

Углеводы

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ УГЛЕВОДОВ

Углеводы состоят из С и Н₂О. Общая формула C_n(H₂O)_m

Значение углеводов для организма огромно. Нуклеиновые кислоты, необходимые для синтеза белков и для передачи наследственных свойств, построены из ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОВ – НУМОТИДОВ.

Многие углеводы играют важную роль в процессах, препятствующих свертыванию крови, в явлениях иммунитета, в процессе фотосинтеза, играют большую роль в процессах жизнедеятельности живых организмов.

Углеводы относятся к кислородосодержащим органическим соединениям. Они обладают смешанными функциями, так как содержат альдегидную, кетонную и несколько спиртовых – гидроксильных групп.



Углеводы называют сахаристыми веществами или просто сахарами. Они являются одним из основных продуктов питания, составляя в среднем 70% всей употребляемой человеком пищи. Сахар, крахмал, мед являются почти чистыми углеводами.



КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОВ

Все углеводы делятся на две большие группы:

- УГЛЕВОДЫ ПЕРВОГО ПОРЯДКА** – простые углеводы – **моносахариды или монозы**. Они не способны гидролизоваться с образованием более простых сахаров.
- УГЛЕВОДЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА** – сложные углеводы – **полиозы или полисахариды**:
 - Сахароподобные полисахариды - сладкие на вкус, растворимые в воде.
 - Несахароподобные полисахариды – несладкие на вкус, нерастворимые в воде.

УГЛЕВОДЫ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Моносахариды или монозы – простые

$C_6H_{12}O_6$ - **гексозы** (не подвергаются гидролизу)

Гексозы $C_6H_{12}O_6$

Альдозы (альдогексозы)

- Глюкоза
- Галактоза
- Манноза

D-альдозы

L-альдозы

Циклические формы альдоз

пиранозы

фуранозы

Кетозы (кетогексозы)

- Фруктоза
- Сорбоза

D-кетозы

L-кетозы

Циклические формы кетоз

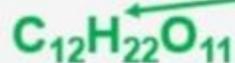
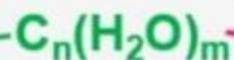
пиранозы

фуранозы

УГЛЕВОДЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Полисахариды или полиозы – сложные

(подвергаются гидролизу)



диозы или дисахариды
сахароподобные

1. Невосстанавливающие - сахароза
2. Восстанавливающие
 - а). Лактоза (молочный сахар)
 - б). Мальтоза (солодовый сахар).

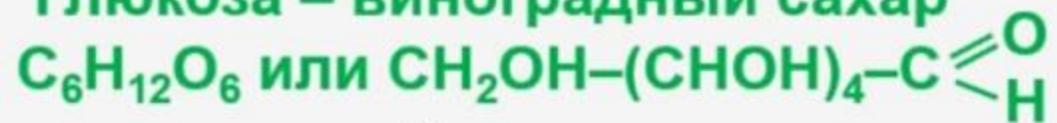


полисахариды
несахароподобные

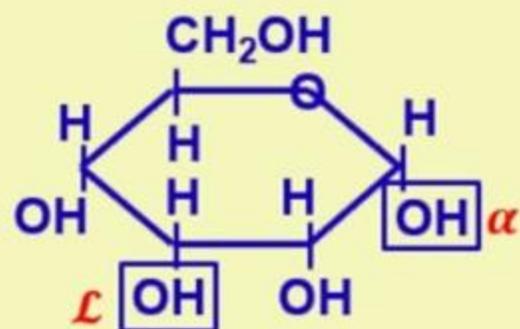
1. Крахмал
2. Инулин
3. Гликоген
4. Клетчатка

МОНОСАХАРИДЫ

Глюкоза – виноградный сахар

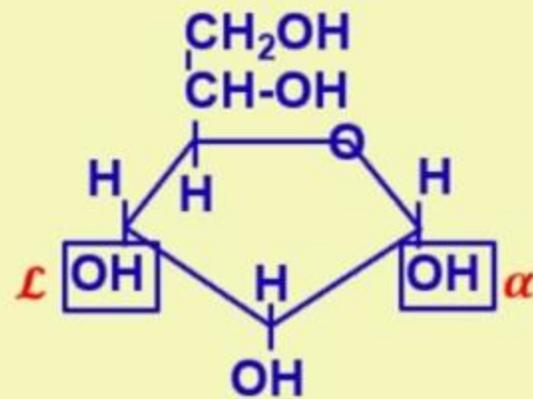


пятиатомный спиртоальдегид



пиранозная форма
 α - глюкоза

формулы
Хеуорса

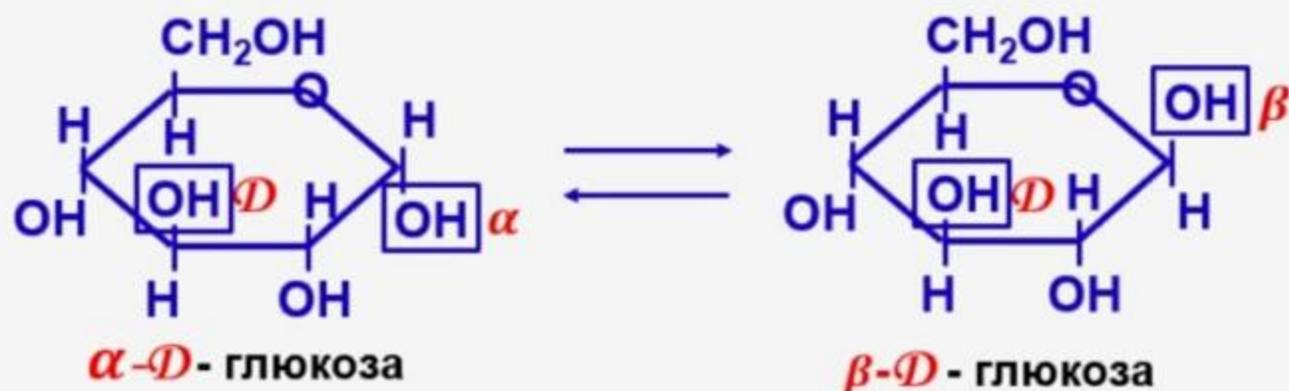


фуранозная форма
 α - глюкоза

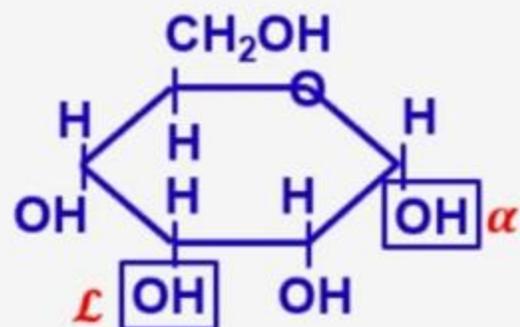
МОНОСАХАРИДЫ. ТАУТОМЕРИЯ

Явление, когда вещество может существовать в виде нескольких изомерных форм, легко переходящих друг в друга и находящихся в подвижном равновесии, называется ТАУТОМЕРИЕЙ.

