

ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАСЛИ

САХАР И САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

СЫРЬЕ. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ



АЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

В растительном сырье содержатся следующие азотистые вещества:

-Белки.

Составляют ~ 60% от массы всех азотистых веществ, которых содержится:

- в сахарной свекле ~ 1-1,2%*
- в картофеле ~ 2%*
- в кукурузе ~ 10-13%*

-Аминокислоты

-Амиды кислот

-Бетаин

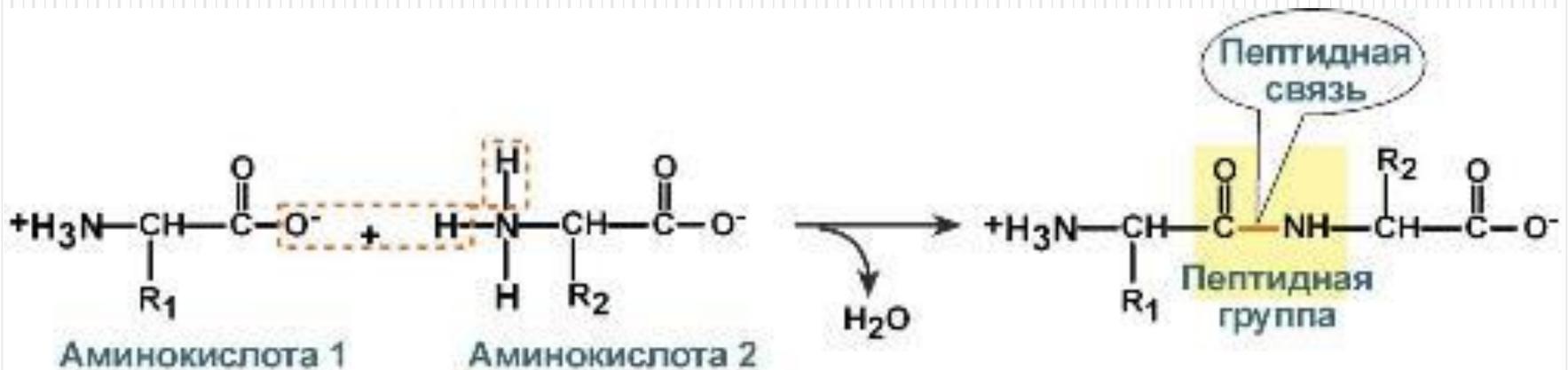
*Составляют ~ от 0,5 до 21% от массы всех азотистых веществ
(в сахарной свекле ~ от 0,001 до 0,04%)*

Все азотистые вещества являются «вредными» для технологических процессов сахарного и крахмального производства.

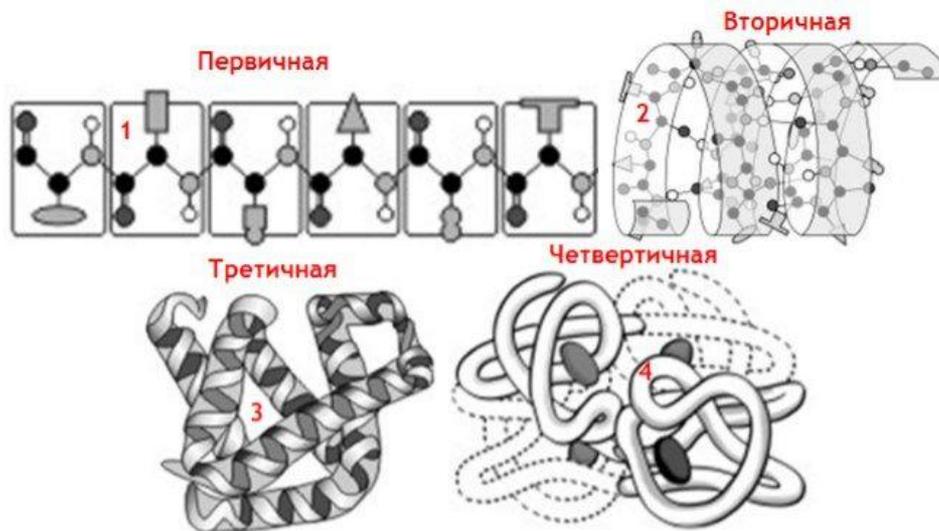
БЕЛКИ

Растительные белки – основной материал для построения протоплазмы и ядра растительных клеток.

Молекулы белка состоят из остатков аминокислот, соединенных пептидными (-CO-NH-) связями.



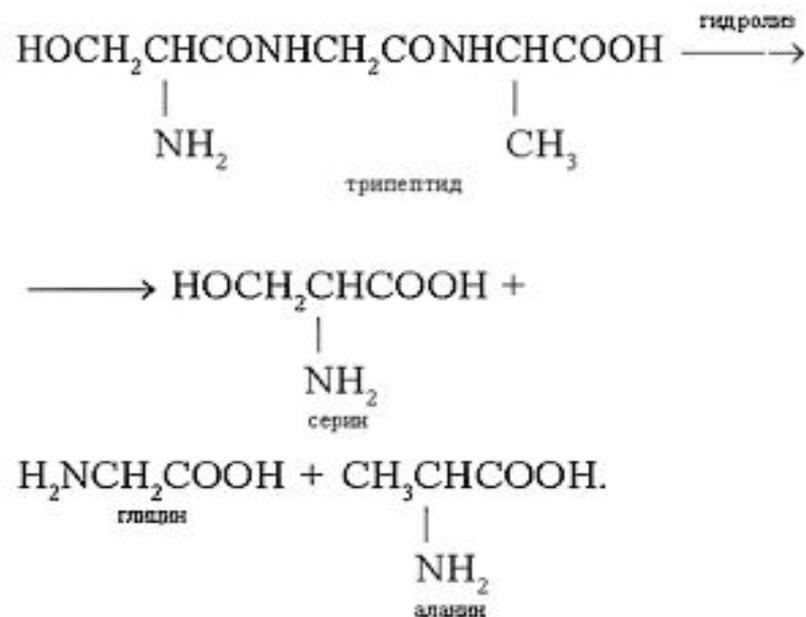
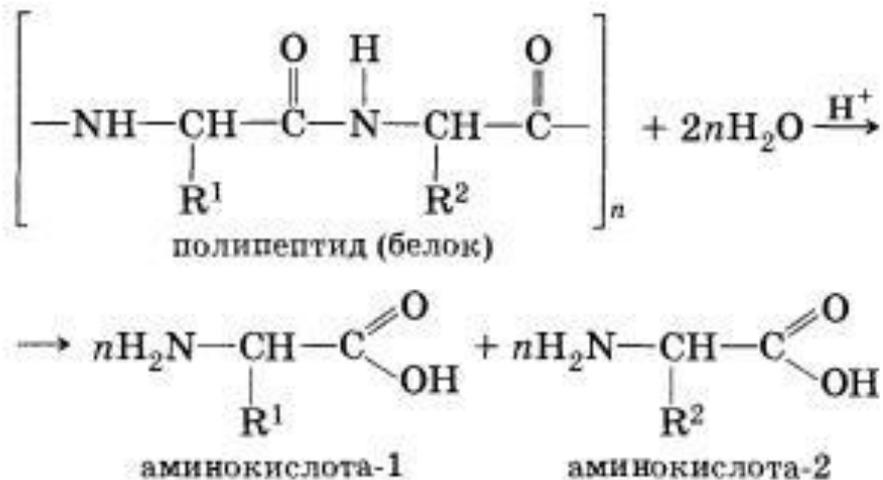
Длинные цепи белковых молекул с помощью водородных и ионных связей в пространстве образуют клубки.



При действии температуры (более 60°C) и ионов тяжелых металлов связи разрываются и клубки разворачиваются. Процесс называется **денатурация белка**.



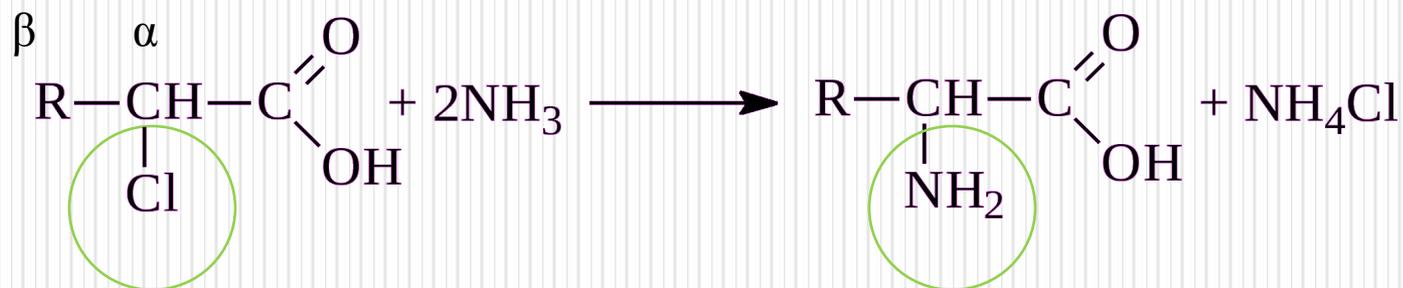
При дальнейшем действии ферментов, кислот, щелочей происходит разрыв молекулы белка (гидролиз) с образованием полипептидов, дипептидов и т.д., которые затем расщепляются до аминокислот.



В технологии сахара и сахаристых продуктов белки удаляются в процессах сатурации.

АМИНОКИСЛОТЫ

- Это производные карбоновых кислот, у которых несколько атомов водорода (или других заместителей) в радикале замещены остатками аммиака (аминогруппами $-\text{NH}_2$). Чаще всего у α -углеродного атома.



Карбоновая кислота
(пропионовая кислота)

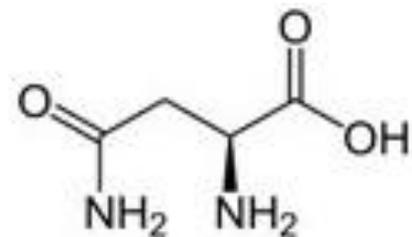
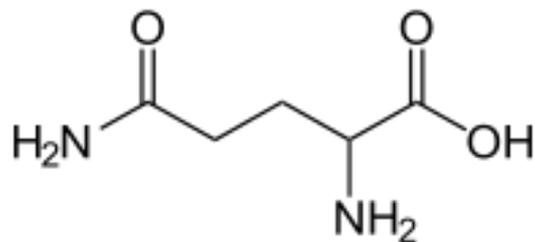
Аминокислота
(α -аминопропионовая кислота)

В сахарной свекле, картофеле и кукурузе содержатся следующие аминокислоты:

- Моноаминомонокарбоновые (глицин, аланин, серин, треонин, валин, лейцин, изолейцин)
- Серосодержащие (цистеин, метионин)
- Диаминомонокарбоновые (лизин, аргинин)
- Моноамидодикарбоновые (аспаргиновая, глутаминовая)
- Циклические (фенилаланин, тирозин, триптофан, гистидин, пролин)
- Амиды (глутамин, аспаргин)

Из них 10 являются незаменимыми!

