаридами. Типичными представителями невосстанавливающих олигосахаридов являются сахароза III, трегалоза IV и меллицитоза V:

Олигосахариды, в которых к спиртовым гидроксилам каждого моносахаридного звена присоединено не более одного гликозильного остатка, называются **неразветвленными**; в разветвленных олигосахаридах содержатся моносахаридные звенья, несущие более одного гликозильного остатка на спиртовых гидроксилах. Такие звенья называются точками разветвления олигосахаридной цепи.



Соединения II и V могут служить примерами неразветвленных олигосахаридов, а трисахарид солатриоза VI и тетрасахариды ликотетраоза VII и бифуркоза VIII - примерами разветвленных олигосахаридов.



Моносахариды, находящиеся на концах олигосахаридных цепей, называются **концевыми** (терминальными). В восстанавливающих олигосахаридах отличают восстанавливающий конец, или восстанавливающее звено, содержащее свободный полуацетальный гидроксил, от прочих концевых звеньев, которые часто называют просто концевыми моносахаридами. Так, в формуле VII остатки, отмеченные цифрами 1 и 2, являются концевыми, цифрой 3 обозначено звено, являющееся точкой разветвления, а цифрой 4 - восстанавливающее звено.

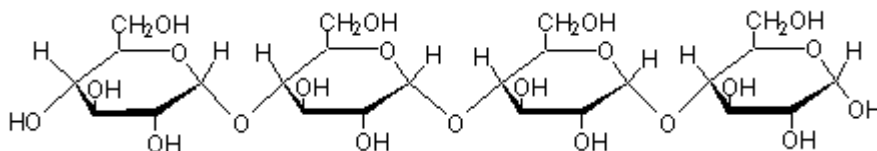
Олигосахариды, построенные из остатков одного моносахарида, называют **гомоолигосахаридами**, в отличие от гетероолигосахаридов, в состав которых входят остатки различных моносахаридов. Так, например, мальтотриоза II является гомотрисахаридом в то время, как бифуркоза VIII представляет собой гетеротетрасахарид.

1.1.2.3. Полисахариды

Наиболее важными из гомополисахаридов являются амилоза, амилопектин, целлюлоза и гликоген (глюканы), состоящие из остатков глюкозы. Полисахарид инулин построен из остатков фруктозы (полифруктозан), названия других полисахаридов прямо указывают на остатки углеводов, из которых те построены – маннан, галактан, арабан. Важнейшей характеристикой полисахаридов является их вторичная структура – пространственная организация молекулы.

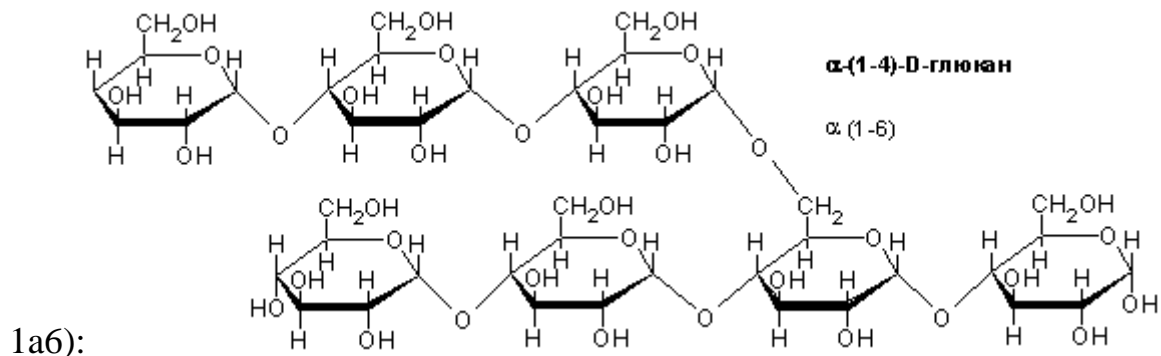
Крахмал – резервный полисахарид растений. В пшенице его 57 %, в кукурузе – 65–72 %, в рисе – 62–85 %. Крахмал представляет из себя сложную смесь из полисахаридов, содержащую незначительные количества золы, белка, жиров. Главными компонентами крахмала являются линейный полисахарид амилоза (на ее долю приходится от 100 % во фруктах до 0 % в некоторых сортах кукурузы, в среднем 20–25 % в других растениях) и разветвленный полисахарид амилопектин (обычное содержание 75–80 % в различных сортах растений).

Амилоза – линейный полисахарид (α -D-(1-4)-глюкан), состоящий из остатков D-глюкозы, связанных α -(1-4)-гликозидными связями. Структурной единицей амилозы является дисахарид мальтоза:



Амилопектин отличается от амилозы большей молекулярной массой и наличием разветвлений в цепи по местам (1-6). Частота ветвления – одно на примерно каждые 20 остатков моносахаридов. Структурными единицами

амилопектина являются мальтоза (ветвление 1a4) и изомальтоза (ветвление



Молекулярная масса амилопектина может достигать 20 000 000.

Различаются также и физические свойства амилозы и амилопектина. Амилоза растворяется в горячей воде с образованием маловязких растворов, амилопектин способен набухать в воде при температуре ее кипения с образованием коллоидных растворов вследствие гидратации.

1.2. Физические свойства углеводов..

1.2.1. Моносахариды.

Моносахариды – твердые вещества, легко растворимые в воде, плохо – в спирте и совсем нерастворимые в эфире. Водные растворы имеют нейтральную реакцию на лакмус. Большинство моносахаридов обладают сладким вкусом, однако меньшим, чем свекловичный сахар.

Относительная сладость некоторых углеводов и пищевых подсластителей

№ п/п	Соединение	Относительная сладость
1	Лактоза	0,2
2	Мальтоза	0,3
3	Глюкоза	0,7
4	Сахароза	1,0
5	Фруктоза	1,7

6	Аспартам (сластилин)	180
7	Сахарил	200
8	Сахарин	400
9	Малонин	33 000

1.2.2. Олиго - и полисахариды.

Дисахариды, как и моносахариды, представляют собой кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, плохо – в спирте и практически нерастворимы в неполярных органических растворителях.