Переходящие друг в друга формы называются ТАУТОМЕРАМИ, а их взаимный переход ТАУТОМЕРНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ или РАВНОВЕСИЕМ.

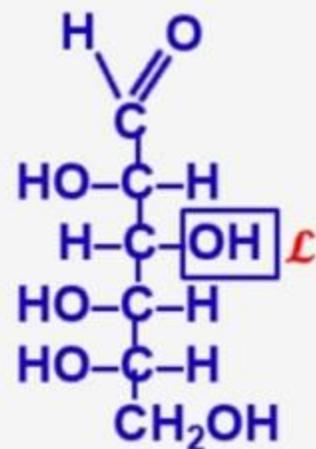


Моносахариды способны к циклоцепной таутомерии или обратным внутримолекулярным реакциям, при которых моносахариды могут существовать не только в альдегидной и кетонной форме, но и в циклической. Например, кристаллическая глюкоза и фруктоза имеют только циклическое строение. При растворении в воде образуются альдегидная и кетонная формы (в жидком состоянии).



α -L - глюкоза
циклическая
пиранозная форма
кристаллическая

таутомерное
равновесие

$$\rightleftharpoons$$


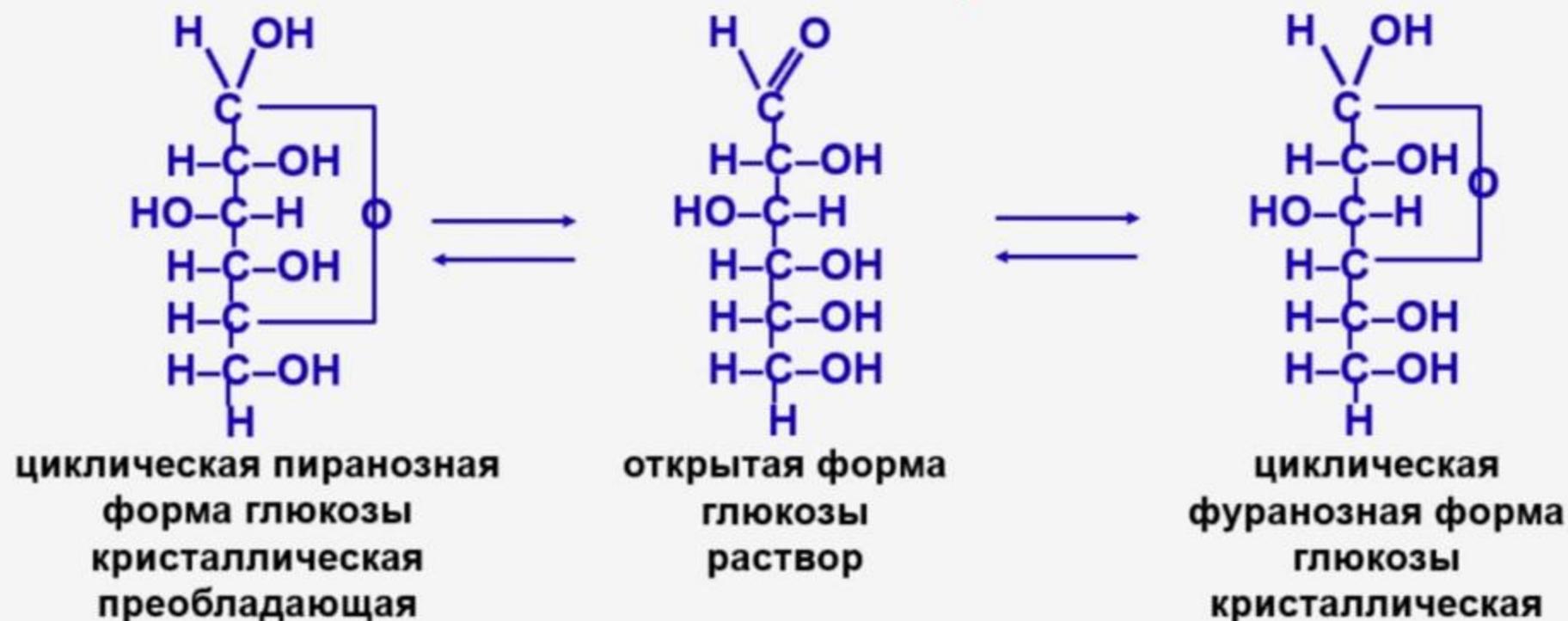
α -L - глюкоза
открытая форма
в растворе

МОНОСАХАРИДЫ. ЯВЛЕНИЕ МУТОРАТАЦИИ

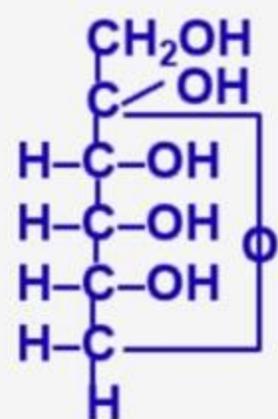
Явление МУТОРАТАЦИИ заключается в том, что свежеприготовленные растворы моносахаридов не имеют постоянного угла вращения плоскости поляризации.

Объясняется муторатация способностью моносахаридов переходить из одной формы в другую. Раствор приобретает один угол вращения, так как устанавливается равновесие таутомерных форм.

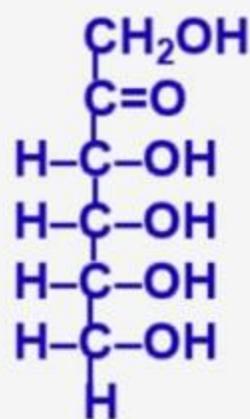
ТАУОМЕРИЯ И МУТОРАТАЦИЯ ГЛЮКОЗЫ



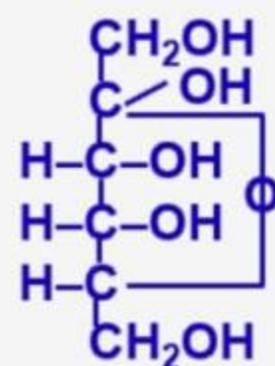
ТАУТОМЕРИЯ И МУТОРАТАЦИЯ ФРУКТОЗЫ



циклическая пиранозная
форма фруктозы



открытая форма
фруктозы



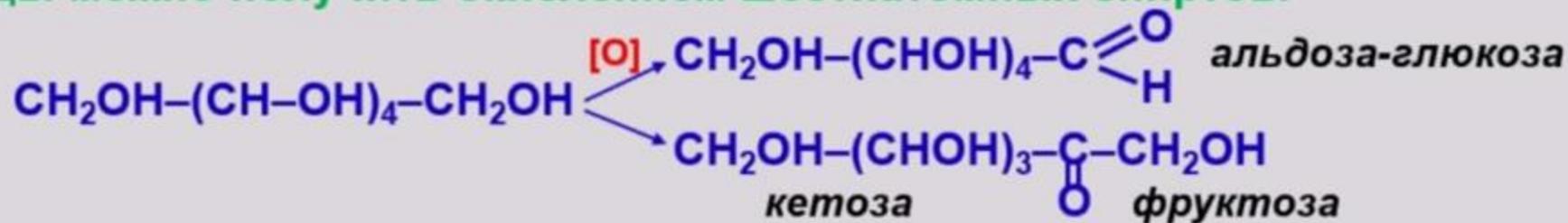
циклическая
фуранозная форма
фруктозы
преобладает