В сахарной свекле преобладают **глутамин** и **аспаргин**



Аминокислоты растворимы в воде, устойчивы в растворах, не осаждаются в технологических процессах и почти без изменений проходят все этапы производства, накапливаясь в мелассе и гидроле.

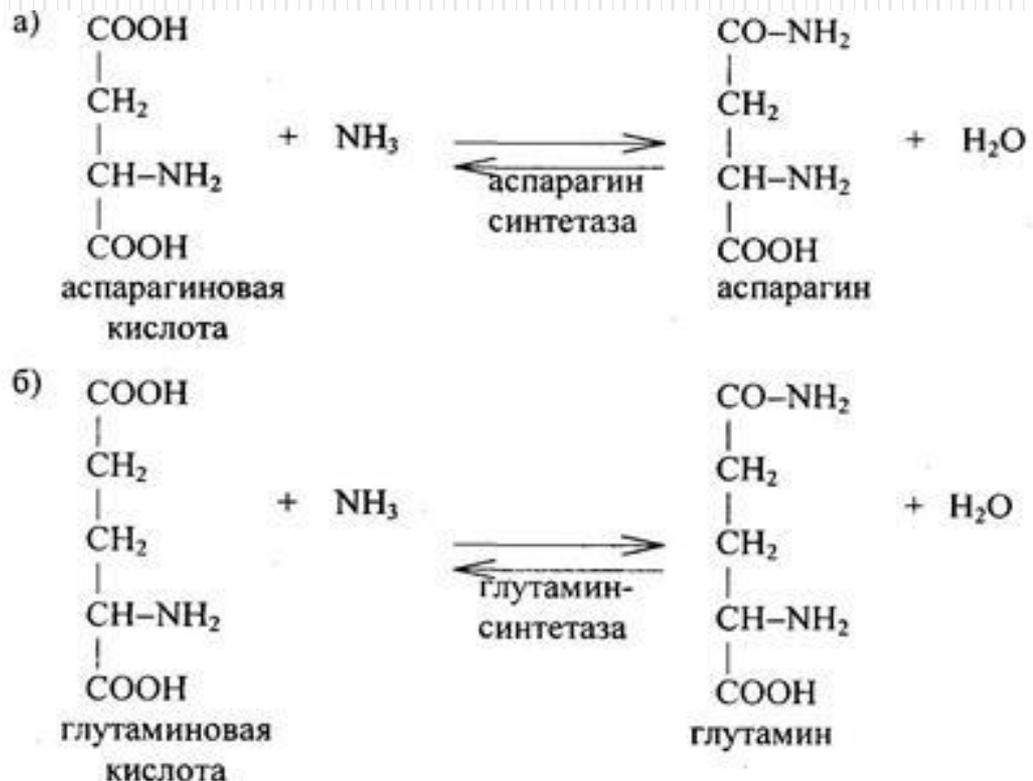
АМИДЫ КИСЛОТ

Образуются в результате замещения гидроксила в одной карбоксильной группе аминокислоты на аминную группу.

В сахарной свекле, картофеле, кукурузе содержатся:

- Амид глутаминовой кислоты
- Амид аспаргиновой кислоты
- Амид щавелевой кислоты

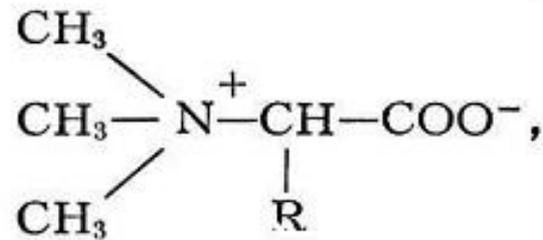
При высоких температурах при действии кислот или щелочей гидролизуются.



Как и аминокислоты без изменений проходит все стадии производства

БЕТАИН

- Это метилированная внутренняя соль аминокислоты - глицина



Как и аминокислоты без изменений проходит все стадии производства

БЕЗАЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Все безазотистые вещества являются «вредными» для технологических процессов сахарного и крахмального производства.

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Карбоновые кислоты в растительном сырье составляют до 50% всех безазотистых веществ.

В сахарной свекле, картофеле, кукурузе содержатся:

- Дикарбоновые кислоты (щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, адипиновая)
 - Оксикарбоновые (гликолевая, яблочная, винная, лимонная)
 - Монокарбоновые (муравьиная, уксусная, пропионовая)
 - Оксикислоты (молочная)
- В сахарной свекле преобладают щавелевая, лимонная и яблочная кислоты, что обеспечивает слабокислую реакцию свекловичного сока (pH 6,2-6,3)

Все кислоты растворимы в воде, устойчивы химически. В производственных процессах образуют соли, которые влияют на прохождение технических процессов.

САПОНИН И СОЛАНИН

«сапо» - мыло

Содержится в сахарной свекле
в хвостике и поверхностном слое
~ 0,1 – 0,15%

Переходит в сок, вызывая его
пенность, ядовит.
С кальцием образует соль,
выпадающую в осадок,
который удаляется.

Содержится в картофеле
Гликозид с агликоном
~ 0,002 – 0,01%

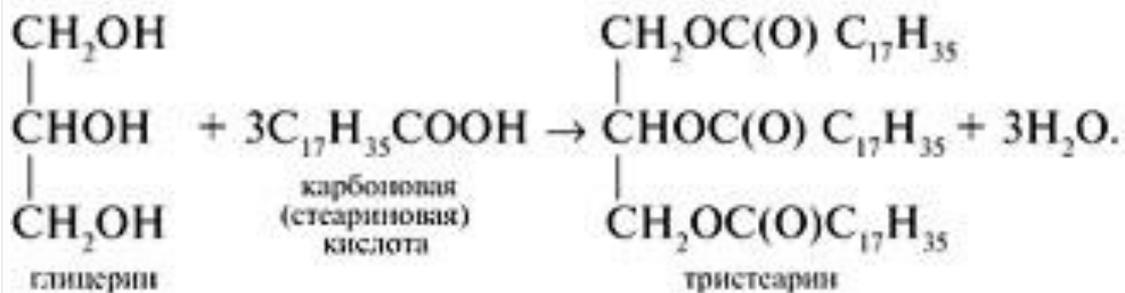
Пенообразователь,
ядовит.
Накапливается в верхних слоях
клубня и удаляется во время
чистки.

В сточных водах предприятий по переработке сахарной свеклы и картофеля всегда содержатся сапонин и соламин, поэтому сброс вод в водоемы без очистки не допускается.

ЖИРЫ

содержатся в животной и растительной пище

- это сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высших карбоновых кислот.



Содержатся в сахарной свекле (~0,03%), картофеле (~ 0,2%), кукурузе (~ 5%), сахарном тростнике.

Образуются в основном пальмитиновой, олеиновой, линолевой, эруковой, миристиновой кислотами.

В технологических процессах под действием извести и щелочей происходит омыление жиров с образованием глицерина и мылов.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ЗОЛА)

Содержатся в организме ~ 4,3% от массы тела. Входят в состав всех тканей человека и являются активными частями ферментов.

В растениях образуются:

- Неорганические кислоты (фосфорная, соляная, серная)
- Соли органических и неорганических кислот (более всего калиевые и натриевые)

Являются сильными мелассообразователями. Определение их содержания в сырье дает ориентировочные данные о потерях сахара в мелассе и гидроле.

КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Изначально свекловичный сок и крахмал бесцветны.

Но в них содержатся фенольные соединения, которые соприкасаясь с воздухом (окисление), подвергаясь термическому разложению (карамелизация) или щелочному распаду (гидролизу) образуют окрашенные продукты реакции коричневых цветов.

В производстве фенольные соединения стараются удалять на начальных стадиях технологических процессов.

ВОДА

С пищей человек получает ~87% суточного необходимого количества воды. Вода – это среда для всех процессов синтеза и распада веществ, связанных с жизнедеятельностью организма, а также вода – это химический реагент.

Вода содержится во всех пищевых продуктах в разных количествах:

- Молочные продукты ~ 87-88%
- Мясо, рыба, яйца ~ 54-83%
- Овощи, фрукты ~ 65-95%
- Хлеб, кондитерские изделия ~ 38-48%
- Зерно, мука, крахмал, патока ~ 12-20%
- Сахар, чай, соль ~ 0,14%

Удаление воды – процесс сохранения продукта

Избыток воды – поражение продукта вредными микроорганизмами и активация действий ферментов.

В производстве используют сырье с определенной достаточной влажностью, что необходимо для продуктивного протекания технологических процессов..

ФЕРМЕНТЫ

- это белки с каталитической активностью (биологические катализаторы)

Регулируют течение всех жизненно важных процессов в природе.

Ферменты обладают выраженной специфичностью действий: пепсин – белки,

амилазы – крахмал

инвертаза – сахароза

ВИТАМИНЫ

- группа веществ органической природы, играющие очень важную роль в жизнедеятельности организма, который использует их для построения каталитических центров ферментов.

Витамины получают из растительной и животной пищи, организм их не синтезирует.

УГЛЕВОДЫ

(сахара, крахмал, пектиновые вещества, целлюлоза, глюкоза, фруктоза и т.д.)

Это природные органические соединения, состоящие из углерода, водорода и кислорода.

Общая формула углеводов



*Углеводы –
«состоящие из угля
и воды»*

Содержатся только в растительной пище!

Образуются в зеленых листьях растений из углекислого газа, воды и минеральных солей под действием солнечной радиации – фотосинтез («свет»+«соединение»)

В производстве используют как основное сырье!

Процесс фотосинтеза

Это ряд химических превращений, протекающих с участием больших количеств различных биокатализаторов (ферментов) и фотокатализатора (хлорофилла).