Полисахариды - аморфные, редко кристаллические, высокомолекулярные соединения с молекулярной массой от 2 тыс. до нескольких миллионов. Как правило, природные полисахариды представляют собой смесь полимергомологов. Они легко образуют межмолекулярные связи. Молекулы полисахаридов высоко полярны вследствие большого количества свободных гидроксильных групп. Благодаря этому они нерастворимы в спирте и органических растворителях. Линейные гомогликаны (ксиланы, маннаны, целлюлоза, хитин) нерастворимы в воде вследствие прочных межмолекулярных связей. Сложные разветвленные полисахариды или растворяются в воде (гликоген, декстраны), или образуют гели (агар-агар, пектин, альгинаты). Растворы полисахаридов оптически активны.

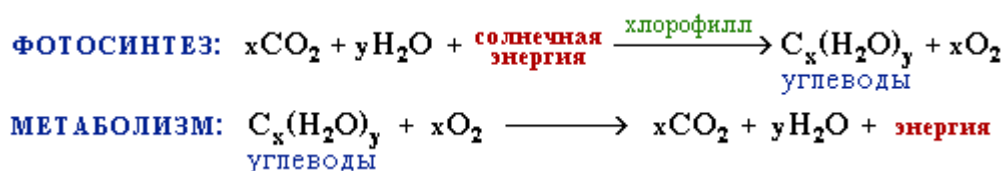
Основной функциональной группой полисахаридов является гидроксильная группа, которая может этерифицироваться и окисляться. Карбоксильные группы уроновых кислот могут быть этерифицированными, восстановленными, аминогруппы аминосахаров - ацилированными. Полисахариды образуют комплексы с металлами и низкомолекулярными органическими соединениями. Эти свойства, а также способность

удерживать большое количество воды, придают полисахаридам важные биологические свойства энтеросорбентов и детоксикантов.

1.3. Нахождение в природе.

Углеводы содержатся в клетках растительных и животных организмов и по массе составляют основную часть органического вещества на Земле. Эти соединения образуются растениями в процессе фотосинтеза из углекислого газа и воды при участии хлорофилла. Животные организмы не способны синтезировать углеводы и получают их с растительной пищей.

Фотосинтез можно рассматривать как процесс восстановления CO_2 с использованием солнечной энергии. Эта энергия освобождается в животных организмах в результате метаболизма углеводов, который заключается, с химической точки зрения, в их окислении.



1.4. Химические свойства углеводов.

1.4.1. Моносахариды.

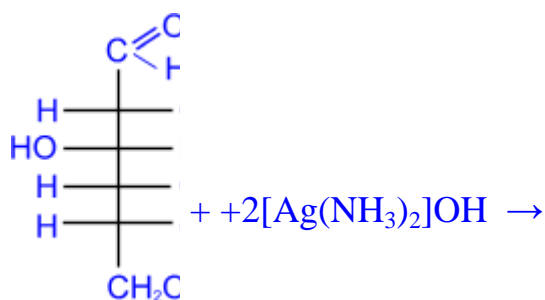
Химические свойства моносахаридов обусловлены наличием в молекуле функциональных групп трех видов (карбонила, спиртовых гидроксильных и полуацетального гидроксильных).

I. Реакции по карбонильной группе

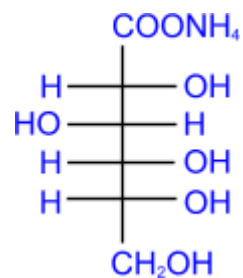
На примере глюкозы.

1. Окисление.

а) Как и у всех альдегидов, окисление моносахаридов приводит к соответствующим кислотам. Так, при окислении глюкозы аммиачным раствором гидрата окиси серебра образуется глюконовая кислота (реакция "серебряного зеркала").

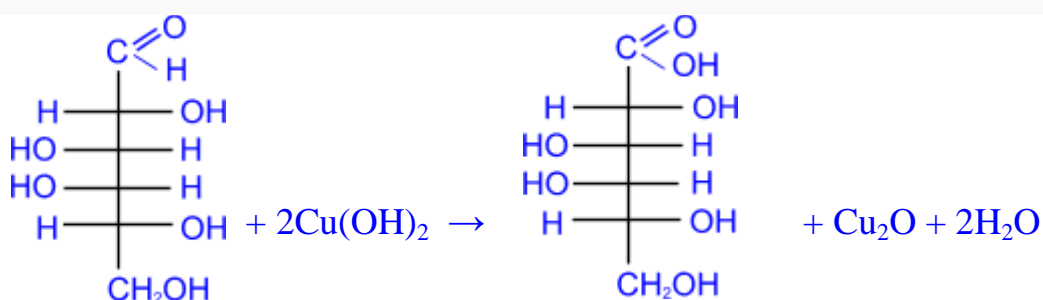


D-глюкоза



аммониевая соль D-глюконовой
кислоты

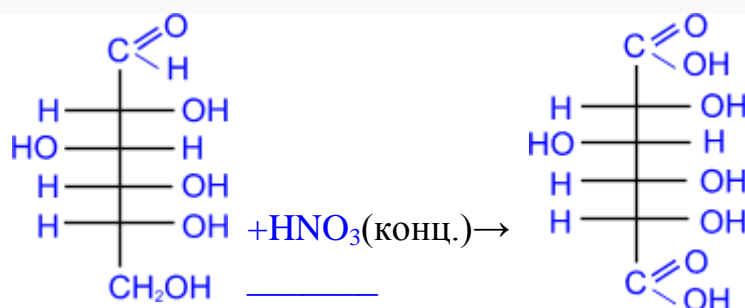
b) Реакция моносахаридов с гидроксидом меди при нагревании приводит к альдоновым кислотам.



D- галактоза

D- галактоновая
кислота

с) Более сильные окислительные средства окисляют в карбоксильную группу не только альдегидную, но и первичную спиртовую группы, приводя к двухосновным сахарным (альдаровым) кислотам. Обычно для такого окисления используют концентрированную азотную кислоту.

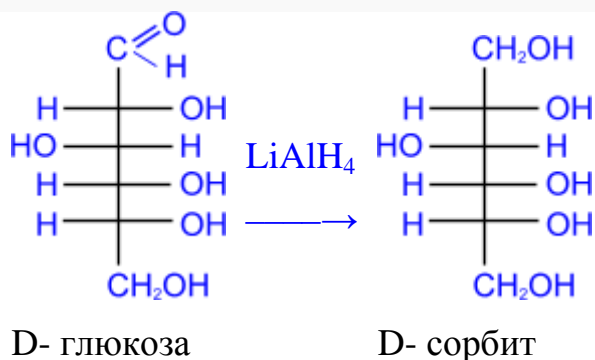


D- глюкоза

сахарная
(D- глюкаровая)
кислота

2. Восстановление.

