

# ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАСЛИ

САХАР И САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

# ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

# СЫРЬЕ. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

## Пищевое сырье

```
graph TD; A[Пищевое сырье] --> B[Растительное]; A --> C[Животное]; B --- D["- Белки<br>- Жиры<br>- Пищевые кислоты<br>- Соли минеральных кислот"]; C --- E["- Вода<br>- Ферменты<br>- Витамины<br>- Углеводы"]
```

### Растительное

- Белки
- Жиры
- Пищевые кислоты
- Соли минеральных кислот

### Животное

- Вода
- Ферменты
- Витамины
- Углеводы

# 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

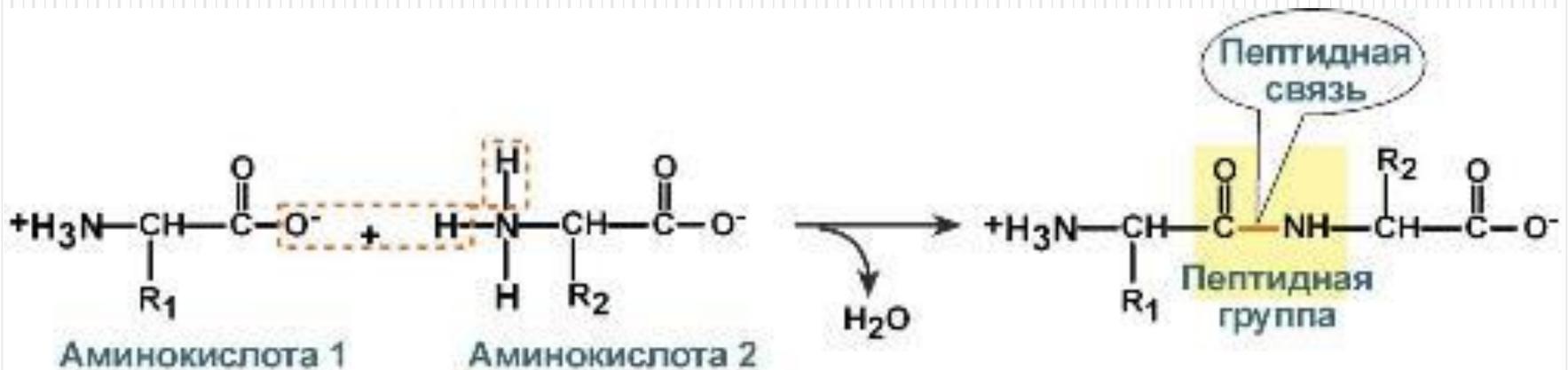
*Составляют ~ от 0,5 до 21% от массы всех азотистых веществ (в сахарной свекле ~ от 0,001 до 0,04%)*