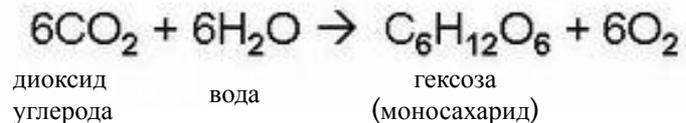
Процесс протекает в листьях растений, которые окрашены в «цвет жизни» (зеленый) частичками – хлоропластами.

Основная часть хлоропластов – это белки и липиды.

Хлоропласты воспринимают солнечную энергию, в результате чего в них образуется хлорофилл, соединенный с белковым носителем, который и участвует в расщеплении воды.

При этом кислород выделяется в воздух, а водород поступает в реакции с веществом, присоединившим к себе углекислый газ (углекислоту).

Суммарное уравнение фотосинтеза:



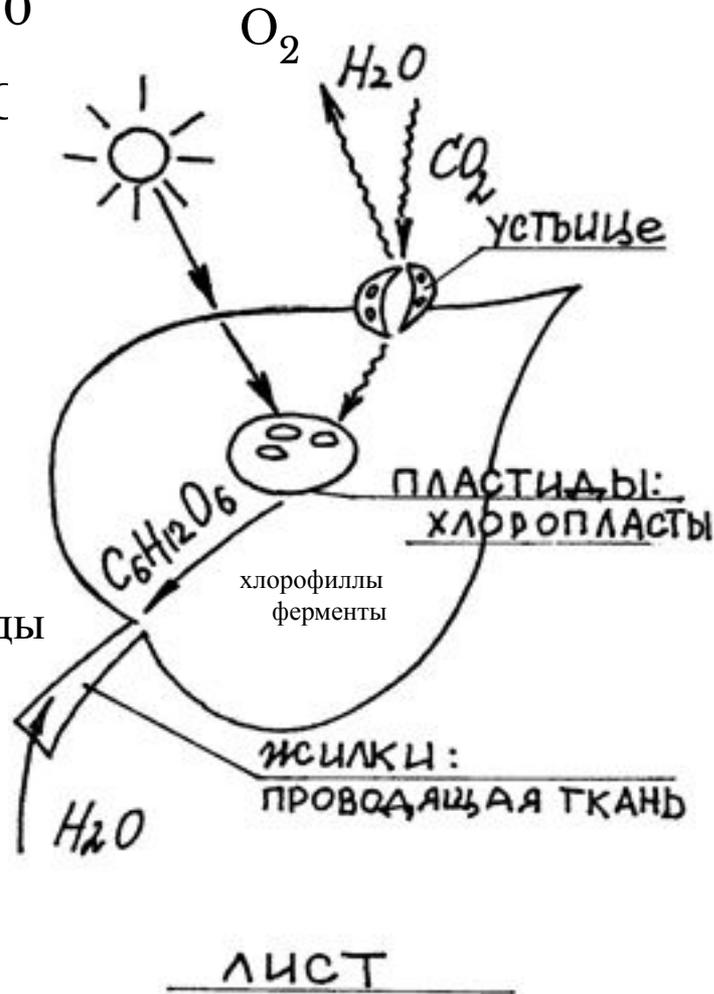
Однако образование углеводов при фотосинтезе проходит по сложной реакции через конденсацию формальдегида)

Фотохимические реакции в растениях протекают только в определенной части волн солнечного спектра, а именно **380-710** нм. Этот диапазон носит название ФАР (фотосинтетическая активная радиация). Ее доля в солнечном свете составляет **21-46%**.

В процессе фотосинтеза растения как бы аккумулируют в себе солнечную энергию в виде химической энергии углеводов. Образующиеся углеводы не накапливаются в клетках листьев, а отводятся в проводящие пучки, пронизывающие листовую пластину. Т.е проводящая система листа представляет собой «коллекторную сеть», которая собирает из клеток ассимиляты (моносахариды, аминокислоты, органические кислоты и т.д.) и отводит их в «запасники», т.е клетки паринхимной ткани в других частях растения (корнеплоды, плоды, стебли и т.д.)

За счет фотосинтеза растения обеспечивают себе субстраты дыхания, обмена веществ, рост и развитие. А «запасы» питательных веществ (углеводов) откладывают «про запас» только после удовлетворения энергетических потребностей на выполнение жизненно важных процессов.

ФАР
380-710
t^{НМ} 18-22°C



В корнеплоды

Моносахарид
(в процессе
перемещения
подвергается
воздействию
ферментов и
синтезируется в
сахарозу)

Все углеводы делятся на три класса по химической структуре и степени полимеризации:

<p>Сахара (1...2)</p>	<p>-Моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза) - Дисахариды (сахароза, лактоза, трегалоза) - Полиолы – сахарные спирты (сорбитол, манитол, эритол, малитол, ксилитол, лактитол)</p>	<p>Это низкомолекулярные соединения поликарбосильного ряда с непрерывной углеро-углеродной цепью. Могут содержать гидроксильные (-ОН), карбонильные (>C=O), карбосильные (-COOH) и амидные (-NH₂) группы.</p>
<p>Олигосахариды (3...9)</p>	<p>-Мальтоолигосахариды (мальтодекстрин, мальтоза) - Другие (раффиноза, стахиоза, фруктоолигосахариды)</p>	<p>Вещества содержащие небольшие цепи, состоящие из 3-9 звеньев</p>
<p>Полисахариды (более 9)</p>	<p>-Крахмал (аммилаза, амилопектин, пиродекстрин и др.) - Некрахмальные полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектины и др.)</p>	<p>Это высокомолекулярные соединения – продукты поликонденсации моносахаридов (реакция присоединения низкомолекулярных соединений в полимерную цепь с выделением побочных низкомолекулярных продуктов). Это длинные цепи (макромолекулы), состоящие из мономерных звеньев, связанных друг с другом через атом кислорода (глюкозидная связь).</p>

МОНОСАХАРИДЫ

В природе встречаются главным образом

МОНОСАХАРИДЫ

Гексозы

- Глюкоза
 - Мальтоза
 - Крахмал
 - Целлюлоза
- Фруктоза
 - Сахароза
- Манноза
- Галактоза

Пентозы

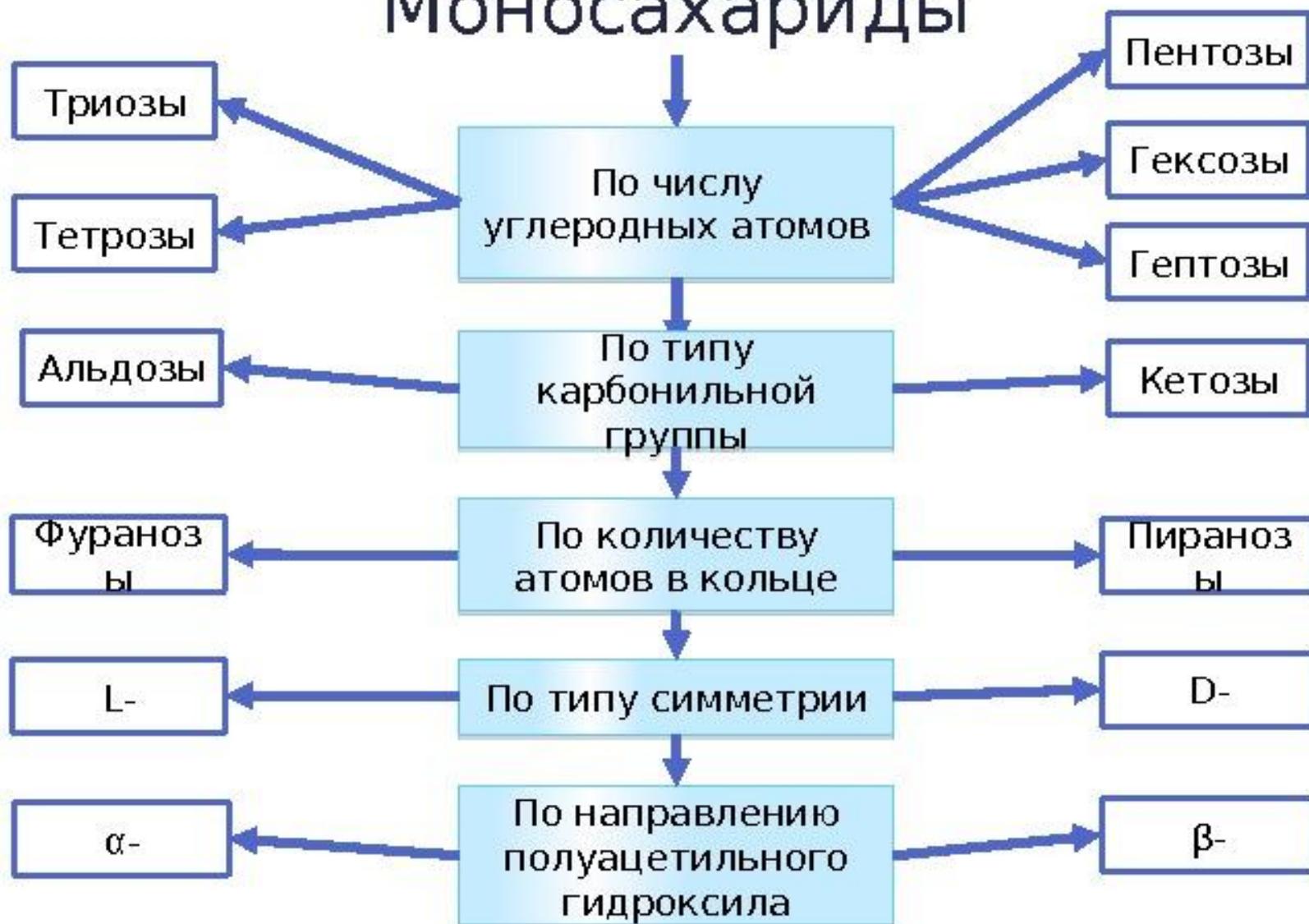
- Арабиноза
 - Гкмицеллюлоза
- Ксилоза

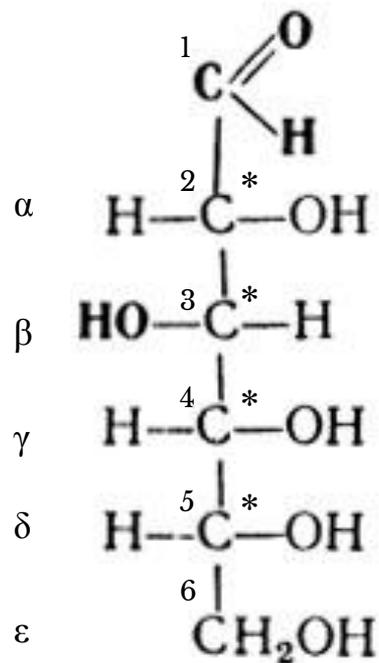
СТРОЕНИЕ МОНОСАХАРИДОВ

В химических формулах моносахаридов:

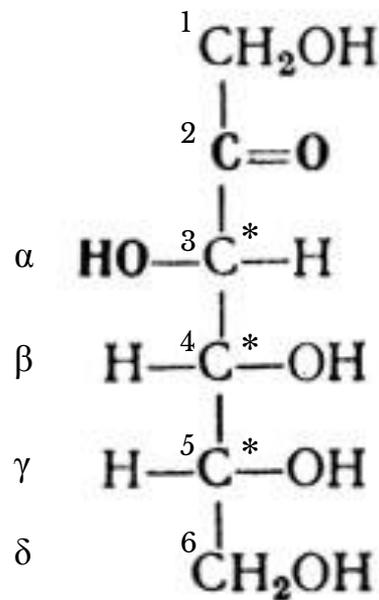
- Атомы С нумеруются с конца цепи, где располагается карбонильная группа
- Звездочками обозначаются ассиметричные атомы, которые могут образовывать изомеры (стереоизомеры D и L-ряда)
- Расположение гидроксильной группы в молекуле обозначается греческими буквами

Моносахариды

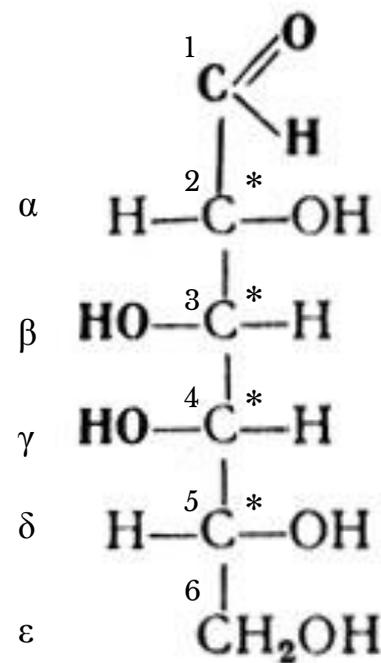




Глюкоза



Фруктоза



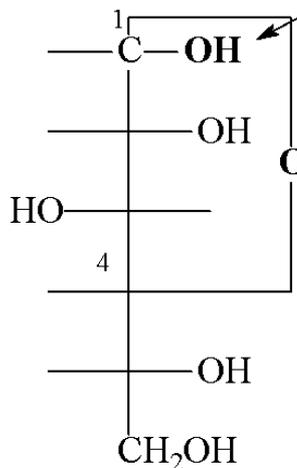
Галактоза

- Моносахариды с альгидной группой ($-\text{CH}=\text{O}$) на конце цепи – альдозы
с кетонной группой ($=\text{C}=\text{O}$) – кетозы

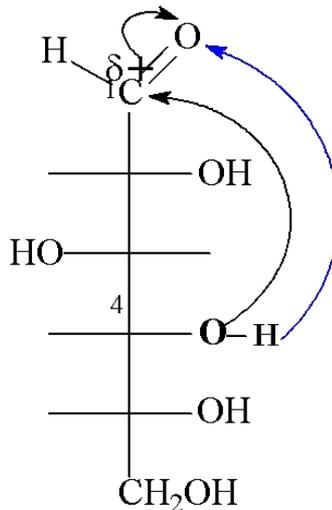
-Если OH - гидроксил расположен справа у самого дальнего ассиметричного атома углерода (гексозы – у пятого, пентозы – у четвертого) относятся к D-ряду, а если слева – относятся к L-ряду (Все моносахариды растительного происхождения относятся к D-ряду (D-изомеры))

-Если гидроксильные группы при 1 и 2 ассиметричных атомах углерода направлены в одну сторону плоскости – то это α -форма, если в разные - то это β -форма

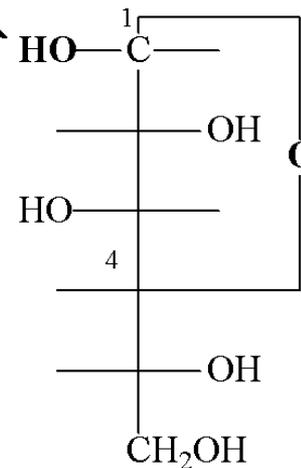
Аномеры α-D-глюкопириранозы и β-D-глюкопириранозы



α-D-глюкопирираноза
(α-D-глюкопирираноза)



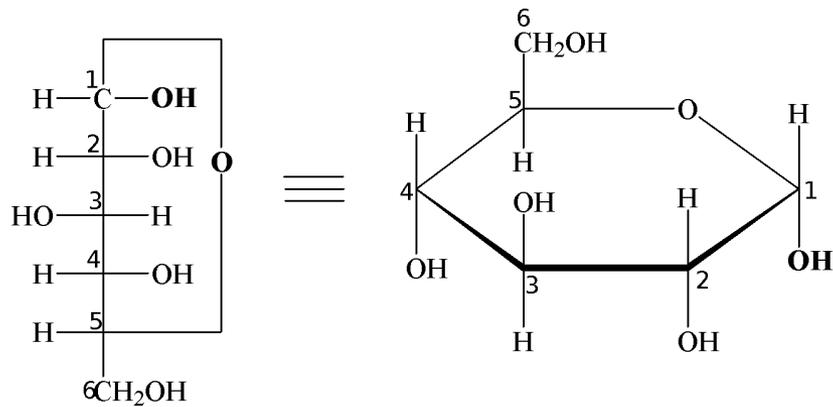
D-глюкопирираноза
(D-глюкопирираноза)



β-D-глюкопирираноза
(β-D-глюкопирираноза)

В растворах молекулы находятся в циклической форме, т.к. OH-гидроксил, находящийся δ и γ-положениях свободно сближаются с карбонильной группой и в результате их взаимодействия образуются **внутренние полуацетали циклической формы**.

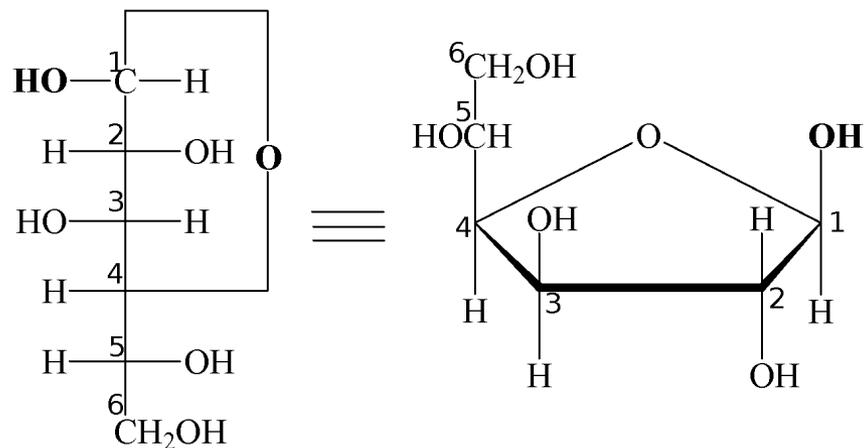
При этом двойная связь карбонильной группы разрывается, водород от спиртового гидроксила переходит к карбонильному кислороду, образуя **полуацетальный** или **гликозидный гидроксил**, а кислород спиртового гидроксила соединяется с первым атомом углерода. Так создается **оксидное кольцо**.



α -D-Глюкопираноза

Если карбоксильная группа взаимодействует с гидроксильной группой в δ -положении, то образуется шестичленное кольцо (пиранозная форма)

Что отражается в названии: глюкопираноза, фруктопираноза и т. д.



β -D-глюкофураноза

Если карбоксильная группа взаимодействует с гидроксильной группой в γ -положении, то образуется пятичленное кольцо (фуранозная форма)

Что отражается в названии: глюкофураноза, фруктофураноза и т.д.

СВОЙСТВА МОНОСАХАРИДОВ

1. Разные формы моносахаридов различаются по растворимости и температуре плавления
2. Кристаллизуются
3. Гигроскопичны
4. Сладкие на вкус
5. Проявляют слабые кислотные свойства
6. Обладают восстановительными свойствами (т.е. легко окисляются)

7. Имеют разную величину удельного вращения (поляризации) – это угол поворота плоскости поляризации, производимый слоем раствора толщиной 100 мм при концентрации 100 г сахара в 100 мл раствора в лучах желтого цвета при температуре 20°C.

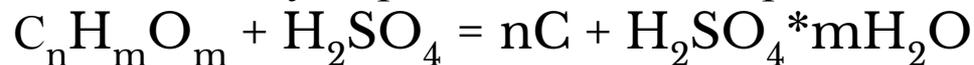
Особенностью растворения моносахаридов является то, что оно сопровождается явлением муторации – изменения удельного вращения плоскости поляризации свежеприготовленного и постоявшего раствора. Это происходит потому, что в начале преобладают α -формы моносахаридов (+110°), а с течением времени происходит таутомерный переход части в β -форму (+19°). И при установлении равновесия β и α -форм удельное вращение плоскости поляризации достигает величины алгебраической суммы удельного вращения поляризации плоскости всех форм (+52°).

8. Превращение моносахаридов в кислой среде при температуре.

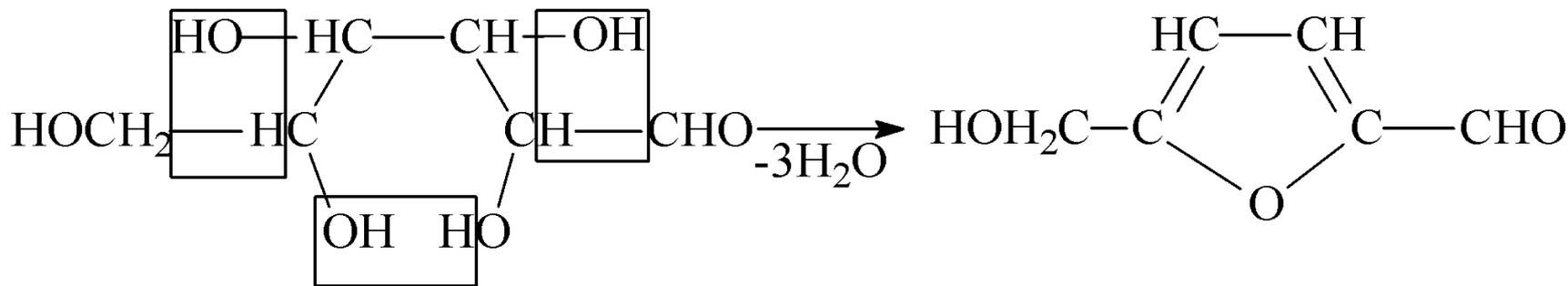
Моносахариды относительно устойчивы в этих условиях. Максимальная зона устойчивости рН 3-4, где Н⁺ и ОН-ионы влияют одинаково. Это называется изокаталитической точкой равновесия.