Восстановление сахаров приводит к многоатомным спиртам. В качестве восстановителя используют водород в присутствии никеля, алюмогидрида лития и др.



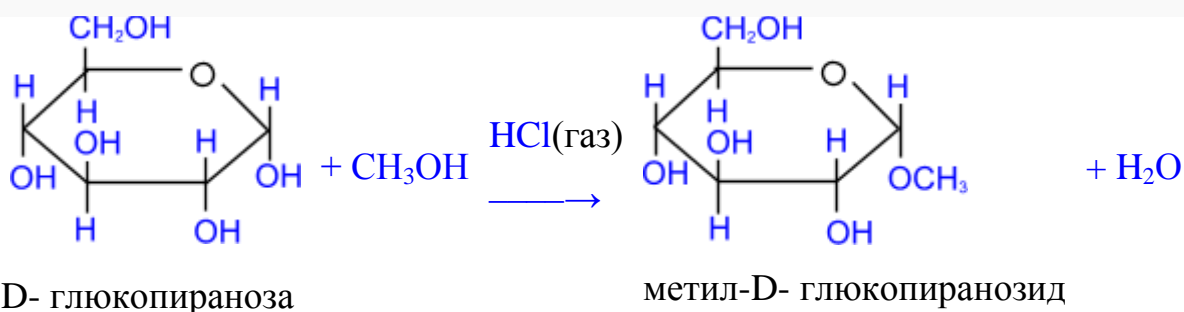
3. Несмотря на схожесть химических свойств моносахаридов с альдегидами, глюкоза не вступает в реакцию с гидросульфитом натрия (NaHSO_3).

II. Реакции по гидроксильным группам

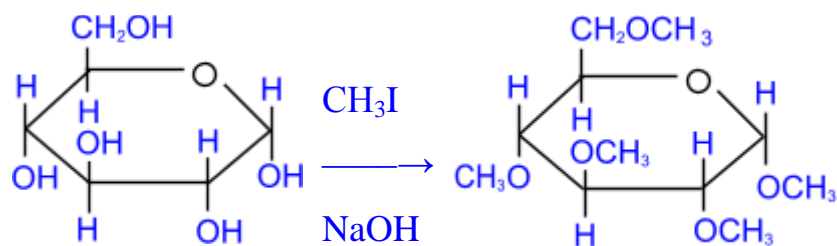
Реакции по гидроксильным группам моносахаридов осуществляются, как правило, в полуацетальной (циклической) форме.

1. Алкилирование (образование простых эфиров).

При действии метилового спирта в присутствии газообразного хлористого водорода атом водорода гликозидного гидроксила замещается на метильную группу.



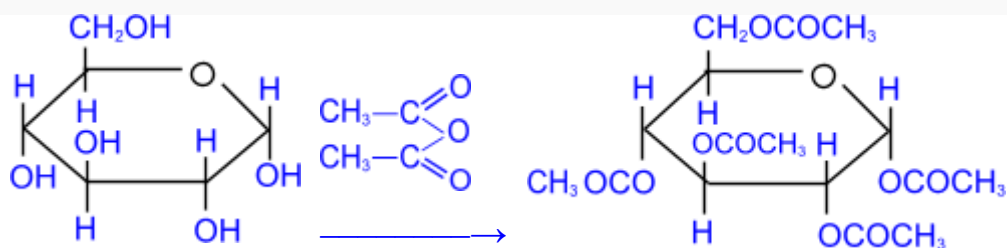
При использовании более сильных алкилирующих средств, каковыми являются, например, йодистый метил или диметилсульфат, подобное превращение затрагивает все гидроксильные группы моносахарида.



пентаметил- D- глюкопираноза

2. Ацилирование (образование сложных эфиров).

При действии на глюкозу уксусного ангидрида образуется сложный эфир – пентаацетилглюкоза.



пентаацетил- D- глюкопираноза

3. Как и все многоатомные спирты, глюкоза с гидроксидом меди (II) дает интенсивное синее окрашивание (качественная реакция).

III. Специфические реакции

Кроме приведенных выше, глюкоза характеризуется и некоторыми специфическими свойствами - процессами брожения. Брожением называется расщепление молекул сахаров под воздействием ферментов (энзимов). Брожению подвергаются сахара с числом углеродных атомов, кратным трем. Существует много видов брожения, среди которых наиболее известны следующие:

а) спиртовое брожение	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ этанол
б) молочно-кислое брожение	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3-CH(OH)-COOH$ молочная кислота
в) масляно-кислое брожение	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_7COOH + 2CO_2 + 2H_2O$ масляная кислота
г) лимонно-кислое брожение	$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow HOOC-CH_2-C(OH)(COOH)-CH_2-COOH + 2H_2O$ лимонная кислота

д)ацетон-бутанольное брожение	$2C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_4H_9OH + CH_3-CO-CH_3 + 5CO_2 + 4H_2$
	Бутанол ацетон

В живом организме в процессе метаболизма глюкоза окисляется с выделением большого количества энергии:



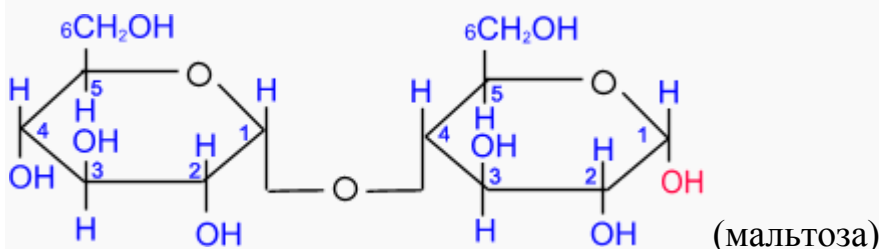
Упомянутые виды брожения, вызываемые микроорганизмами, имеют широкое практическое значение. Например, спиртовое – для получения этилового спирта, в виноделии, пивоварении и т.д., а молочнокислое – для получения молочной кислоты и кисломолочных продуктов.

1.4.2. Дисахариды

Дисахариды (биозы) при гидролизе образуют два одинаковых или разных моносахарида. Для установления строения дисахаридов необходимо знать: из каких моносахаридов он построен, какова конфигурация аномерных центров у этих моносахаридов, каковы размеры цикла (фураноза или пираноза) и с участием каких гидроксильных групп связаны две молекулы моносахарида.

Дисахариды подразделяются на две группы: восстанавливающие и невосстанавливающие.