ПОЛУЧЕНИЕ МОНОСАХАРИДОВ

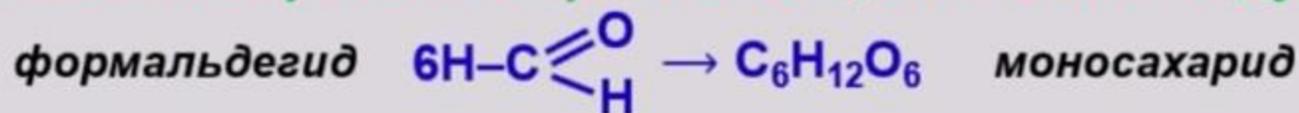
1. В природе углеводы образуются из воды и углекислого газа, в растениях, путем фотосинтеза.



2. Моносахариды можно получить окислением шестиатомных спиртов.



3. Бутлеров впервые синтезировал сахаристые вещества в 1861 году из формальдегида.



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

Моносахариды – твердые, бесцветные вещества, растворимые в воде, гигроскопичны, легко образуют сиропы, в спирте растворяются плохо, в эфире совсем не растворяются. Все моносахариды имеют сладкий вкус. Степень их сладости различна. Фруктоза в 3 раза слаще глюкозы.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

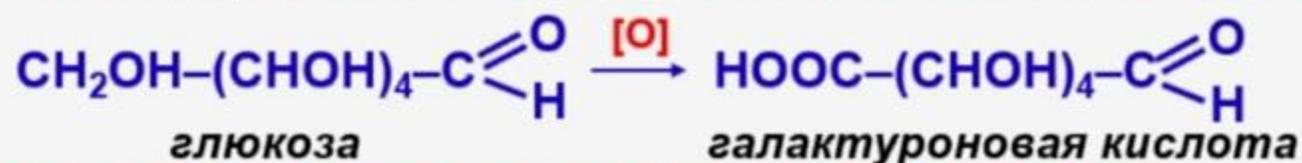
1. РЕАКЦИИ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ. При окислении в нейтральной среде образуется глюконовая кислота.



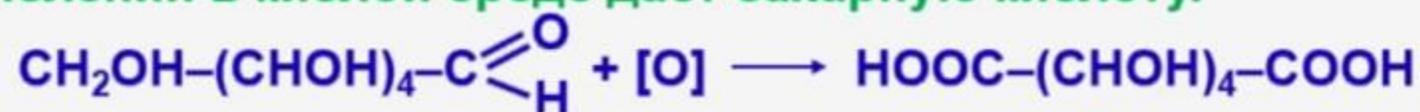
D - глюкоза

D - глюконовая кислота

2. При осторожном окислении, в особых условиях может окисляться спиртовая группа –ОН.



3. При сильном окислении в кислой среде дает сахарную кислоту.



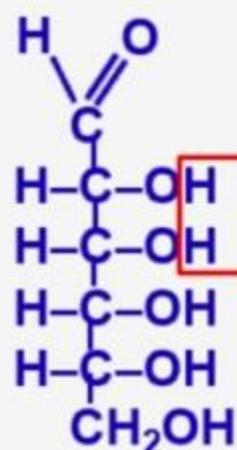
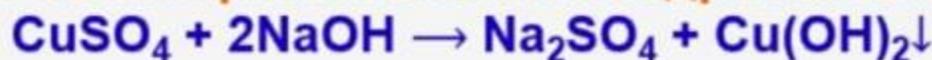
4. В щелочной среде, при температуре дает реакции «серебряного зеркала» и «медного зеркала». ЭТИ РЕАКЦИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ НА АЛЬДЕГИДНУЮ ГРУППУ.



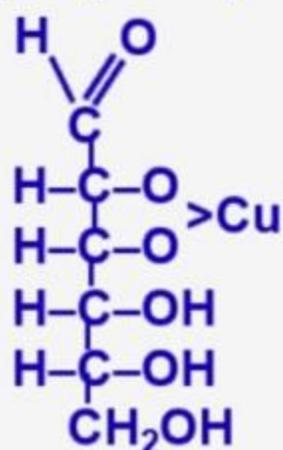
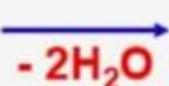
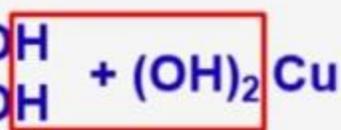
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

5. РЕАКЦИИ НА ГИДРОКСИЛЬНЫЕ ГРУППЫ.

1. При взаимодействии со свежеприготовленной гидроксидью Cu-II, образуются алкоголяты – сахара Cu-II.