Если рН > 4 под влиянием ОН-ионов происходит увеличение содержания сахара в карбонильной форме, что ускоряет разложение.

Если рН < 3 – разложение также ускоряется из-за дегидратации молекул.



Гексозы в кислой среде при нагревании дегидратируют с отъемом 3 молекул воды и образованием малоустойчивого гетероциклического альдегида (оксиметилфурфура), который затем легко разлагается на органические кислоты.



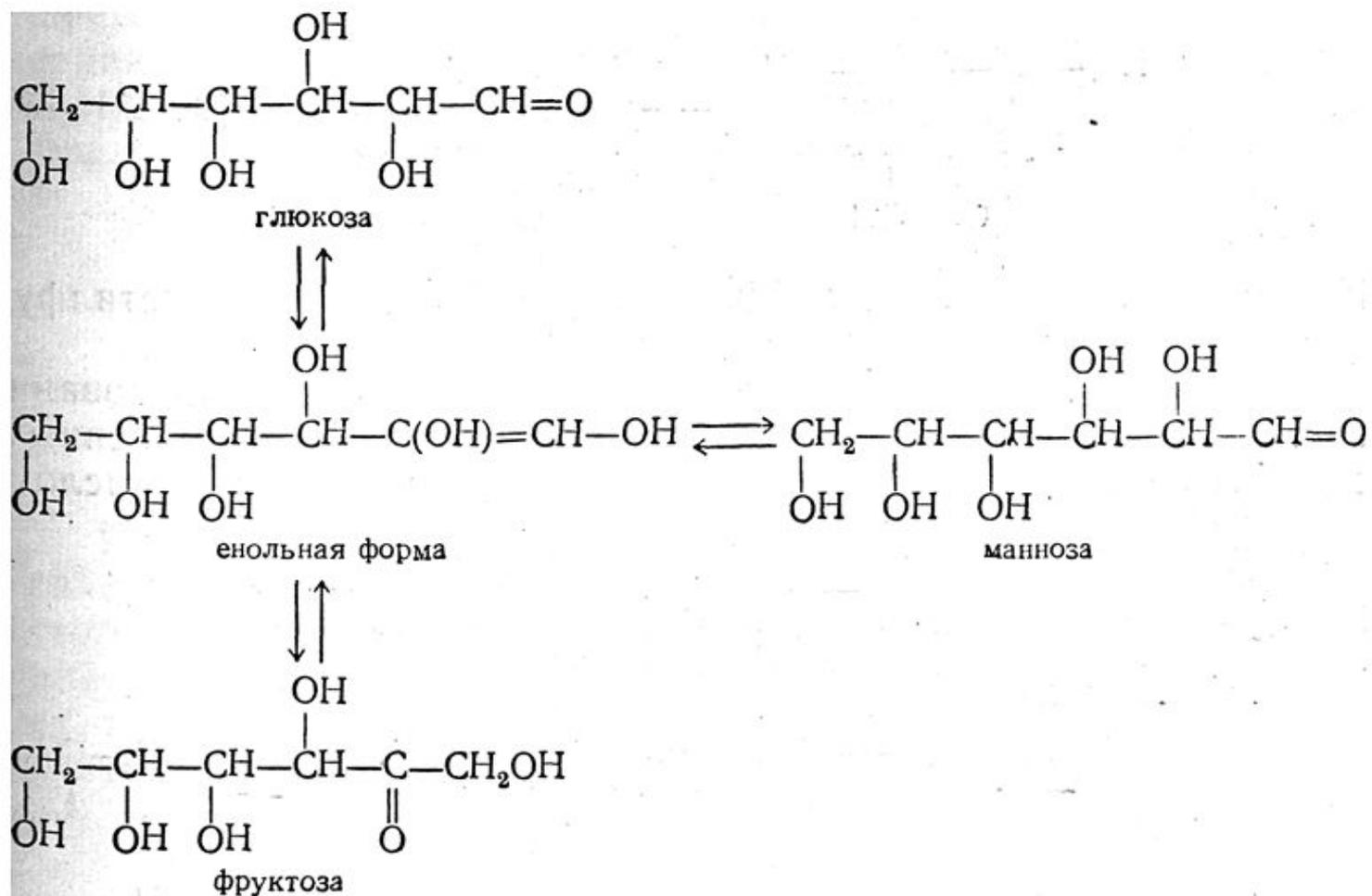
Àëüâî ï èðàí î çà

5-æèäðî êñèì àòèèò óðô óðî ë

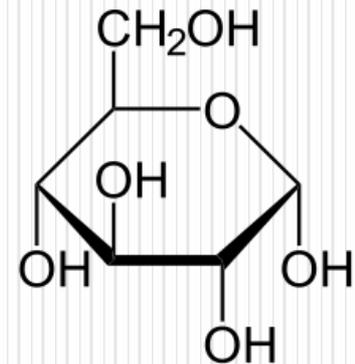
9. Превращения моносахаридов в щелочной среде.

Под воздействием щелочи образуются щелочные глюкозаты (продукт замещения H в гидроксидных группах гексозы метанолом).

Происходит эпимеризация – превращение одного моносахарида в другие, родственные по химическому строению.



ГЛЮКОЗА



Глюкоза – один из самых распространенных в природе углеводов (до 80%), который является одним из главных поставщиков энергии для живой клетки.

В свободном состоянии практически не присутствует.

Выделяется из сахарозы и крахмала в процессе пищеварения.

Внутри клетки глюкоза окисляется до CO_2 и H_2O , в ходе этого процесса выделяется энергия, которая используется для образования молекул аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

ОЛИГАСАРИДЫ

Образуются путем присоединения двух (и более) молекул моносахаридов с отщеплением воды.



Обладают небольшой молекулярной массой, по свойствам близки к моносахаридам.

В производственной химии углеводов важное значение имеют:

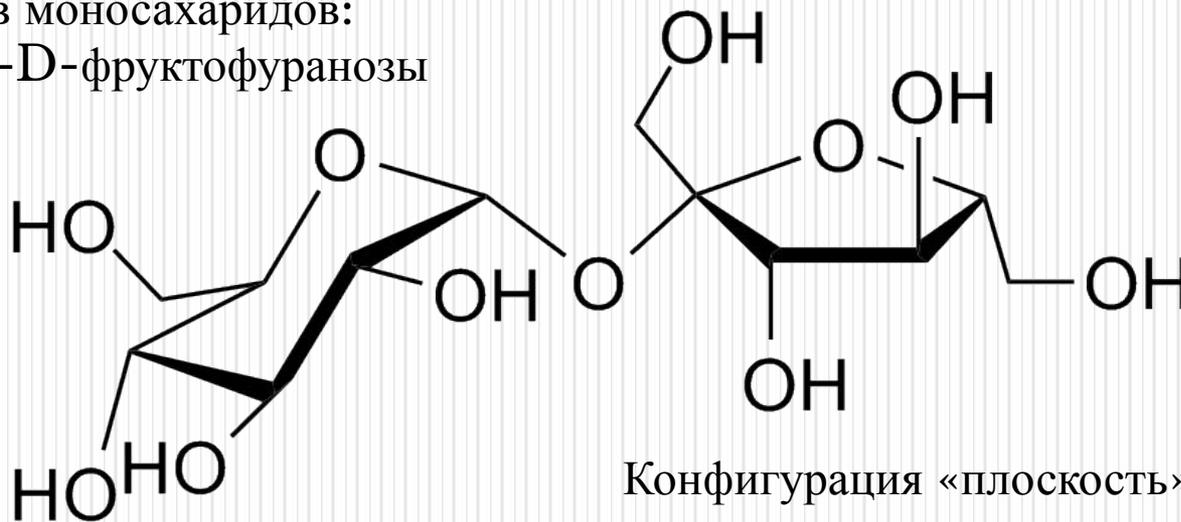
- Дисахариды (сахароза и мальтоза)
- Трисахариды (рафиноза)

САХАРОЗА



Содержится в сахарной свекле (14-18%) и в сахарном тростнике (10-15%)

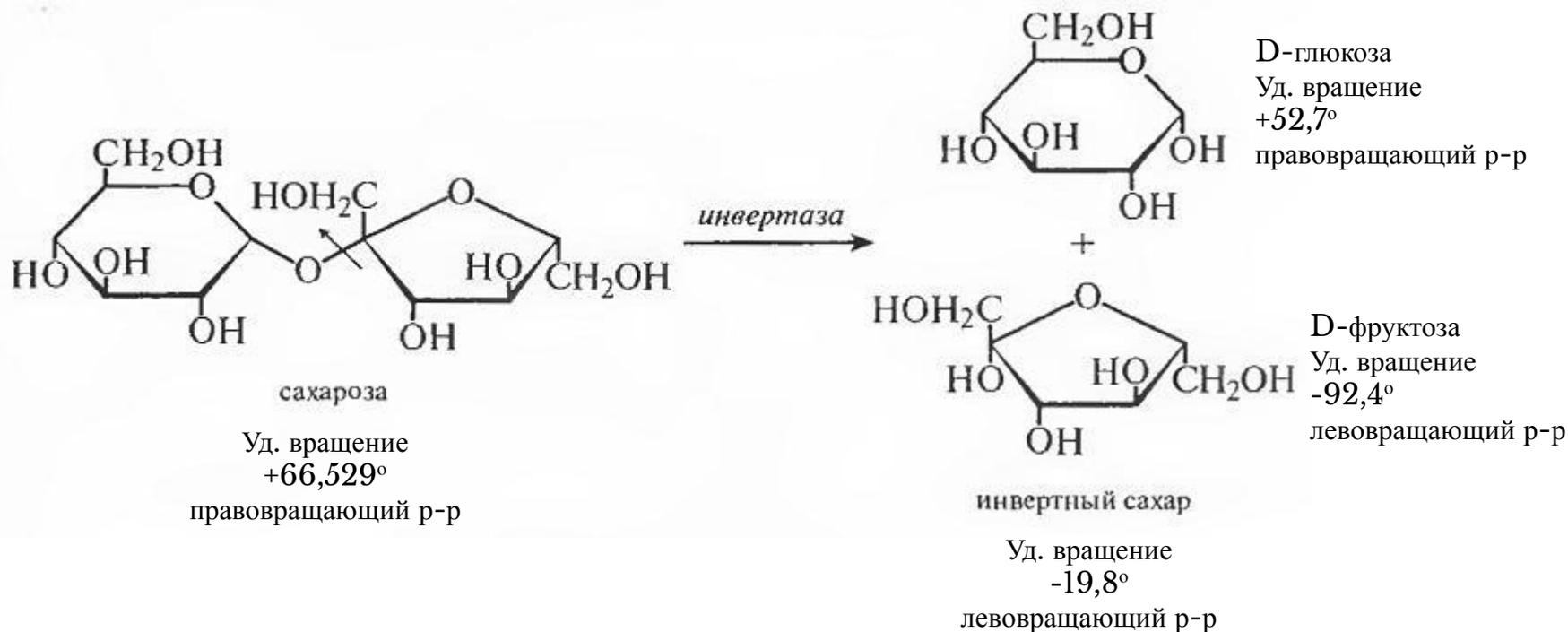
Состоит из двух остатков моносахаридов:
 α -D-глюкопиранозы и β -D-фруктофуранозы