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

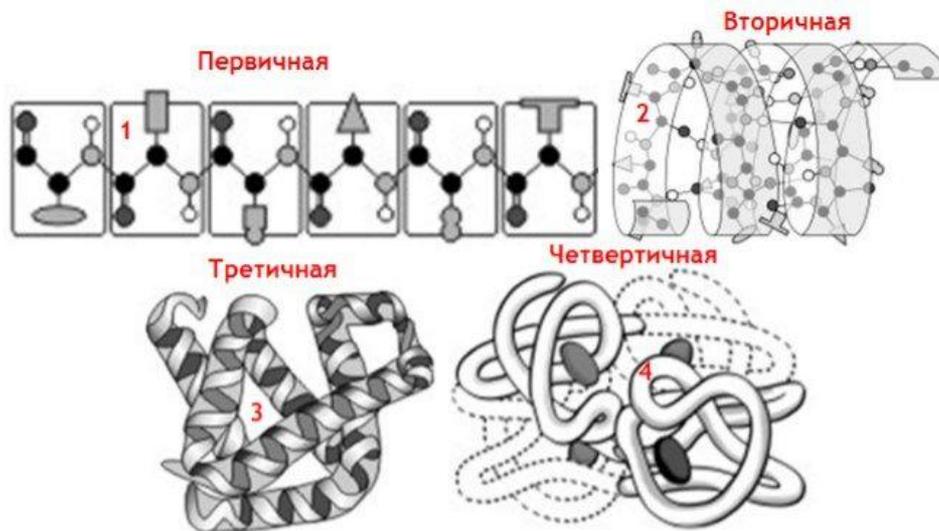
# БЕЛКИ

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

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



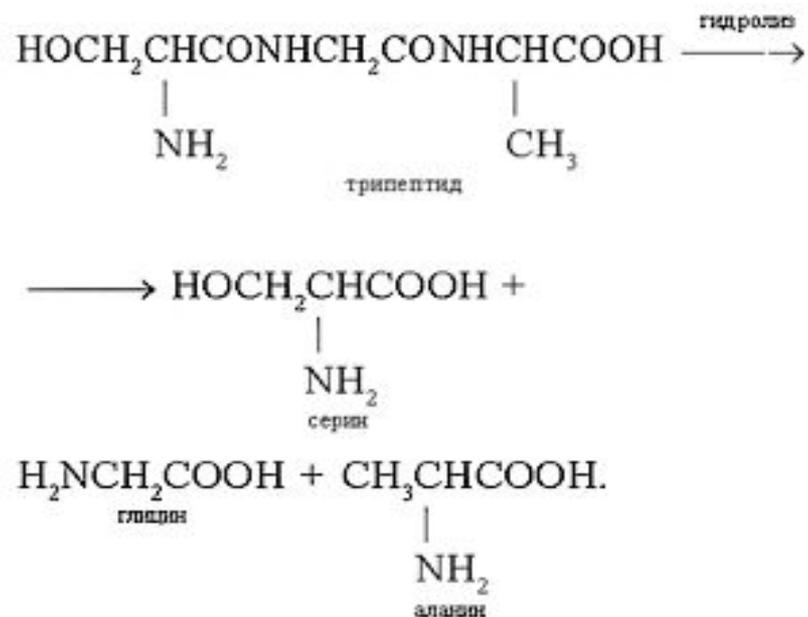
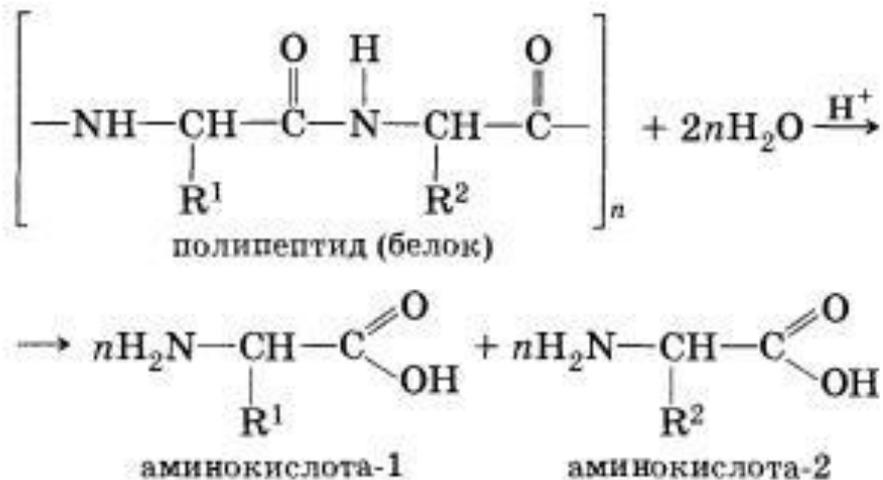
Длинные цепи белковых молекул с помощью водородных и ионных связей в пространстве образуют клубки.



При действии температуры (более  $60^{\circ}\text{C}$ ) и ионов тяжелых металлов связи разрываются и клубки разворачиваются. Процесс называется **денатурация белка**.