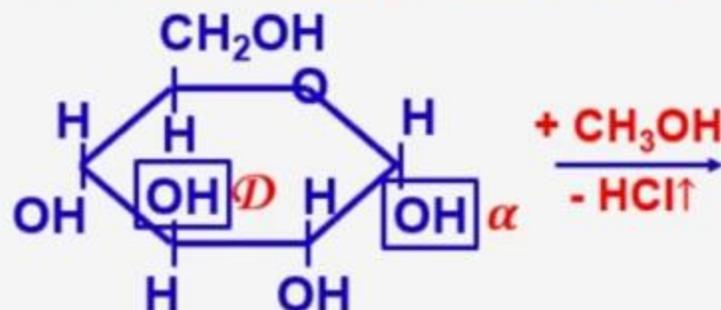
глюкоза



алкоголят-сахарат Cu-II

Качественная реакция на глюкозу – раствор темно-синего цвета

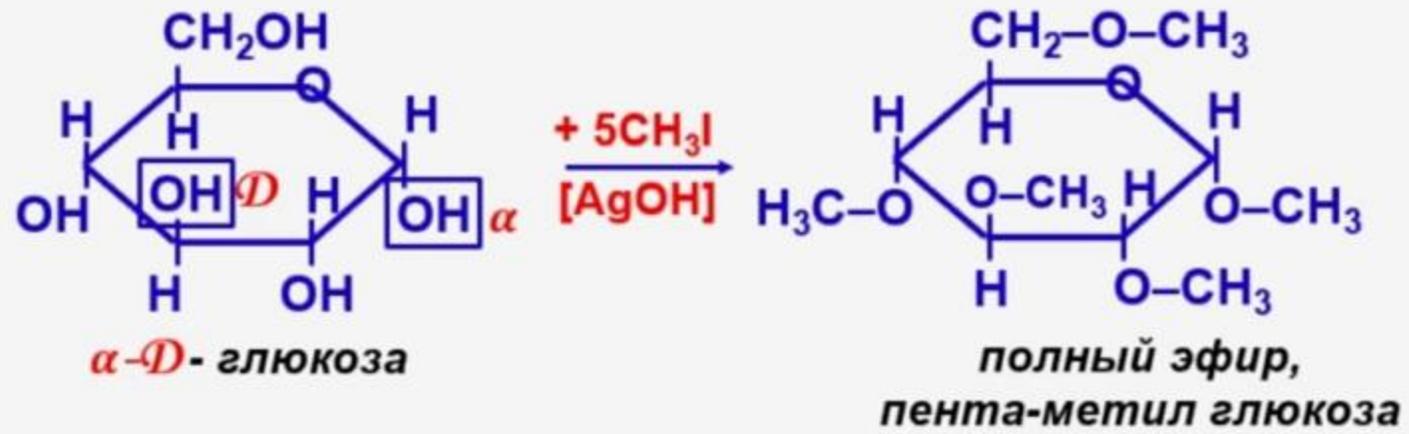
2. Реакции алкилирования с образованием глюкозид.



α -D- глюкоза



α – метил глюкозид, непольный эфир



ГЛИКОЗИДЫ

1. **АМИГДАЛИН** $C_{20}H_{27}O_{11}N$ – содержится в косточках вишен, слив, персиков, абрикос, в горьком миндале.
2. **ВАКЦИНИН** $C_{13}H_{16}O_7$ – содержится в клюкве, бруснике.
3. **СИНИГРИН** $C_{10}H_{16}KNS_2O_9$ – содержится в горчице.
4. **СОЛАНИН** $C_{45}H_{73}NO_{15}$ – содержится в позелевших частях картофеля. Яд!

ВИДЫ БРОЖЕНИЯ МОНОСАХАРИДОВ

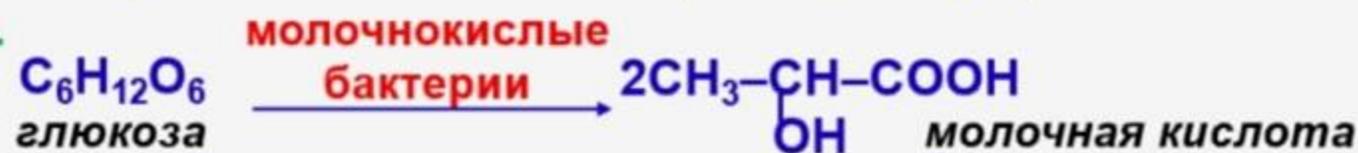
БРОЖЕНИЕМ называется процесс разложения моносахаридов под действием различных микроорганизмов, причем легче всего брожению подвергается глюкоза.

1. Спиртовое брожение.



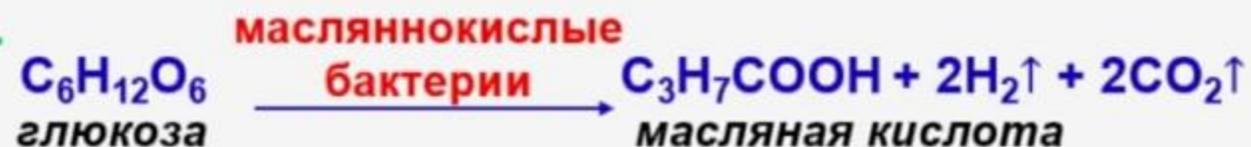
Используется при получении спиртных напитков: пива, вина, спирта, и в хлебопечении.

2. Молочнокислое брожение.



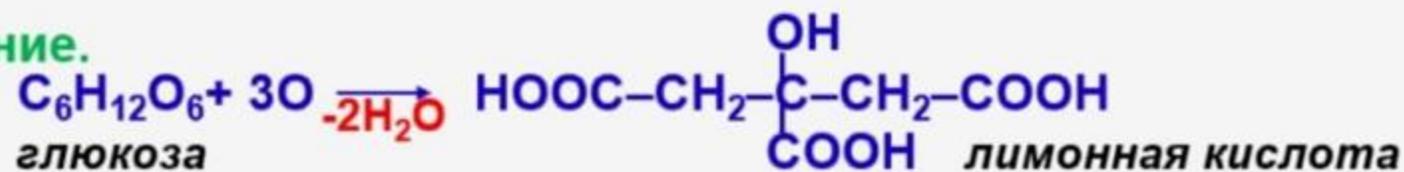
Используется при получении кефира, простокваши, ацидофилина, солении огурцов, капусты, силосовании кормов, брожении теста, при физической работе мышц.

3. Маслянокислое брожение.



Масляная кислота имеет горький вкус и неприятный запах, поэтому ее накопление в пищевых продуктах отрицательно сказывается на их вкусовых качествах (идет при прокисании супов, порче сливочного масла).

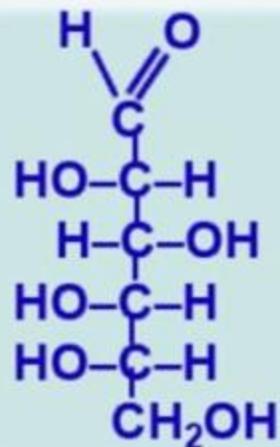
4. Лимоннокислое брожение.



Лимонная кислота применяется в производстве кондитерских изделий, напитков, продуктов питания, при приготовлении пищи, консервировании овощей, в текстильной промышленности, в медицине.

ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ МОНОСАХАРИДОВ

ГЛЮКОЗА



$C_6H_{12}O_6$ ГЛЮКОЗА – виноградный сахар, входит в состав виноградного сока, фруктов, плодов. Вместе с фруктозой входит в состав меда. Содержится в животных организмах, в крови человека. В клетках организма она окисляется до $CO_2\uparrow$ и H_2O с выделением энергии, за счет которой осуществляются жизненно необходимые функции человека.