Конфигурация «кресло»

Конфигурация «плоскость»

1. Сахароза не способна к таутомерии и мутарации
2. С кислотами и ферментами инвертазы гидролизуется с присоединением молекулы ВОДЫ.



Смена направления угла поворота плоскости поляризации называется **инверсией**, а раствор из смеси называется **инвертным** или **инвертированным сахаром**.

3. Концентрированные минеральные кислоты (серная, фосфорная, соляная) оказывают обезвоживающее действие. Образуются «гуминовые» кислоты, обуглившийся сахар и летучие вещества.

4. Гидролиз сахарозы в щелочной среде.

Гидролиз сахарозы может катализироваться и водородными и гидроксильными ионами (т.е. в кислой и в щелочной средах), но в разной степени.

У сахарозы есть изокаталитическая точка – минимум скорости гидролиза при рН 7,8-8,2.

От рН 2-7 – реакция катализируется водородными ионами (при увеличении рН на 1, константа скорости гидролиза увеличивается в 10 раз)

От рН 8,5-10 - реакция катализируется гидроксильными ионами (при увеличении рН на 1, константа скорости гидролиза увеличивается в 3,7 раз),

т.е. щелочной гидролиз сахарозы слабее кислотного.

5. Сахароза является слабой кислотой, которая диссоциируется в щелочной среде. Может образовывать соли с одно- и двухвалентными металлами.

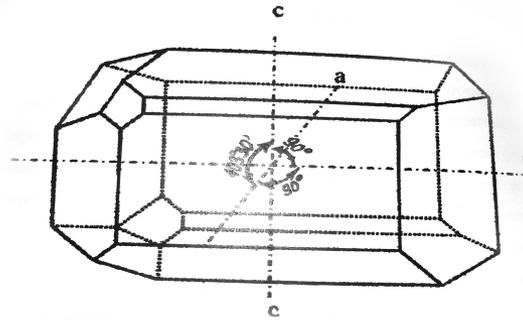
6. Хорошо растворяется в воде

7. Растворимость в воде не зависит от давления внешней среды, но зависит от температуры. С повышением температуры растворимость возрастает.

8. Растворы сахарозы – это однородные системы переменного состава из двух компонентов. Имеет желтый или оранжевый цвет. Способны к пенообразованию. Величина поверхностного натяжения раствора при температуре 20°C равна 72,75.

9. Удельное вращение плоскости поляризации при 589,3 нм и 20°C постоянно +66,529°
10. Не растворяется в большинстве органических растворителях.
11. Растворы обладают значительной вязкостью, которая зависит от концентрации и температуры (η 60%-ного раствора при 20°C равна 58,49 мПа*с). Сахароза увеличивает вязкость растворов в присутствии несхаров (техническая вязкость).
12. Температура кипения сахарного раствора примерно 101,1°C
13. Растворы сахарозы не проводят электрического тока
14. Плотность сухой сахарозы 1,59 г/см³
15. Температура плавления сухой сахарозы 185-186°C
16. Может находиться в аморфном, расплавленном и кристаллическом состоянии.
17. Сахароза гидрофильна за счет наличия ОН-групп, которые взаимодействуют с молекулами воды посредством водородной связи.
18. При прямом нагреве сахаров в присутствии минеральных концентрированных кислот, щелочей и некоторых солей (катализаторы), происходит комплекс реакций под названием карамелизации.

19. Сахарозу переводят в твердое состояние путем кристаллизации из пересыщенных растворов. Кристаллизация происходит с выделением теплоты. Кристаллы сахарозы прозрачны и бесцветны. Кристаллы сахарозы имеют 3 оси с неправильными отрезками.



Кристаллы сахарозы построены из элементарных ячеек. В каждой ячейке заключены две молекулы сахарозы. Молекулы или касаются друг друга или располагаются с минимальным свободным объемом.

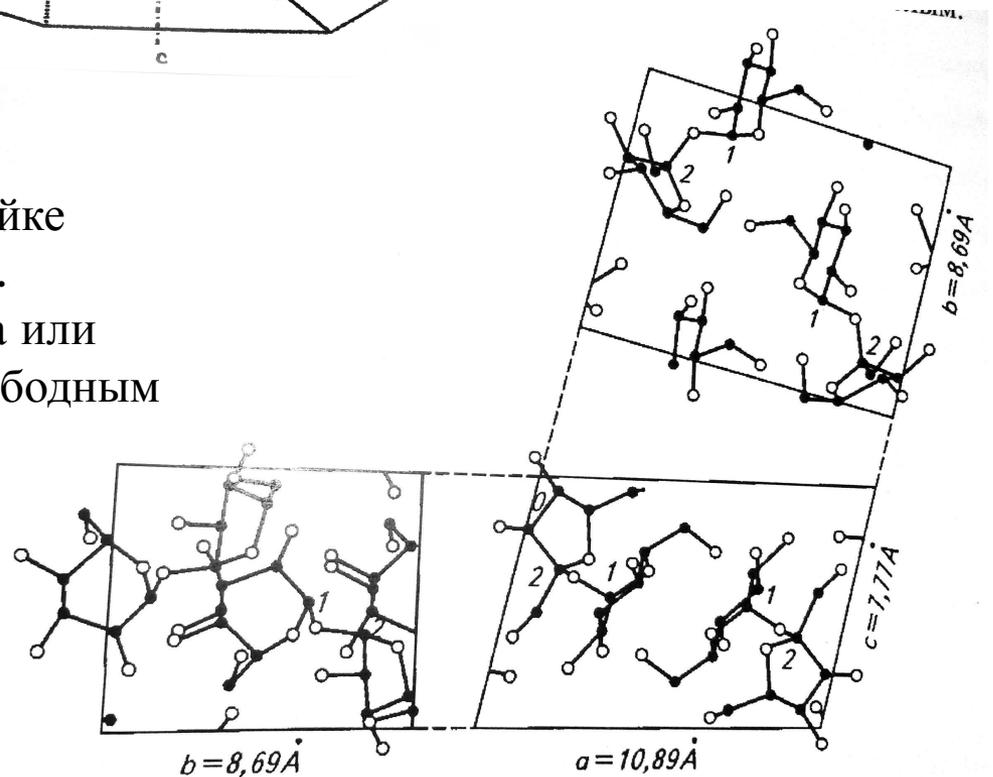
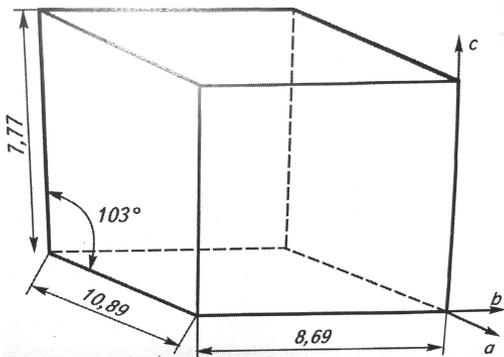


Схема размещения молекул сахарозы в ячейке в трех проекциях.

Молекулы в кристаллах и ячейках связываются между собой водородными и Ван-дер-Ваальсовыми связями.

Рост и развитие кристаллов от центра не одинаков. Левый полюс развит лучше с хорошо выраженными гранями. Хотя вправо кристалл растет быстрее.

Влияют: пересыщение, температура, перемешивание, примеси

При быстром росте кристаллов происходит включение молекул несхаров в кристаллическую решетку – процесс инклюзии.

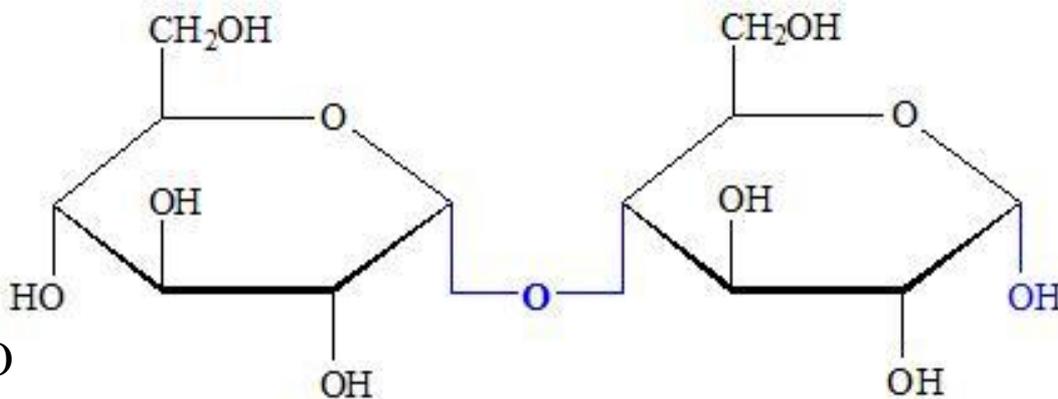
Включение раствора в трещины растущего кристалла с последующим закрытием их другими кристаллами – явление окклюзии.

МАЛЬТОЗА (солодовый сахар)



Получают при неполном гидролизе крахмала за счет действия амилаз солода.