К **восстанавливающим** дисахаридам относится, в частности, мальтоза (солодовый сахар), содержащаяся в солоде, т.е. проросших, а затем высушенных и измельченных зернах хлебных злаков.

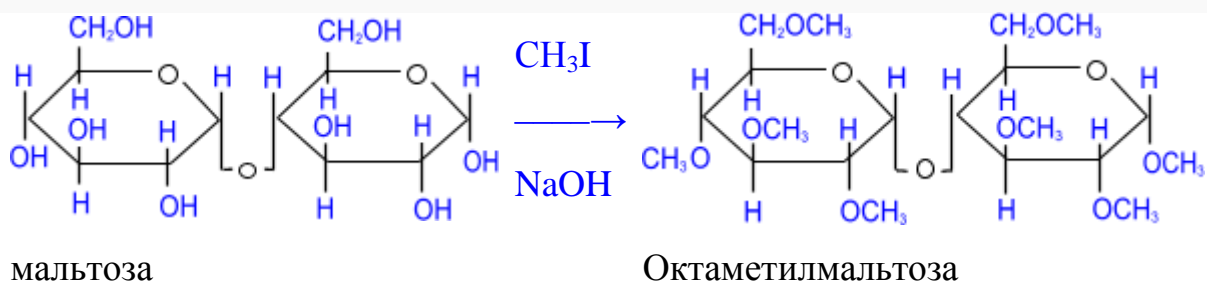


Мальтоза составлена из двух остатков D- глюкопиранозы, которые связаны (1–4) -гликозидной связью, т.е. в образовании простой эфирной связи

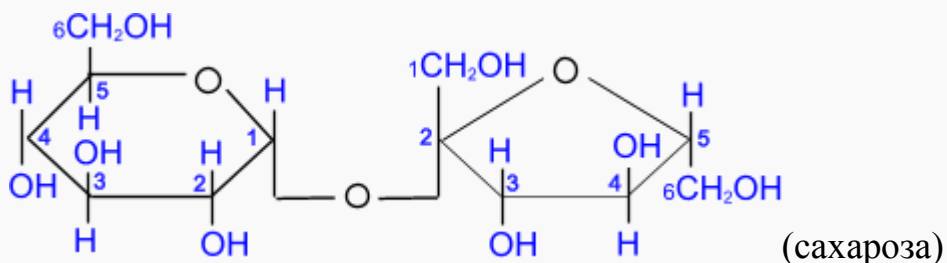
участвуют гликозидный гидроксил одной молекулы и спиртовой гидроксил при четвертом атоме углерода другой молекулы моносахарида.

Мальтоза представляет собой белые кристаллы, хорошо растворимые в воде, сладкие на вкус, однако значительно меньше, чем у сахара (сахарозы).

Как видно, в мальтозе имеется свободный гликозидный гидроксил, вследствие чего сохраняется способность к раскрытию цикла и переходу в альдегидную форму. В связи с этим, мальтоза способна вступать в реакции, характерные для альдегидов, и, в частности, давать реакцию "серебряного зеркала", поэтому ее называют восстанавливающим дисахаридом. Кроме того, мальтоза вступает во многие реакции, характерные для моносахаридов, например, образует простые и сложные эфиры (см. химические свойства моносахаридов).



К **невосстанавливающим** дисахаридам относится сахароза (свекловичный или тростниковый сахар). Она содержится в сахарном тростнике, сахарной свекле (до 28% от сухого вещества), соках растений и плодах. Молекула сахарозы построена из D- глюкопиранозы и D- фруктофуранозы.



В противоположность мальтозе гликозидная связь (1–2) между моносахаридами образуется за счет гликозидных гидроксильных групп обеих

молекул, то есть свободный гликозидный гидроксил отсутствует. Вследствие этого отсутствует восстанавливающая способность сахарозы, она не дает реакции "серебряного зеркала", поэтому ее относят к невосстанавливающим дисахаридам.

Сахароза – белое кристаллическое вещество, сладкое на вкус, хорошо растворимое в воде.

Для сахарозы характерны реакции по гидроксильным группам. Как и все дисахариды, сахароза при кислотном или ферментативном гидролизе превращается в моносахариды, из которых она составлена.

Гидролиз.

Гидролиз дисахаридов протекает достаточно легко в связи с тем, что связь между моносахаридными звеньями ацетальная.

Окислению.

Для восстанавливающих дисахаридов в качестве окислителей можно использовать реактив Толленса, Фелинга, бром и другие вещества, окисляющие альдегиды. Восстанавливающие дисахариды обычно кристаллизуются из тех же растворителей, что и моносахариды, и, как правило, в виде определенного аномера. Они проявляют свойства, присущие карбонильной группе в моносахаридах. Например, такие дисахариды могут быть восстановлены до соответствующих гликозилполиолов, окислены до гликозилальдоновых кислот, образовывать озазоны и другие характерные продукты. Их производные по гликозидному центру могут существовать в виде α - и β - аномеров. А модификации восстанавливающего звена, в частности, укорочение углеродной цепи может использоваться для синтеза новых дисахаридов. Различия химических свойств дисахаридов и моносахаридов обусловлены наличием в молекулах первых лабильной гликозидной связи. Например, весьма трудно идет реакция получения из дисахаридов меркапталей. Это объясняется тем, что для синтеза необходима сильноокислая среда, т.е. условия, в которых гликозидные связи легко

расщепляются. Невосстанавливающие дисахариды по своему химическому поведению имеют сходства, например, алкил- или арилгликозидами. Так, полуацетальная группировка в них блокирована, и карбонильная функция не проявляется.

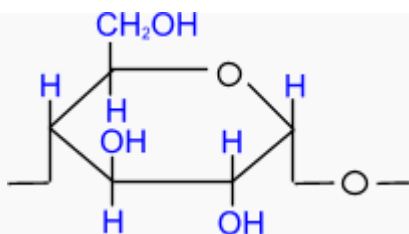
1.4.3. Полисахариды

Важнейшие из полисахаридов – это крахмал и целлюлоза (клетчатка). Они построены из остатков глюкозы. Общая формула этих полисахаридов $(C_6H_{10}O_5)_n$. В образовании молекул полисахаридов обычно принимает участие гликозидный (при C_1 -атоме) и спиртовой (при C_4 -атоме) гидроксилы, т.е. образуется (1–4)-гликозидная связь.