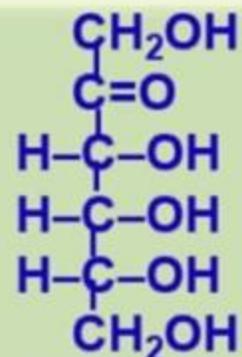


Глюкоза в 3 раза менее сладкая, чем фруктоза.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ

1. Глюкоза применяется в кондитерском производстве (карамель, мармелад, клюква в глюкозе). Добавление глюкозы препятствует кристаллизации сахара.
2. В медицине.
3. В хлопчатобумажной промышленности при отделке тканей.
4. Глюкозу добавляют во фруктовое мороженое и она выявляет фруктовый вкус.
5. Глюкозу применяют при изготовлении елочных игрушек (реакция «серебряного зеркала» и «медного зеркала»).
6. Глюкоза – ценное питательное вещество, выделяемая энергия при ее окислении идет на синтез АТФ (денозин-трифосфорная кислота), которая является универсальным аккумулятором энергии в организме.

ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ МОНОСАХАРИДОВ ФРУКТОЗА



*открытая форма
фруктозы*

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ **ФРУКТОЗА** – плодовый сахар, в свободном виде находится в весеннем соке березы, в соке фруктов, плодов. Входит с глюкозой в состав меда, тростникового сахара. Фруктоза в 3 раза слаще глюкозы. Фруктоза обладает большой гигроскопичностью, отчего некоторые конфеты мокнут.

Качественной реакцией на фруктозу является **РЕАКЦИЯ СЕЛИВАНОВА**. При нагревании раствора фруктозы с резорцином и крепкой соляной кислотой появляется вишнево-красное окрашивание раствора.



ГАЛАКТОЗА



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ **ГАЛАКТОЗА** – встречается в молочном сахаре. Галактоза менее сладкая, чем глюкоза, входит в состав пектиновых веществ. Галактоза очень важна для питания головного мозга, обуславливает вязкость слюны, способствует развитию нервных тканей, влияет на образование суставной жидкости.

МАННОЗА



$C_6H_{12}O_6$ МАННОЗА – альдогексоза, содержится в водорослях и грибах, в кожуре апельсина.



ПЕНТОЗЫ



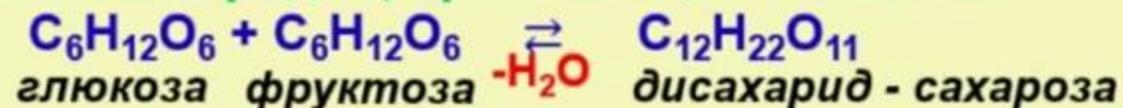
$C_5H_{10}O_5$ КСИЛОЗА – альдопентоза, содержится в соломе, древесине, отрубях. Кристаллическое, очень сладкое вещество, не усваивается организмом.

$C_5H_{10}O_5$ АРАБИНОЗА – альдопентоза. Может быть выделена из вишневого клея. Содержится в отходах свеклосахарного производства, сладкое кристаллическое вещество.



ДИСАХАРИДЫ – ПОЛИСАХАРИДЫ или ПОЛИОЗЫ

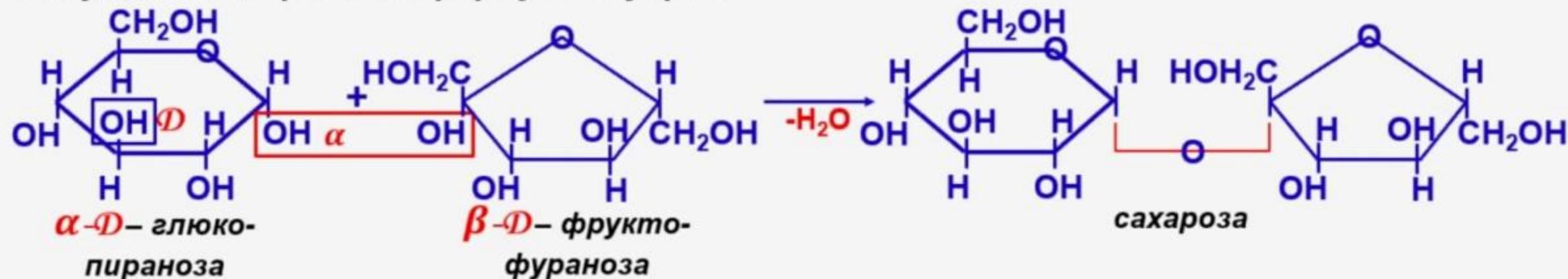
$C_{12}H_{22}O_{11}$ Дисахариды при гидролизе распадаются на два одинаковых или разных моносахарида. Следовательно дисахариды можно рассматривать, как продукты дегидратации двух молекул моносахаридов, протекающей по схеме:



САХАРОЗА

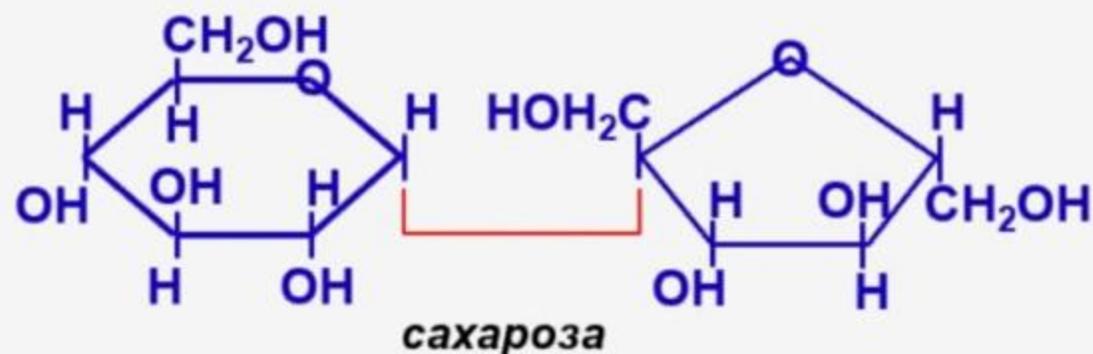
$C_{12}H_{22}O_{11}$ тростниковый или свекловичный сахар.

Получение сахарозы по формуле Хеуорса.



Сахароза не содержит ни глюкозидного, ни фруктозидного гидроксила, поэтому не может окисляться. Сахароза не имеет таутомерных форм, не дает реакции «серебряного зеркала» и «медного зеркала».