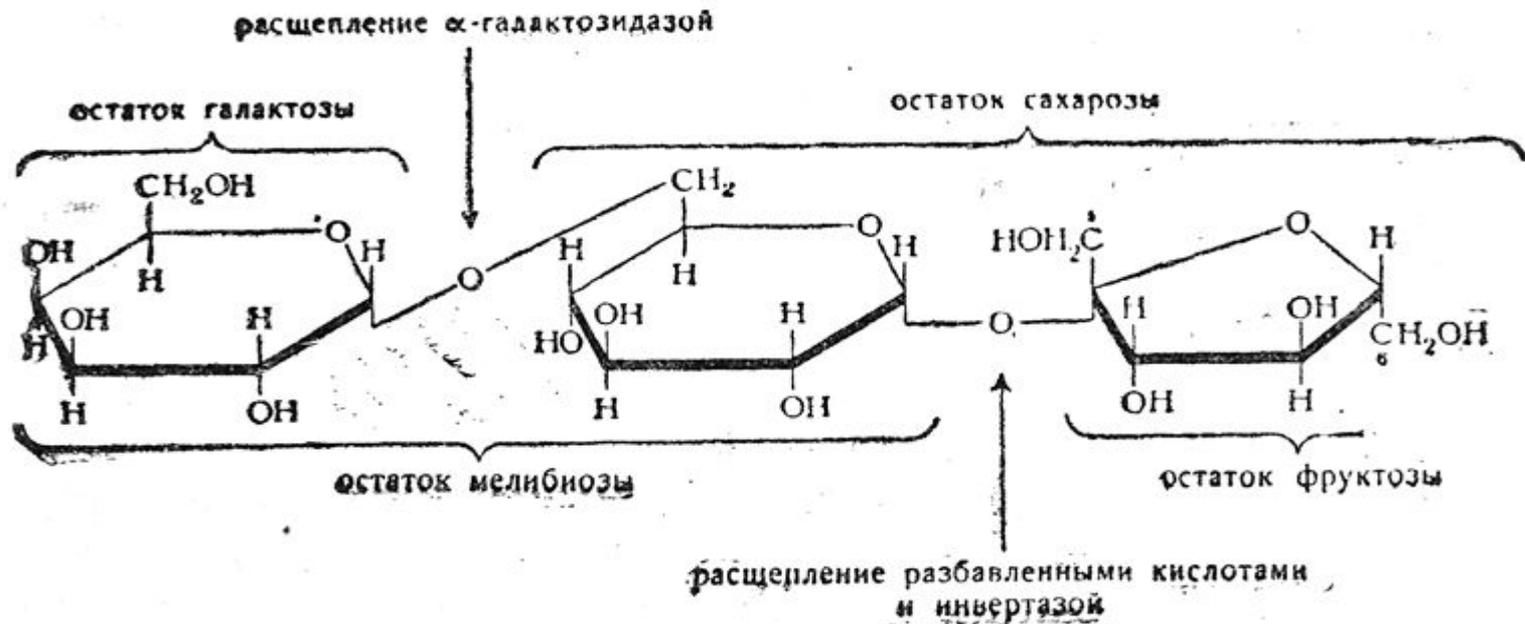
- Обладает таутомерностью
- Способна к муторации (посл. значение уд.вращение $+130,4^\circ$)
- Кристаллизуется с 1 молеи H_2O
- Легко сбраживается
- Гидролизуется



α -D-глюкопиранозил-(1→4)-
 α -D-глюкопираноза



РАФИНОЗА $5H_2O$ Образуется в недозревших плодах и при длительном хранении.



Способность к гидролизу используется в производстве сахара из сахарной свеклы для увеличения выхода сахарозы. Для этого оттоки с высоким содержанием рафинозы (~7%) гидролизуют α -глюкозидазой при 50°C , что увеличивает выход сахарозы ~ на 4%.

ПОЛИСАХАРИДЫ

Растительное сырье содержит также несхароподобные вещества:

- Крахмал
- Целлюлозу
- Гемицеллюлозу
- Пектиновые вещества

Все эти вещества компоненты растительной клеточной ткани

КРАХМАЛ



Высокомолекулярное соединение, которое как резерв накапливается в клубнях картофеля (~20%), зернах кукурузы (~60%) и злаков (~80%).

В растениях находится в виде микроскопических овальных зерен кристаллической структуры от 2 до 150 мкм (картофельный ~ 40-50 мкм, злаковый ~ 1015 мкм, рисовый ~2-8 мкм).

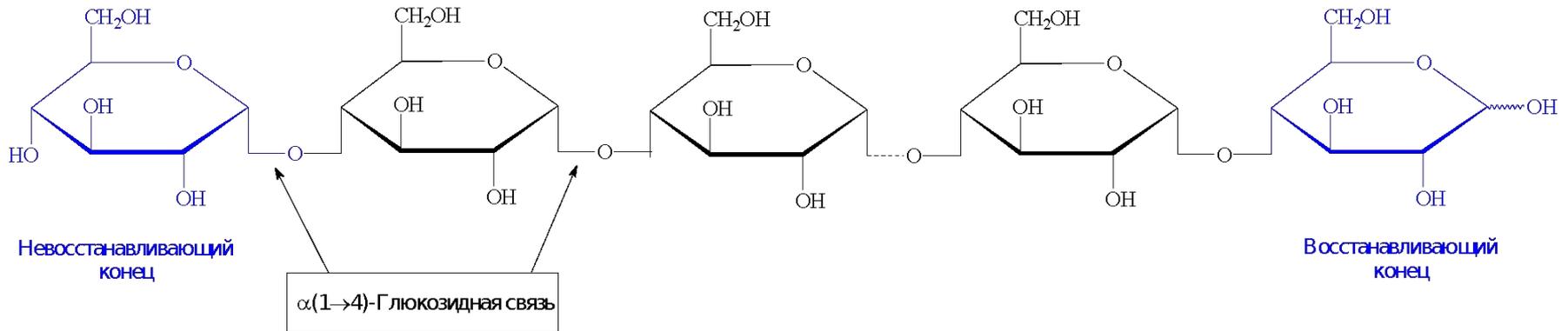
Природный крахмал содержит:

- 96-97% полисахариды (гидролизующиеся до глюкозы)
- 0,1-0,7% минеральных веществ (в основном фосфорной кислоты)
- ~0,6% высших жирных кислот
- 0,1-0,8% белка

Крахмал существует в 2 формах:

1. α -АМИЛОЗЫ.

Неразветвленные цепи макромолекул, в которых D-глюкозидные звенья соединены α (1-4)связями. Молекулярная масса т 1000 до 500 000



АМИЛОЗА

2. Амилопектин

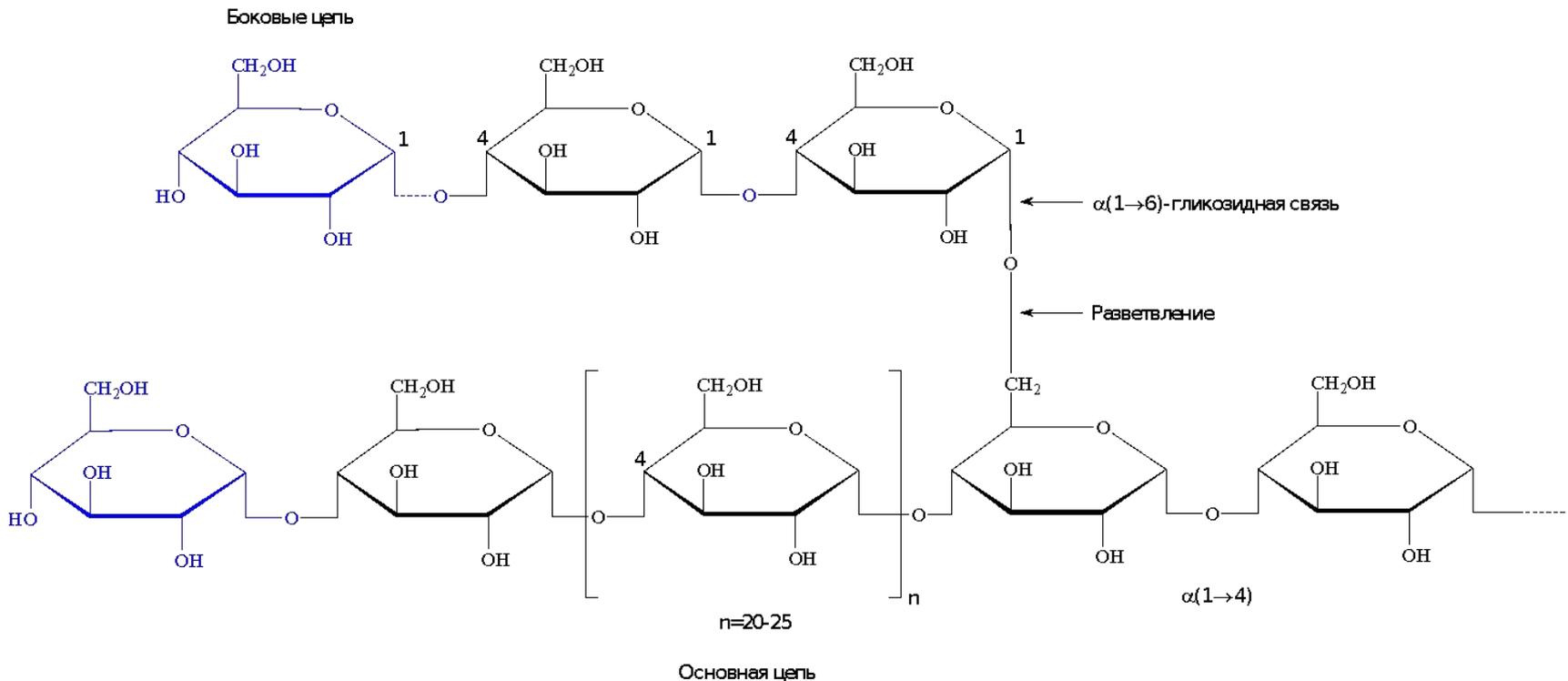
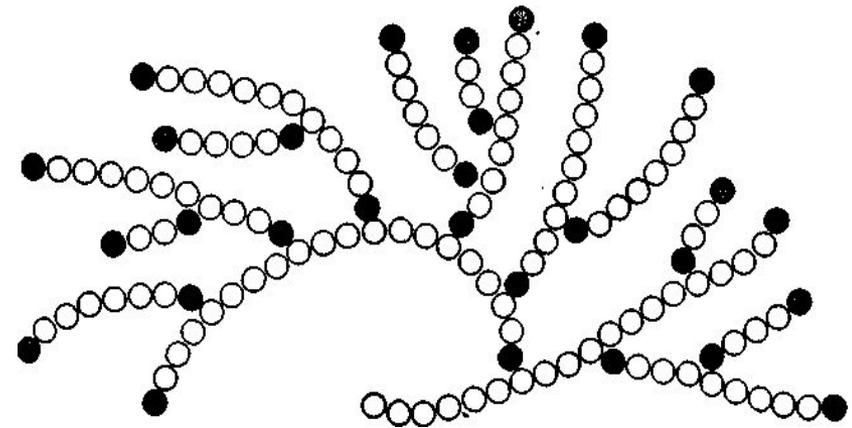
Цепи макромолекул сильно разветвлены.