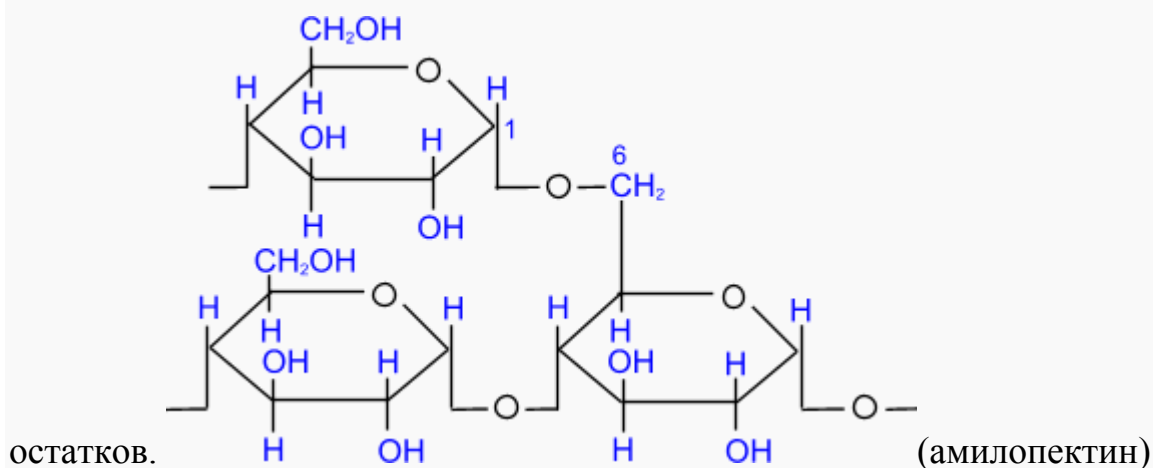
Крахмал. Крахмал представляет собой смесь двух полисахаридов, построенных из D- глюкопиранозных звеньев: амилозы (10-20%) и амилопектина (80-90%). Крахмал образуется в растениях при фотосинтезе и откладывается в виде "резервного" углевода в корнях, клубнях и семенах. Например, зерна риса, пшеницы, ржи и других злаков содержат 60-80% крахмала, клубни картофеля – 15-20%. Родственную роль в животном мире выполняет полисахарид гликоген, "запасющийся", в основном, в печени.

Крахмал – это белый порошок, состоящий из мелких зерен, не растворимый в холодной воде. При обработке крахмала теплой водой удается выделить две фракции: фракцию, растворимую в теплой воде и состоящую из полисахарида амилозы, и фракцию, лишь набухающую в теплой воде с образованием клейстера и состоящую из полисахарида амилопектина.

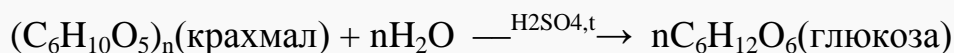
Амилоза имеет линейное строение, D- глюкопиранозные остатки связаны (1–4)-гликозидными связями. Элементарная ячейка амилозы (и крахмала вообще) представляется следующим образом:



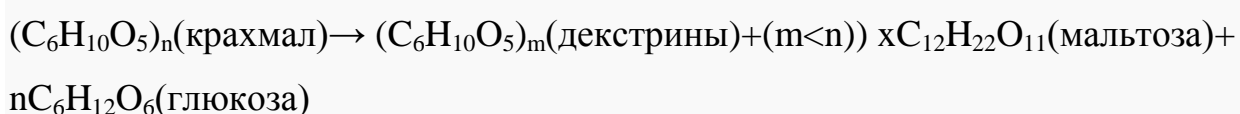
Молекула амилопектина построена подобным образом, однако имеет в цепи разветвления, что создает пространственную структуру. В точках разветвления остатки моносахаридов связаны (1–6) -гликозидными связями. Между точками разветвления располагаются обычно 20-25 глюкозных



Крахмал легко подвергается гидролизу: при нагревании в присутствии серной кислоты образуется глюкоза.



В зависимости от условий проведения реакции гидролиз может осуществляться ступенчато с образованием промежуточных продуктов.



Качественной реакцией на крахмал является его взаимодействие с йодом – наблюдается интенсивное синее окрашивание. Такое окрашивание появляется, если на срез картофеля или ломтик белого хлеба поместить каплю раствора йода.

Крахмал не вступает в реакцию "серебряного зеркала".

Крахмал является ценным пищевым продуктом. Для облегчения его усвоения продукты, содержащие крахмал, подвергают термообработке, т.е.

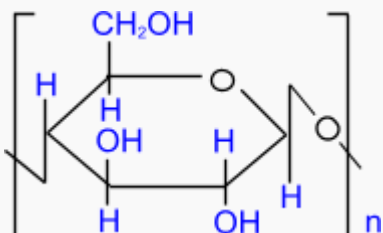
картофель и крупы варят, хлеб пекут. Процессы декстринизации (образование декстринов), осуществляемые при этом, способствуют лучшему усвоению организмом крахмала и последующему гидролизу до глюкозы.

В пищевой промышленности крахмал используется при производстве колбасных, кондитерских и кулинарных изделий. Применяется также для получения глюкозы, при изготовлении бумаги, текстильных изделий, клеев, лекарственных средств и т.д.

Целлюлоза (клетчатка)

Целлюлоза – наиболее распространенный растительный полисахарид. Она обладает большой механической прочностью и исполняет роль опорного материала растений. Древесина содержит 50-70% целлюлозы, хлопок представляет собой почти чистую целлюлозу.

Как и у крахмала, структурной единицей целлюлозы является D-глюкопираноза, звенья которой связаны (1-4)-гликозидными связями. Однако от крахмала целлюлоза отличается β - конфигурацией гликозидных связей между циклами и строго линейным строением.



Целлюлоза состоит из нитевидных молекул, которые водородными связями гидроксильных групп внутри цепи, а также между соседними цепями собраны в пучки. Именно такая упаковка цепей обеспечивает высокую механическую прочность, волокнистость, нерастворимость в воде и химическую инертность, что делает целлюлозу идеальным материалом для построения клеточных стенок.