Формула сахарозы по Хеуорсу



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САХАРОЗЫ



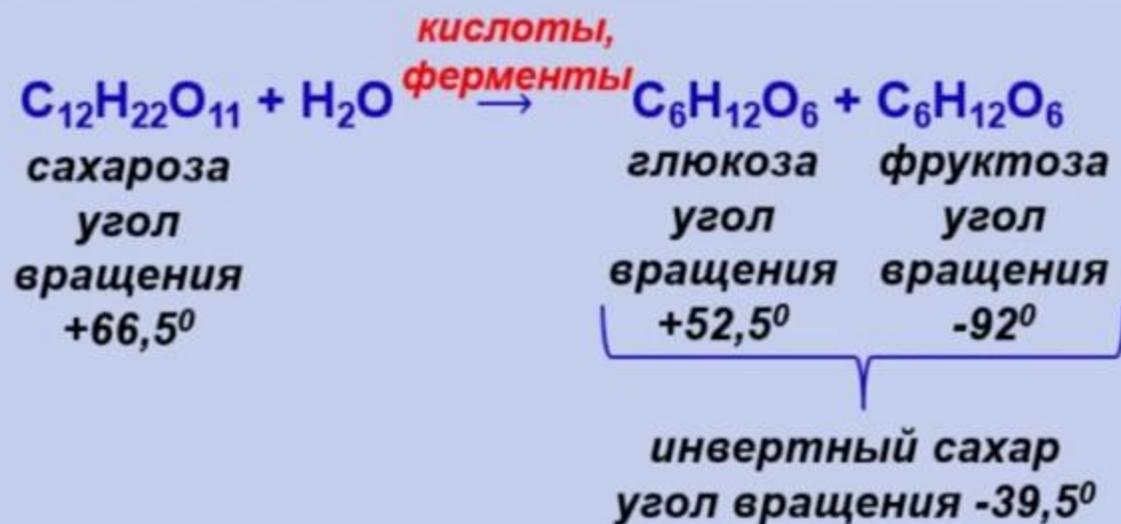
Сахароза - твердое кристаллическое вещество, гигроскопичное, растворимое в воде, сладкое на вкус, слаще мальтозы и лактозы.

Сахароза содержится в листьях и соке клена, березы, кукурузы, тростника, дыни, арбуза, сахарной свеклы (16-20%).



ИНВЕРСИЯ САХАРОЗЫ

При растворении сахарозы получается смесь равных количеств глюкозы и фруктозы, называемая **ИНВЕРТНЫМ САХАРОМ**.



При инверсии меняется знак вращения поляризованного луча. Сахароза имеет правое вращение, а инвертный сахар – левое. Отсюда и название «инверсия» – переворачивание. Инвертный сахар значительно слаще, чем сахароза и легче усваивается организмом. Инверсия протекает в присутствии кислот и ферментов. Примером природного инвертного сахара является мед. Он обладает важным технологическим свойством – задерживает кристаллизацию сахарозы. Инверсия имеет место при варке кислых ягод, фруктов, при запекании яблок. Сахар в свекле был открыт Маркграфом в 1747 году.

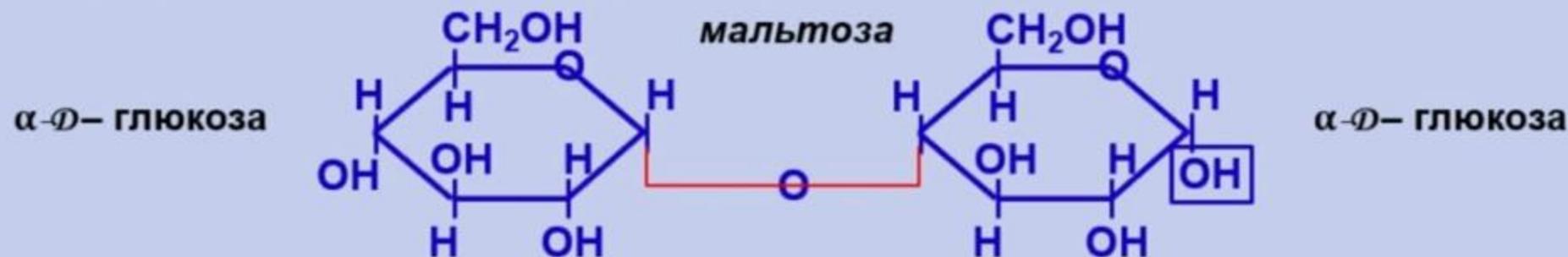


ПРИМЕНЕНИЕ ЛАКТОЗЫ

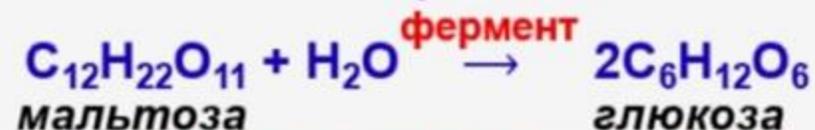
1. Лактоза делает тесто более рыхлым и задерживает его черствление, удерживает аромат теста и способствует образованию красивой корки.
2. Специфический запах, вкус и цвет у топленого молока, варенца, ряженки зависит от молочного сахара.
3. Замена части сахарозы на лактозу лишает изделие приторности и делает его вкуснее.
4. С 1944 года на лактозе изготавливают пеницилин.
5. В медицине лактоза используется

МАЛЬТОЗА

$C_{12}H_{22}O_{11}$ – солодовый, восстанавливающий сахар. Мальтоза состоит из двух остатков α -D-глюкозы. Мальтоза на 40% менее сладкая, чем сахароза.



В мальтозе есть полуацетальный гидроксил, поэтому она, как и лактоза имеет таутомерные формы. Появляются свойства как у альдегидов – легко окисляется. При гидролизе мальтоза переходит в глюкозу.



Мальтоза это промежуточный продукт получения пива, спирта из крахмала. Мальтоза отличается от сахарозы тем, что дает реакцию «Серебряного зеркала», так как содержит альдегидную группу.

ТРЕГАЛОЗА ИЛИ ГРИБНОЙ САХАР

$C_{12}H_{22}O_{11}$ содержится в нисших и высших грибах, пекарских дрожжах, водорослях. Ее молекула состоит из двух молекул α -D-глюкопиранозы. Как и сахароза, это невосстанавливающий сахар.

НЕСАХАРОПОДОБНЫЕ ПОЛИСАХАРИДЫ. КРАХМАЛ



СТРОЕНИЕ И СОСТАВ КРАХМАЛЬНОГО ЗЕРНА

КРАХМАЛ ($C_6H_{10}O_5$)_n – гигроскопичен. Это белое, некристаллическое вещество, не сладкое, в воде не растворимо, одно из самых главных запасных питательных веществ растений и животных. Крахмал образуется путем фотосинтеза в зеленых частях растений в виде зерен, имеющих различную форму и строение. Зерна крахмала различных веществ отличаются друг от друга. Величина крахмального зерна является важным технологическим свойством крахмала. Чем выше сорт крахмала, тем крупнее зерно. Зерно крахмала состоит из двух различных полисахаридов: 1. Амилопектин (оболочка зерна). 2. Амилоза (внутренняя часть зерна). Отношение амилопектина к амилозе как 2:1.