Ветви содержат ~ по 12 остатков глюкозы.

Главная цепь состоит из гликозидных звеньев $\alpha(1-4)$, а ветви возникают примерно у каждого 12-го звена на точках $\alpha(1-6)$.

Число звеньев до 6000

Молекулярная масса до 1000000



АМИЛОПЕКТИН

Свойства крахмала

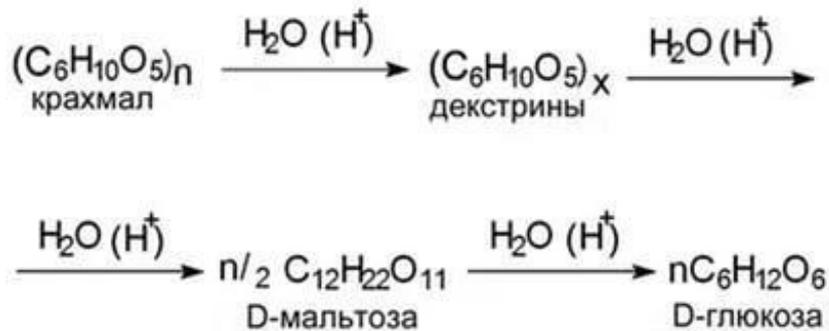
1. Растворение

- В холодной воде нерастворим
- В горячей (50-70°C) зерна набухают, связи между макромолекулами ослабевают, зерно распадается.
- Раствор коллоидный (клейстеризация) и очень вязкий.

2. Удельное вращение раствора +201,5-204,3°

3. Не проявляет восстановительных свойств

4. Гидролиз кислотами. Под действием H⁺-ионов происходит вначале разрыв связей между макромолекулами, а затем разрыв валентных гликозидных связей с присоединением на место разрыва молекулы воды. Вначале макромолекула распадается на короткие полисахариды (декстрины), а затем вплоть до глюкозы.



Скорость гидролиза крахмала зависит от концентрации кислоты, ее активности и температуры (145-150°C). При этом гидролизуется и небольшое количество образующейся глюкозы (не более 0,7%, т.к. скорость гидролиза глюкозы ~ в 300 раз ниже, чем скорость гидролиза крахмала)

5. Гидролиз ферментами (аминолитические ферменты α и β -амилазы, глюкоамилаза).
- α -амилаза разрывает только $\alpha(1-4)$ гликозидные связи в середине, образуя при этом низкомолекулярные декстрины и мальтозы.

- β -амилаза разрывает $\alpha(1-4)$ гликозидные связи последовательно от концов цепей, отщепляя по 2 остатка глюкозы.

-Глюкоамилаза разрывает $\alpha(1-4)$ и $\alpha(1-6)$ гликозидные связи, отщепляя от концов цепи по 1 остатку глюкозы.

На скорость влияют:

-Концентрация амилаз

-рН (оптимальное 5,5-7 (α -амилазы), 4,6-4,9 (β -амилазы), 4,5-4,6 (глюкоамилаза))

-t (оптимальное 66 $^{\circ}$ C (α -амилазы), 50-52 $^{\circ}$ C (β -амилазы и глюкоамилаза))

6. Реверсия глюкозы. Часть глюкозы, образующейся при гидролизе крахмала, под действием кислоты может полимеризоваться с отнятием воды. Образуются смесь редуцирующих и нередуцирующих сахаридов, которые при добавлении воды в растворе могут гидролизироваться до глюкозы.

7. Коллоидные растворы крахмалов при длительном стоянии могут агрегировать и разрушаться из-за возникновения большого числа водородных связей между линейными макромолекулами. Образуется нерастворимый и недоступный для кислот и ферментов мелкокристаллический осадок. Этот процесс называется ретроградацией.

ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА

Пектиновые вещества или протопектины – межклеточное вещество растений, соединяющее целлюлозу в клеточных стенках растений (в свекле ~2,5% от массы свеклы).

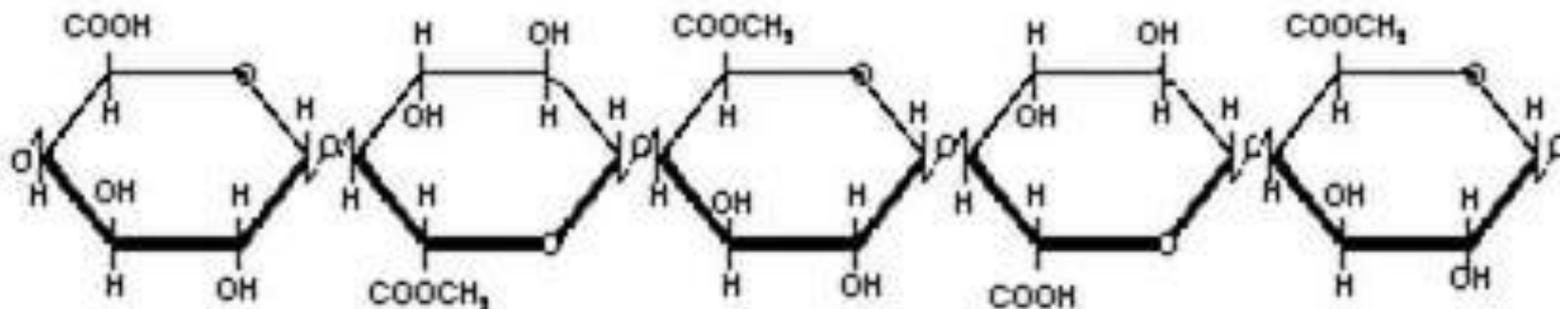
Свойства:

- В холодной воде нерастворим
- При повышении температуры под действием кислот, щелочей, ферментов гидролизуется на нерастворимую и растворимую фракции. Растворимая фракция – гидропектин.
- Гидролиз зависит от температуры, рН, времени нагрева.

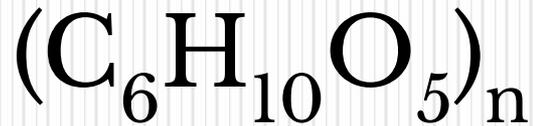
Пектиновые вещества используются для застудневания в кондитерской промышленности.

Пектин – это высокомолекулярное соединение, которое состоит из остатков D-галактуроновой кислоты, соединенных $\alpha(1-4)$ гликозидными связями. Водород в карбоксильных группах частично замещен метоксильными ($\text{CH}_3\text{O}-$)

Молекулярная масса 20000 - 25000



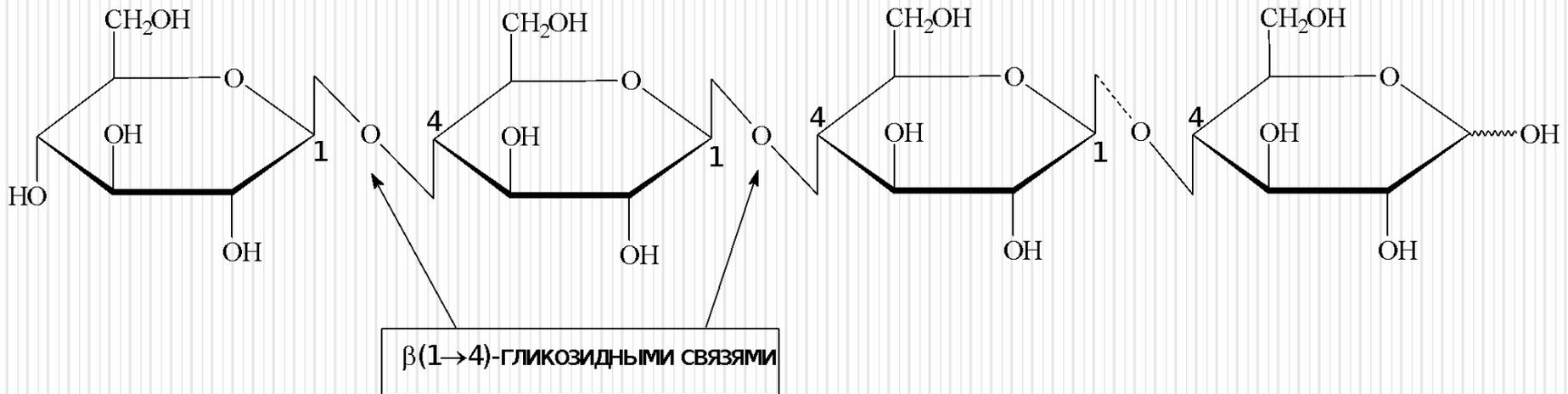
Пектин – сложный эфир полигалактуровой кислоты, метилового спирта и уксусной кислоты.



ЦЕЛЛЮЛОЗА

Находится в основной массе клеточных стенок растений («скелет»).

Высокомолекулярное соединение, линейные макромолекулы, состоят из остатков D-глюкозы, соединенных $\beta(1-4)$ гликозидными связями. Молекулярная масса 500000-1000000.



Макромолекулы связаны водородными связями в пучки по ~ 60 молекул

Свойства:

- Нерастворима в воде
 - Почти не подвергается гидролизу разбавленными кислотами и щелочами
 - Гидролизуется при высокой температуре долгое время в присутствии сильных минеральных кислот под давлением
 - Разлагается действием ферментов (целлюлазы)
- В свекле ~ 24-26%. В производстве остается в нерастворимом виде.

ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗА

Смесь полисахаридов, которые можно разделить на:

- пентозаны (арабаны и ксиланы)
- гексозаны (галактаны, маннаны и т.д.)

В свекле и картофеле содержится в основном арабан и галактан:

- экстрагируются водными растворами щелочей
- гидролизуются до моносахаридов

В технологическом процессе не осаждаются и без изменений поступают в мелассу
~10-500 мг/кг.