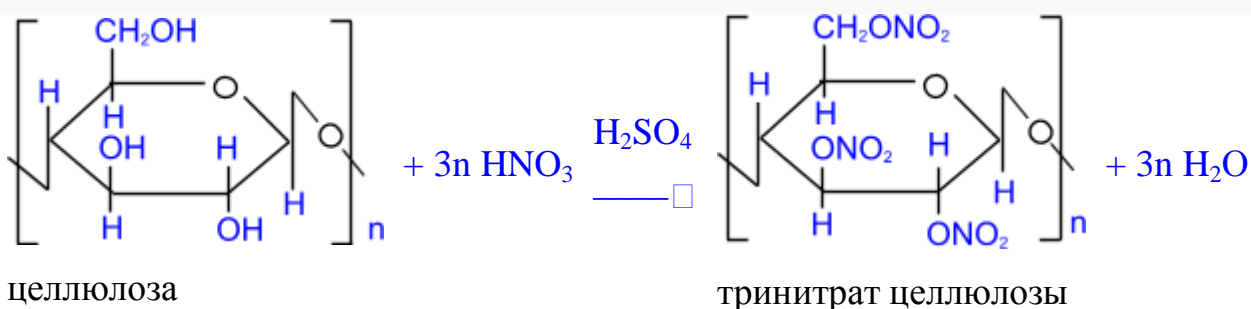
Гликозидная связь не разрушается пищеварительными ферментами человека, поэтому целлюлоза не может служить ему пищей, хотя в определенном количестве является необходимым для нормального питания

балластным веществом. В желудках жвачных животных имеются ферменты, расщепляющие целлюлозу, поэтому такие животные используют клетчатку в качестве компонента пищи.

Несмотря на нерастворимость целлюлозы в воде и обычных органических растворителях, она растворима в реактиве Швейцера (раствор гидроксида меди в аммиаке), а также в концентрированном растворе хлористого цинка и в концентрированной серной кислоте.

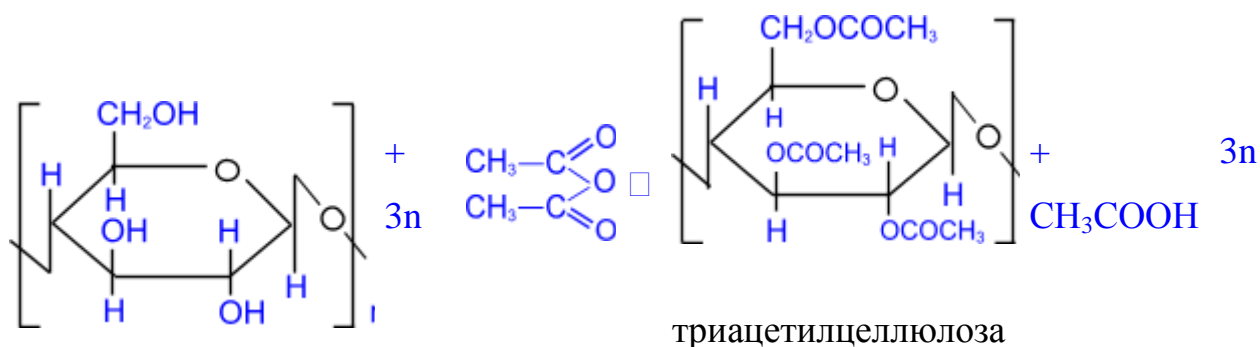
Как и крахмал, целлюлоза при кислотном гидролизе дает глюкозу.

Целлюлоза – многоатомный спирт, на элементную ячейку полимера приходится три гидроксильных группы. В связи с этим, для целлюлозы характерны реакции этерификации (образование сложных эфиров). Наибольшее практическое значение имеют реакции с азотной кислотой и уксусным ангидридом.



Полностью этерифицированная клетчатка известна под названием пироксилин, который после соответствующей обработки превращается в бездымный порох. В зависимости от условий нитрования можно получить динитрат целлюлозы, который в технике называется коллоксилином. Он так же используется при изготовлении пороха и твердого ракетного топлива. Кроме того, на основе коллоксилина изготавливают целлулоид.

При взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом в присутствии уксусной и серной кислот образуется триацетилцеллюлоза.



Триацетилцеллюлоза (или ацетилцеллюлоза) является ценным продуктом для изготовления негорючей киноплёнки и ацетатного шелка. Для этого ацетилцеллюлозу растворяют в смеси дихлорметана и этанола и этот раствор продавливают через фильеры в поток теплого воздуха. Растворитель испаряется, и струйки раствора превращаются в тончайшие нити ацетатного шелка.

Целлюлоза не дает реакции "серебряного зеркала".

Говоря о применении целлюлозы, нельзя не сказать о том, что большое количество целлюлозы расходуется для изготовления различной бумаги. Бумага – это тонкий слой волокон клетчатки, проклеенный и спрессованный на специальной бумагоделательной машине.

Из приведенного выше, уже видно, что использование целлюлозы человеком столь широко и разнообразно, что применению продуктов химической переработки целлюлозы можно посвятить самостоятельный раздел.

ВЫВОДЫ по части I.

В виде обобщающей таблицы:

Таблица: обобщение сведений класса «Углеводов»

Основные представители	Глюкоза	Фруктоза	Крахмал	Целлюлоза
Физические свойства	Бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде,	Кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, в три раза	Белый, в воде нерастворимый порошок. В горячей воде	Волокнистое вещество, нерастворимое ни в воде, ни в

	сладкое на вкус	слаще глюкозы.	образует клейстер	растворителях
Нахождение в природе	В соке винограда, в спелых фруктах, ягодах, в меде	В свободном виде содержится в ягодах и фруктах. Пчелиный мед представляет собой смесь глюкозы и фруктозы.	Картофель – 20%, зерна пшеницы, кукурузы – 70%, рис – 80%	Оболочки растительных клеток, волокна льна, конопли, хлопок – 98%, древесина – 50%
Строение молекулы	Альдегидоспирт	Кетонспирт	$(C_6H_{10}O_5)_n$ – природный полимер	$(C_6H_{10}O_5)_n$ – природный полимер
Отличия	1) моноуглевод 2) существует в линейной и в циклической форме 3) превращение α -формы в β -форму и обратно осуществляется через альдегидную форму.	1) моноуглевод 2) в отличие от глюкозы, ее цикл является пятичленным	1) n достигает несколько тысяч; 2) в основном состоит из линейных макромолекул, есть и разветвленные; 3) образуется из циклической α -глюкозы	1) n достигает сотен тысяч; 2) макромолекулы имеют лишь линейную структуру; 3) образуется из циклической β -глюкозы