Амилопектин – дает клейстер, окрашивает раствор йода в красно-фиолетовый цвет. Это эфир разветвленного строения.

Амилоза – образует коллоидный раствор и окрашивает йод в синий цвет. Это углевод линейного строения.

Общее число глюкозидных остатков в молекуле крахмала может достигать более $n=6000$ раз. Содержание крахмала в растениях различно:

Картофельные клубни – 20%

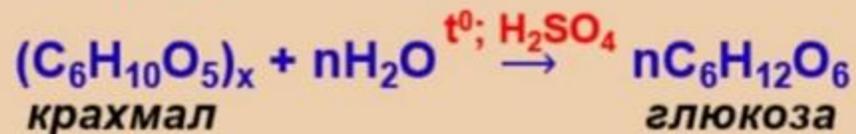


Зерна пшеницы, риса – 70%



ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА

1. При кипячении крахмала с водой и кислотой происходит расщепление его на более простые углеводы. Конечным продуктом гидролиза является глюкоза.



2. Гидролиз крахмала идет под действием энзимов: диастаз солода и птialiна слюны, которые гидролизуют крахмал до мальтозы, а мальтоза до глюкозы. Крахмал сложный углевод, гидролиз его протекает через ряд промежуточных стадий:

крахмал $\xrightarrow{\text{синее окрашивание}}$ растворимый крахмал $\xrightarrow{\text{фиолетовое окрашивание}}$ амилодекстрины $\xrightarrow{\text{красно-бурое окрашивание}}$ ахродекстрины \rightarrow эритродекстрины \rightarrow мальтодекстрины \rightarrow изомальтоза \rightarrow мальтоза \rightarrow глюкоза
не окрашены $\xrightarrow{\hspace{15em}}$

ПРИМЕНЕНИЕ

Декстрины образуют с водой клеевидные растворы, на этом основано их широкое применение. Декстрины – вещества, близкие к крахмалу, но молекулы их менее сложные, поэтому они растворимы в воде и легче усваиваются организмом. Образуются декстрины при выпечке хлеба, варке картофеля, поджаривании муки, крупы, при изготовлении конфет.

Гидролиз крахмала осуществляется на практике для приготовления патоки. Для этого крахмал кипятят с раствором H_2SO_4 , которую потом нейтрализуют $CaCO_3$. Получается густая смесь, состоящая из декстринов, мальтозы и глюкозы, называемая патокой. Патока применяется при изготовлении конфет, пряников, джемов, варенья.



Декстрины нашли применение при изготовлении клеев, для загустки красок, в ситцепечатании, накрахмаливании белья, в пищевой промышленности (кисели), для предотвращения засахаривания варенья. Крахмал вводится в фарш вареных колбас, увеличивая их влагопоглотительную способность и придавая им сочность. В медицине крахмал используется в порошках, антибиотиках, витаминах. Так же крахмал используется в полиграфии.

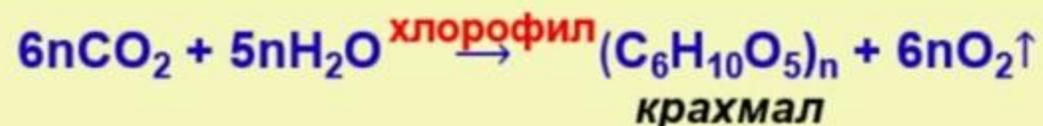
КЛЕЙСТЕРИЗАЦИЯ КРАХМАЛА

Клейстеризация – это набухание зерен крахмала. В кулинарии наблюдается два вида клейстеризации:



1. **ОГРАНИЧЕННОЕ НАБУХАНИЕ**, частичное, связанное с сохранением структуры зерна крахмала (набухание крупы при варке каши).
2. **ПОЛНОЕ НАБУХАНИЕ**, неограниченное, связанное с полным разрушением первоначальной структуры молекулы крахмала и образованием коллоидного раствора крахмального клейстера.

ПОЛУЧЕНИЕ КРАХМАЛА ФОТОСИНТЕЗОМ



Растения нашей планеты за год усваивают из атмосферы 300 млрд.т. CO_2 и в обмен выдают в атмосферу 400 млрд.т. $\text{O}_2\uparrow$.

РОЛЬ ГЛИКОГЕНА В СОЗРЕВАНИИ МЯСА

ГЛИКОГЕН $(C_6H_{10}O_5)_n$ или животный крахмал, содержится во всех животных тканях, особенно много его в печени – до 20% и мышцах – до 4%. Это белый амфорный порошок, растворимый в холодной воде. Молекулы гликогена построены по типу амилопектина. Гликоген является запасным питательным веществом в организме животных и человека. Все процессы жизнедеятельности, в первую очередь мышечная работа, идут при расщеплении гликогена, отдающего сосредоточенную в нем энергию.

После убоя, при созревании мяса, углеводы мяса в результате ферментативного распада переходят в глюкозу, а она в молочную кислоту. Молочная кислота способствует изменению физико-химического состояния белков, увеличивается количество экстрактивных веществ, мясо делается сочным и получает особый аромат. Мясо приобретает слабокислую реакцию. А в кислой среде набухают белки – мясо становится мягче.



ИНУЛИН $(C_6H_{10}O_5)_n$ - содержится в корнях георгин, цикория, земляной груши (топинамбур), является запасным полисахаридом растений. Инулин построен из остатков *D*-фруктозы, представляет собой белый порошок, плохо растворимый в холодной воде и хорошо в горячей. Раствор инулина с йодом не окрашивается.

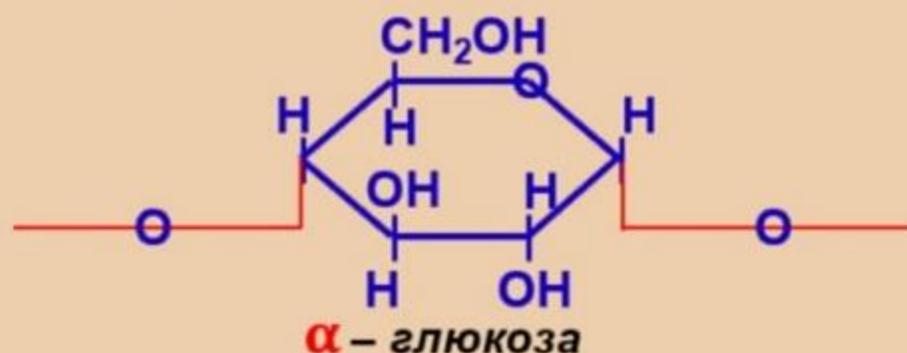


НЕСАХАРОПОДОБНЫЙ ПОЛИСАХАРИД КЛЕТЧАТКА или ЦЕЛЛЮЛОЗА



КРАХМАЛ

1. $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ $n=6000$ раз.
2. У крахмала линейная и разветвленная структура.
3. Крахмал – питательное вещество.
4. Остаток крахмала.