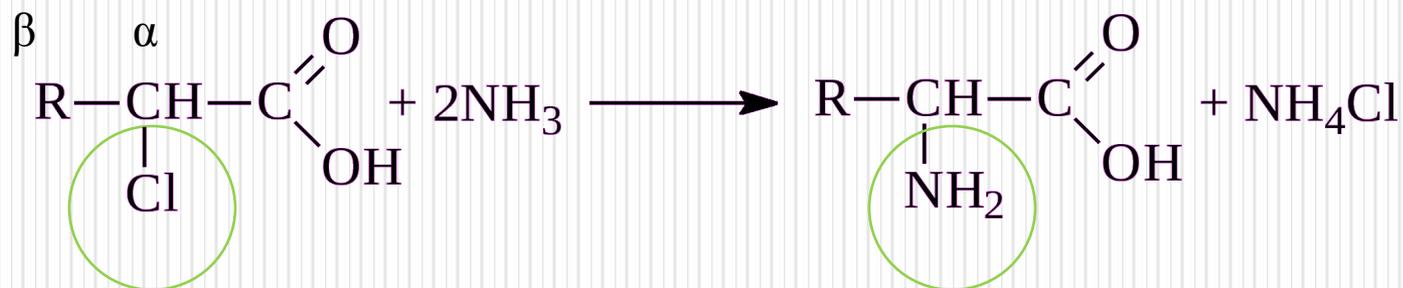
При дальнейшем действии ферментов, кислот, щелочей происходит разрыв молекулы белка (гидролиз) с образованием полипептидов, дипептидов и т.д., которые затем расщепляются до аминокислот.



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  $\alpha$ -углеродного атома.



Карбоновая кислота  
(пропионовая кислота)

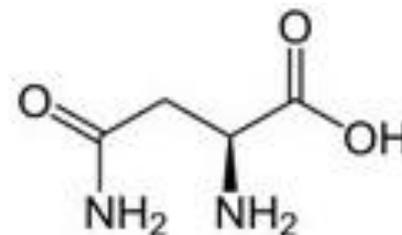
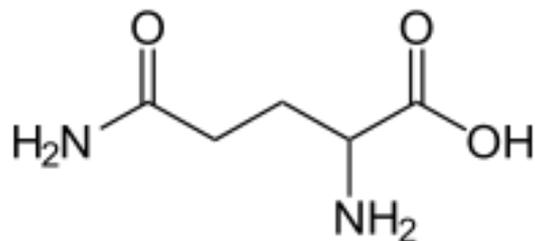
Аминокислота  
( $\alpha$ -аминопропионовая кислота)

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.