Химические свойства	<p>Реакции окисления (качественные реакции): $\text{CH}_2\text{OH} - (\text{CHOH})_4 - \text{C} \text{ O} \text{ H} + \text{Ag}_2\text{O}$</p> <p>Реакции восстановления:</p> <p>$\text{CH}_2\text{OH} - (\text{CHOH})_4 - \text{C} \text{ O} \text{ H} + \text{H}_2$</p> <p>1. Спиртовое брожение:</p> <p>$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$</p> <p>2. Маслянокислое брожение: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH} + 2\text{H}_2 + 2\text{CO}_2$</p> <p>3. Молочнокислое брожение: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH}$</p>	<p>Обладает химическими свойствами многоатомных спиртов и кетонов.</p> <p>Как многоатомный спирт фруктоза дает ярко-синее окрашивание с гидроксидом меди (II) без нагревания, образуют простые и сложные эфиры.</p> <p>А при восстановлении карбонильной группы образуется шестиатомный спирт</p>	<p>1) Горит, разлагается при нагревании;</p> <p>2) гидролиз: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{H}_2\text{O}$</p> <p>3) при действии йода синеет</p>	<p>1) Горит, разлагается при нагревании;</p> <p>2) гидролиз: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$</p> <p>3) за счет гидроксильных групп образует эфиры.</p>
Применение	<p>Источник энергии для живых организмов; в медицине как средство усиленного питания и лекарственное вещество, в кондитерском производстве (изготовление карамели, мармелада, пряников и т.д.), входит в состав напитков. Глюкозу</p>	<p>Применяют в медицине как средство усиленного питания и лекарственное вещество</p>	<p>Продукт питания, получают глюкозу, патоку для изготовления конфет, мармелада и т.д., используют в качестве клея</p>	<p>В строительстве, для изготовления бумаги, получают этиловый спирт, ткани, нитролаки, киноплёнки, медицинский коллодий, искусственные волокна</p>

	используют для изготовления зеркал, елочных украшений (серебрение), а также в текстильной промышленности при крашении.				
--	--	--	--	--	--

II. ГИПОТЕЗА.

Исходя из общей формулы, углеводы являются бифункциональными производными углеводов, содержащими несколько групп –ОН, а также кетонную или альдегидную группу.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОЕНИЯ УГЛЕВОДОВ.

3.1. Доказательство строения глюкозы.

Цель: доказать наличие нескольких групп гидроксила (многоатомности) и присутствия в глюкозе альдегидной группы.

Доказательство многоатомности глюкозы.

Материалы: пробирки, штатив, держатель, спиртовка

Реактивы: раствор глюкозы, раствор сульфата меди, раствор гидроксида натрия.

Технологическая карта 1.

Внесите в пробирку немного испытуемого раствора, каплю раствора соли меди и при взбалтывании несколько капель раствора гидроксида натрия до образования синего раствора.

Что общего в свойствах глюкозы и глицерина?

Доказательство присутствия в молекуле глюкозы альдегидной группы.

Технологическая карта 2.

Полученный в опыте № 1 раствор нагрейте. Что наблюдаете? Может ли такую реакцию дать раствор глицерина при нагревании? Составьте уравнение реакции глюкозы с гидроксидом меди (II).

Делаем общий вывод: Глюкоза – это альдегид и одновременно многоатомный спирт, т.е. альдегидоспирт

Теперь, зная строение глюкозы, ее структурную формулу, мы можем спрогнозировать химические свойства глюкозы исходя из ее строения (свойства многоатомных спиртов – взаимодействие с гидроксидом меди (II), реакции этерификации; свойства альдегидов – окисление (реакции «серебряного» и «медного» зеркала), реакции присоединения (гидрирование) и особые, специфические, свойства глюкозы, т. к. согласно третьему положению теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова, атомы и группы атомов в молекулах веществ взаимно влияют друг на друга, изменяя свойства вещества в целом).

3.2. Доказательство строения фруктозы.

Цель: доказать наличие нескольких групп гидроксила (многоатомности) и присутствия во фруктозе кетонной группы (как отсутствие альдегидной).

Материалы: пробирки, штатив, держатель, спиртовка

Реактивы: раствор глюкозы, раствор сульфата меди, раствор гидроксида натрия.

Доказательство многоатомности фруктозы.

Технологическая карта 3.

Внесите в пробирку немного испытуемого раствора, каплю раствора соли меди и при взбалтывании несколько капель раствора гидроксида натрия до образования синего раствора.

Что общего в свойствах фруктозы и глицерина?

Доказательство присутствия в молекуле фруктозы кетонной группы.

Технологическая карта 4.

Полученный в опыте № 3 раствор нагрейте. Что наблюдаете? Составьте уравнение реакции фруктозы с гидроксидом меди (II).

Делаем общий вывод: Фруктоза – это многоатомный спирт. Имеющиеся образцы под торговым названием «фруктоза» таковой не является. Проанализированные образцы – альдегидоспирты.

3.3. Доказательство строения сахарозы.

Цель: провести демонстрационный опыт гидролиза сахарозы, доказать наличие гидроксогрупп и отсутствие альдегидной группы

Материалы: пробирки, штатив, держатель, спиртовка, ступка с пестиком

Реактивы: раствор сахарозы, раствор сульфата меди, раствор гидроксида натрия, аммиачный раствор оксида серебра, раствор соляной кислоты.

Технологическая карта 5.

В фарфоровой чашке с водой растворить половину чайной ложки сахара, добавить 10 капель соляной кислоты и нагревают в течение 3 минут. После такой процедуры проводится проба на глюкозу с гидроксидом меди (+2)

3.4. Доказательство строения крахмала.

Цели: 1. доказать наличие крахмала в картофеле, яблоке, сладкой булочке и черном хлебе;

2. доказать факт кислотного и ферментативного гидролиза крахмала;

3. доказать в составе крахмала наличие нескольких групп гидроксила (многоатомности) и присутствия глюкозы.

Материалы: пробирки, штатив, держатель, спиртовка, стакан с горячей водой

Реактивы: крахмал, спиртовой раствор йода, картофель, хлеб, яблоко.

Технологическая карта 6.

1. Растворить крахмал в воде комнатной температуры, убедиться в его нерастворимости;

2. заварить полученную суспензию кипятком, размешать и получить крахмальный клейстер;

3. провести качественную реакцию с иодом и остывшим клейстером; нагреть и вновь провести качественную реакцию. Убедиться в том, что реакция протекает только с клейстером комнатной температуры;

4. проверить наличие крахмала на разрезанном клубне картофеля, срезе яблока и на черном хлебе и сладкой булочке;

5. добавить в часть клейстера небольшое количество соляной кислоты и осторожно поставить греться на огонь, примерно через 20 минут с охлажденным раствором проделать качественную реакцию на присутствие крахмала (раствор 2);
6. провести с раствором 2 качественную реакцию на наличие нескольких групп гидроксила и альдегидной группы (см. Карту 1 и 2);
7. в часть исходного раствора добавить небольшое количество слюны и через небольшой промежуток времени (примерно 10 минут) проверить раствор на наличие крахмала;
6. тщательно разжевать кусочек черного хлеба и проверить образовавшийся мякиш на наличие крахмала.