5. Зерна.

КЛЕТЧАТКА

1. $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ $n=$ от 6000 до 12000 раз.
2. У клетчатки только линейная структура.
3. Клетчатка – не питательное вещество.
4. Остаток клетчатки.



5. Волокнистое вещество, так как макромолекулы ориентированы вдоль оси волокна.

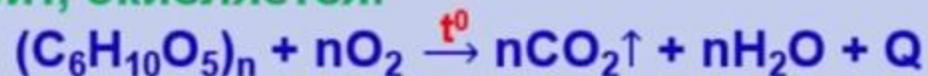
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕТЧАТКИ

1. Клетчатка механически прочна на разрыв, так как межмолекулярные силы обуславливают ее механическую прочность.
2. Клетчатка не растворима в воде, C_2H_5OH , эфире, кислотах.
3. Клетчатка не имеет вкуса, цвета и запаха.
4. Растворяется в реактиве Швейцера ($[Cu(NH_3)_4]OH)_2$ – медноаммиачный шелк) и в растворе хлористого цинка $HCl + ZnCl_2$.
5. Растворяется в концентрированной H_2SO_4 .
6. Набухает в $NaOH$, превращаясь в алкалицеллюлозу. Это применяется при получении вискозы (искусственное волокно и целлофан).
7. Организмом человека клетчатка не переваривается, но способствует перистальтике кишечника.

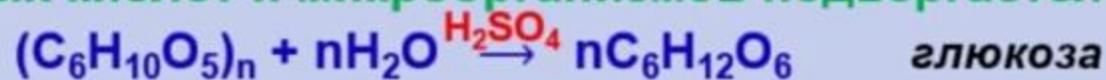


ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕТЧАТКИ

1. Клетчатка хорошо горит, окисляется.



2. Под влиянием сильных кислот и микроорганизмов подвергается гидролизу.



3. При непродолжительном действии концентрированных кислот, образуется амилоид, используемый для производства пергамента, при более продолжительном действии образуется гидроцеллюлоза.



4. В 1899 году в Архангельске были поставлены первые гидролизные установки. При гидролизе клетчатки образуются следующие вещества:

1. C_2H_5OH – этиловый спирт.

5. Кормовые дрожжи.

2. Глицерин.

6. CO_2 - твердая.

3. Фурфурол.

7. Органические кислоты.

4. Глюкоза.

8. Лигнин.

Из 1 тонны сухих древесных опилок можно получить:

C_2H_5OH – 150–160 л

Кормовых дрожжей – 30-40 кг

Жидкой CO_2 - 25-30 кг

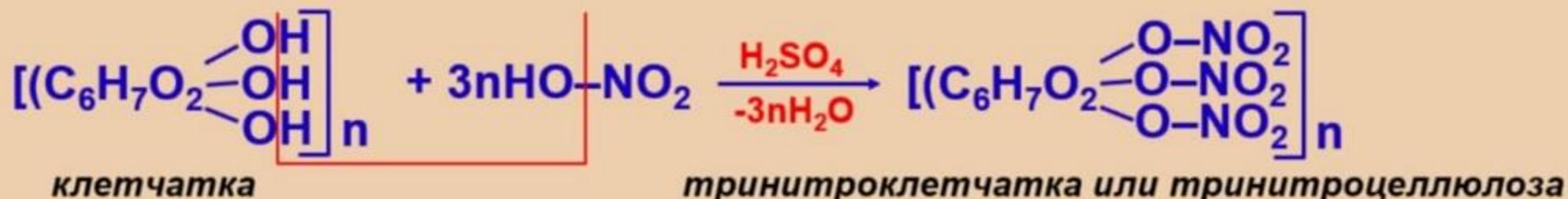
Фурфурола – 4-7 кг.



НИТРОВАНИЕ

НИТРОВАНИЕ – это получение простых эфиров.

Реакция этерификации.



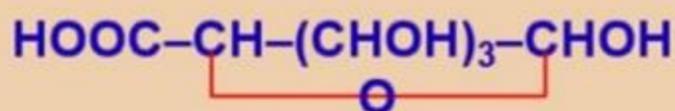
ПРИМЕНЕНИЕ НИТРОКЛЕТЧАТКИ

1. Азот 13-13,6% → пироксилин (взрывчатое вещество).
2. Азот 11-12% → коллоксилин.
3. Коллоксилин + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ + эфир → коллоидный медицинский клей.
4. Коллоксилин + $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ + камфора + ацетон →
 - кинопленка
 - нитролаки
 - нитрозмали
 - нитроклей
5. Коллоксилин + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ + камфора → целлюлоид (Первую пластмассу открыл американец Хайат в 1869 году).

ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗА И ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА

ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗА состоит из гексозы $(C_6H_{10}O_5)_n$ и пентозы $(C_5H_8O_4)_n$. При гидролизе гемицеллюлозы получают: **ГЕКСОЗЫ** - глюкоза, галактоза, фруктоза, и **ПЕНТОЗЫ** – ксилоза и арабиноза. **ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗА** находится в клетках листьев. Состоит из гексозанов и пентазанов.

ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА или растительные слизи содержатся в соке растений и их плодов (яблоки, груши, айва, смородина, крыжовник, земляника и другие) и в некоторых корнеплодах (свекла, морковь). Пектиновые вещества близки к пентозанам и образуют с белками соединения. Это аморфные порошки, которые в присутствии органических кислот и сахарозы образуют студни. Пектиновые вещества в плодах содержатся в виде солей Mg и Ca полигалактуроновой кислоты (это продукт окисления галактозы).



Пектиновые вещества добавляют в джемы, желе, пастилу, мармелад, конфеты. Разрушение солей полигалактуроновой кислоты под действием неорганических кислот, при варке варенья, джемов, это и есть переход протопектина в пектин. При этом растительные клетки размягчаются и ягоды в варенье делаются мягче, чем сырые.



К пектиновым веществам относятся:

- 1. ПЕКТИНОВАЯ КИСЛОТА**, которая построена из остатков Д-галактуроновой кислоты, являющейся основой всех пектиновых веществ.
- 2. ПЕКТАТЫ** – соли этой кислоты, соли пектинов.
- 3. ПЕКТИНЫ** – нерастворимые в воде. В растворах пектиновые вещества присутствуют в виде протопектина, содержатся в стенках клеток растений.
- 4. ПЕКТИНОВЫЕ ФЕРМЕНТЫ** встречаются в микроорганизмах и в растениях. Используются для осветления фруктовых соков.