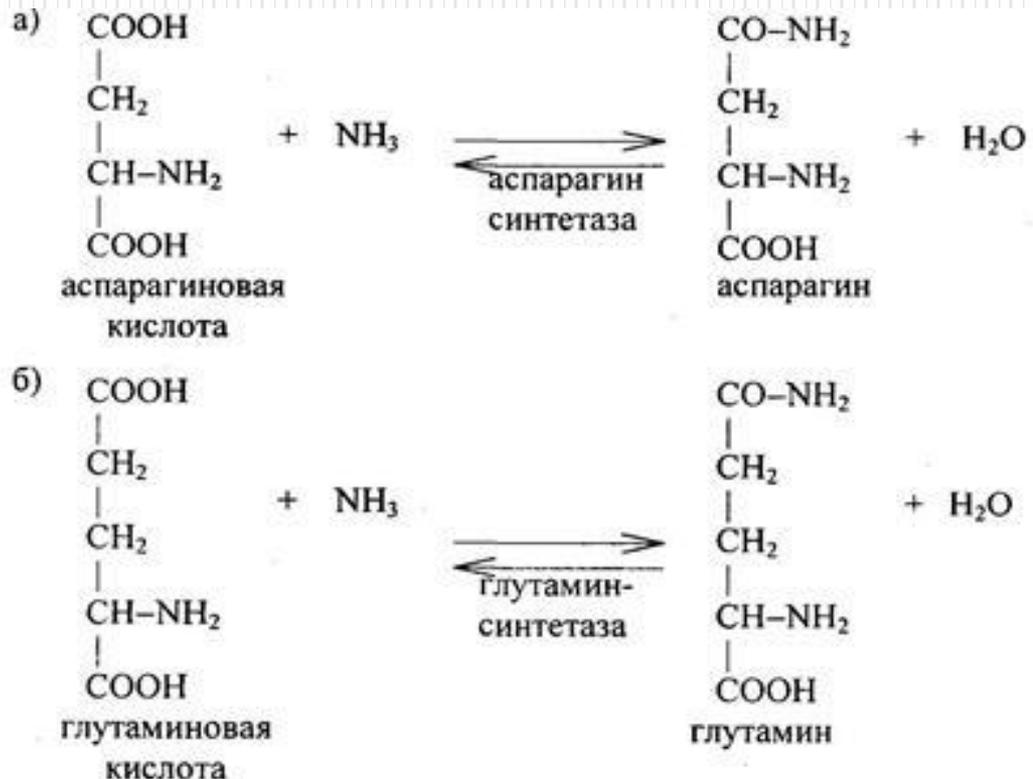
# АМИДЫ КИСЛОТ

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

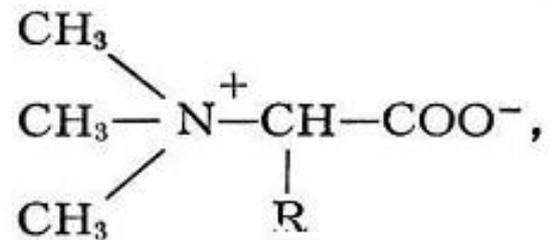
При высоких температурах при действии кислот или щелочей гидролизуются.



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%

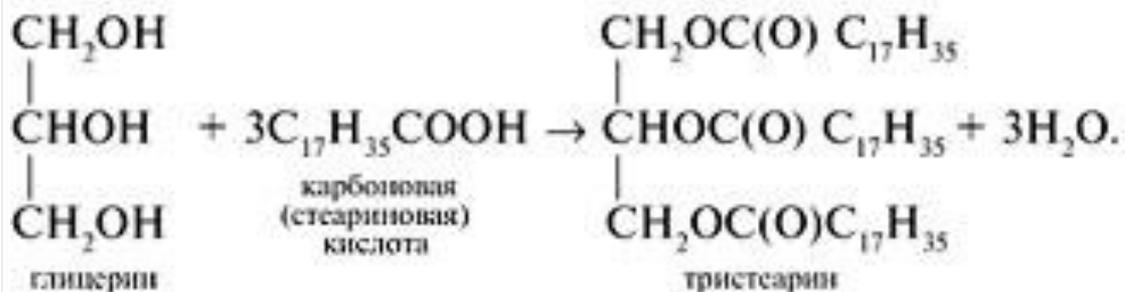
Пенообразователь,  
ядовит.  
Накапливается в верхних слоях  
клубня и удаляется во время  
чистки.