Делаем общий вывод:

1. Крахмал – сложный углевод, который подвергается кислотному и ферментативному гидролизу.
2. Ферментативный гидролиз протекает быстрее и при комнатной температуре.
3. В результате гидролиза крахмала возможно обнаружить присутствие, по всей видимости, альдегидоспирта. Предполагаем, что это глюкоза.
4. В проанализированных образцах картофеля и яблок крахмал отсутствует.

3.5. Доказательство строения целлюлозы.

Цели: 1. доказать факт кислотного гидролиза целлюлозы;

2. доказать в составе целлюлозы наличие нескольких групп гидроксила (многоатомности) и присутствия глюкозы.

Материалы: пробирки, штатив, держатель, спиртовка

Реактивы: раствор глюкозы, раствор сульфата меди, раствор гидроксида натрия.

Технологическая карта 7.

1. В небольшой кусочек распушенной ваты добавить соляную кислоту 1:5, тщательно перемешать и осторожно прогреть на спиртовке;
2. внесите в пробирку немного испытуемого раствора, каплю раствора соли меди и при взбалтывании несколько капель раствора гидроксида натрия до образования синего раствора;
3. полученный в предыдущем опыте раствор нагрейте. Что наблюдаете?

Делаем общий вывод:

1. Целлюлоза – сложный углевод, который подвергается кислотному гидролизу.
2. В результате гидролиза возможно обнаружить присутствие, по всей видимости, альдегидоспирта. Предполагаем, что это глюкоза.

3.6. Доказательство образования кислоты после потребления углеводов.

Материалы: пробирки, полоски универсального индикатора.

Реактивы: раствор сульфата меди, раствор гидроксида натрия, кусочек булочки или варенье.

Технологическая карта 8.

1. Проверить кислотность слюны до потребления углевода с помощью полоски универсального индикатора.
2. Пожевать сладкую булочку (или варенье) и через некоторое время вновь проверить кислотность слюны.

Делаем общий вывод:

1. Слюна имеет слабощелочную реакцию (в пределах рН 6.0 – 6.5).
2. В результате ферментативного гидролиза характер слюны изменяется на слабокислый (рН примерно 5.5)

ВЫВОДЫ по главам II и III:

1. Экспериментальным несложным путем установлено, что глюкоза является бифункциональным соединением – многоатомным спиртом, имеющим альдегидную группу, то есть альдегидоспиртом.
2. Исходя из установленного строения глюкозы, можно прогнозировать химические свойства глюкозы как свойства многоатомного спирта и альдегида (реакции по обеим функциональным группам).
3. Имеющиеся 2 образца товара под названием «фруктоза» показали, что являются многоатомными спиртами, но одновременно имеют альдегидную группу. Идентифицировать углевод в составе товара не представилось возможным ввиду отсутствия специальных реагентов, позволяющим

провести качественные реакции на фруктозу, глюкозу и сахарозу. Надеемся, что такая возможность представится в будущем.

4. Выяснено, что крахмал – сложный углевод, подвергающийся как кислотному, так и ферментативному гидролизу до глюкозы. При этом ферментативный гидролиз идет в несколько раз быстрее и в комфортных условиях комнатной температуры. Доказать присутствие глюкозы не представилось возможным ввиду отсутствия специфичного реагента на фруктозу.

5. Показано, что при гидролизе углеводов в результате их ферментативного гидролиза рН слюны изменяется от слабощелочной до слабокислой, то есть возможно протекание молочнокислого брожения.

6. Выяснено, что при кислотном гидролизе целлюлозы происходит образование соединения, являющегося многоатомным спиртом и одновременно альдегидом, то есть альдегидоспиртом. Предположительно, это глюкоза. Для доказательства присутствия фруктозы в продуктах гидролиза необходим специфический реагент для проведения качественной реакции именно на фруктозу (в частности, реакция Селиванова с резорцином).

7. Гипотеза о наличии нескольких функциональных групп в составе молекул углеводов доказана экспериментальным путем.

ВЫВОДЫ по работе:

1. Изучен теоретический материал по строению, свойствам и применению углеводов.

2. В практической части доказано строение глюкозы, выяснено, что имеющиеся образцы фруктозы таковой не являются, показано, что полисахариды подвергаются как кислотному, так и ферментативному гидролизу до моносахаридов.

3. Самостоятельное проведение опытов в практической части помогло лучше усвоить теоретический материал, развило навыки экспериментальной работы.
4. Полученные результаты показали истинность давно известной посылки о том, что жевать надо медленно и как можно тщательнее – переваривание пищи начинается при ее жевании под действием фермента птialiна.
5. При разложении полисахаридов во рту образуются кислоты (скорее всего, молочная) как продукт жизнедеятельности микроорганизмов. Потому правило – чистить зубы каждый раз после еды – остается в силе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Габриелян О.С., Остроумов И.Г. Настольная книга учителя химии. 10 класс. – М.: Блик-плюс, 2001.
2. Габриелян О. С. , И.Г. Остроумов Органическая химия в тестах, задачах, упражнениях. М.Дрофа, 2003.
3. Грузинов Е.В. Сахар, который мы едим. – Химия: еженедельное приложение к газете “Первое сентября” – №20 – 1996.
4. Дмитров Е. Н. Познавательные задачи по органической химии и их решения. Тула: “Арктоус”, 1998.
5. В.Г. Жиряков «Органическая химия». – Москва – 1986 г.
6. Журнал химия в школе, 2002 № 5.
7. Г.А. Мелентьева, Л.А. Антонова «Фармацевтическая химия». – Москва – 1985 г.
8. Общая биология: Учебник для 10-11 кл. с углубленным изучением биологии в шк./ Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголев, Г.М. Дымшиц и др.; Под редакцией В.К. Шумного и др. – 3-е изд., перераб.- М.: Просвещение, 2001. – 462 с.: ил. – стр.30-35.
9. Потапов В.М. Органическая химия: Пособие для учителя. – 3-е издание, перераб. – М.: Просвещение, 1983.

10. http://referatplus.ru/biolog/1_bio_10_0007.php

11. <http://biofile.ru/bio/19909.html>