*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»*

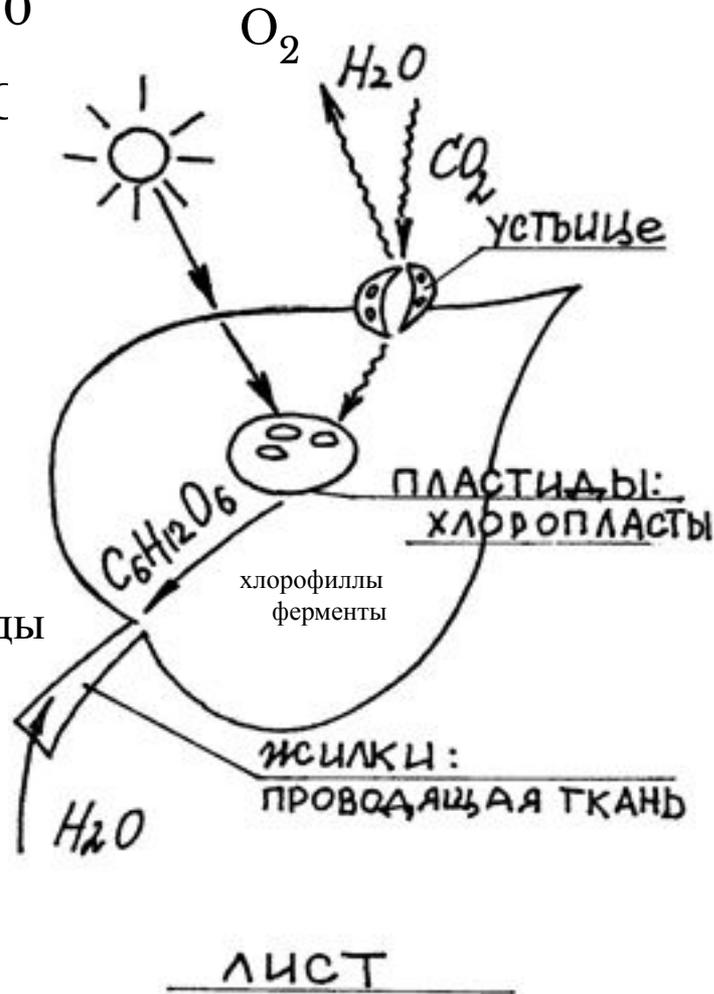
**Содержатся только в растительной пище!**

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!*



ФАР  
380-710  
t <sup>НМ</sup> 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>-<b>Моносахариды</b> (глюкоза, фруктоза, галактоза) - <b>Дисахариды</b> (сахароза, лактоза, трегалоза) - <b>Полиолы</b> – 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 (&gt;C=O), карбосильные (-COOH) и амидные (-NH<sub>2</sub>) группы.</p>
<p>Олигосахариды (3...9)</p>	<p>-<b>Мальтоолигосахариды</b> (мальтодекстрин, мальтоза) - <b>Другие</b> (раффиноза, стахиоза, фруктоолигосахариды)</p>	<p>Вещества содержащие небольшие цепи, состоящие из 3-9 звеньев</p>
<p>Полисахариды (более 9)</p>	<p>-<b>Крахмал</b> (аммилаза, амилопектин, пиродекстрин и др.) - <b>Некрахмальные полисахариды</b> (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
- Ксилоза
- Гкмицеллюлоза

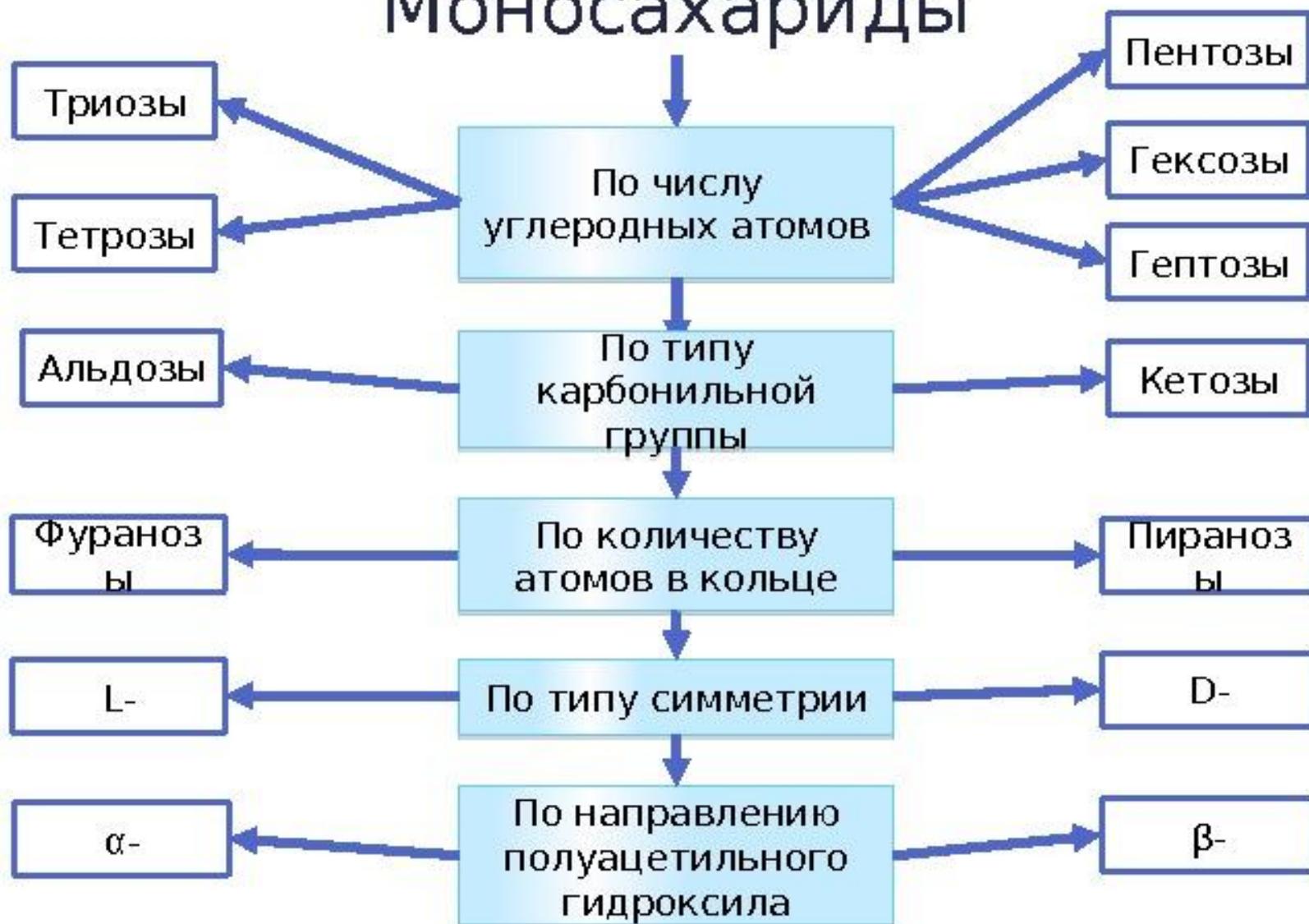
# СТРОЕНИЕ МОНОСАХАРИДОВ

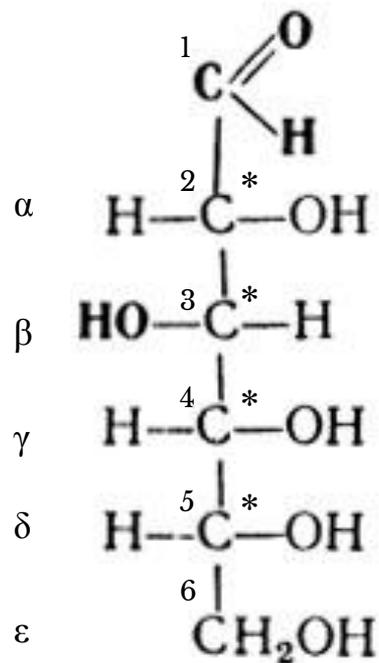
---

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





$\alpha$

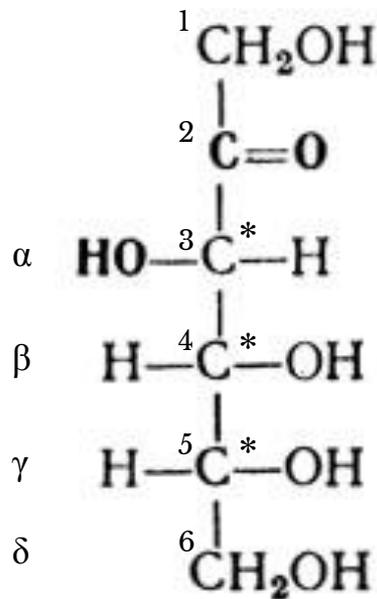
$\beta$

$\gamma$

$\delta$

$\epsilon$

Глюкоза



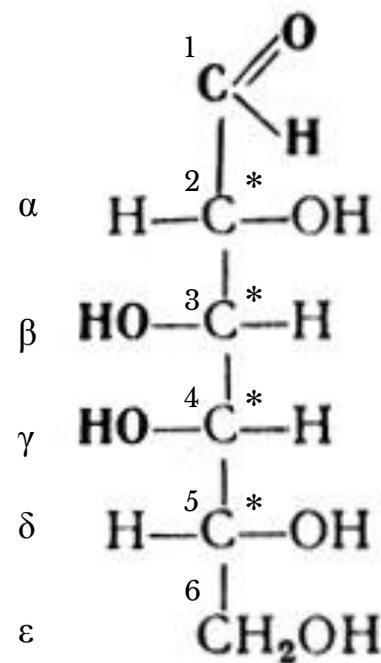
$\alpha$

$\beta$

$\gamma$

$\delta$

Фруктоза



$\alpha$

$\beta$

$\gamma$

$\delta$

$\epsilon$

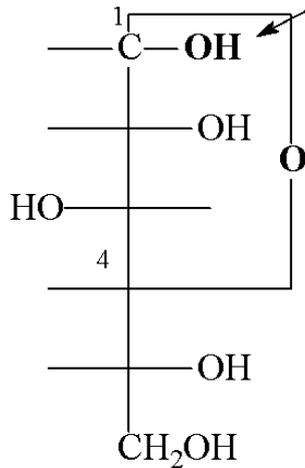
Галактоза

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

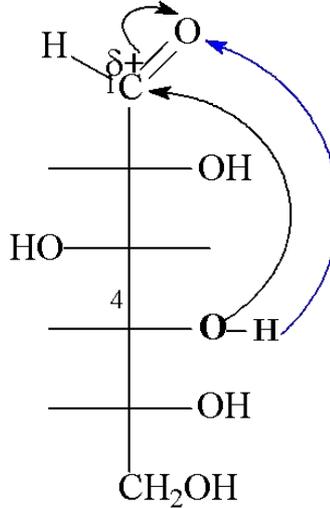
-Если  $\text{OH}$ - гидроксил расположен справа у самого дальнего асимметричного атома углерода (гексозы – у пятого, пентозы – у четвертого) относятся к D-ряду, а если слева – относятся к L-ряду (Все моносахариды растительного происхождения относятся к D-ряду (D-изомеры))

-Если гидроксильные группы при 1 и 2 асимметричных атомах углерода направлены в одну сторону плоскости – то это  $\alpha$ -форма, если в разные - то это  $\beta$ -форма

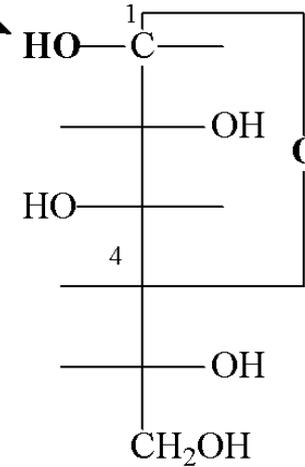
Аномеры D-глюкозы



$\alpha$ -D-глюкоза  
(D-глюкоза- $\alpha$ -аномер)



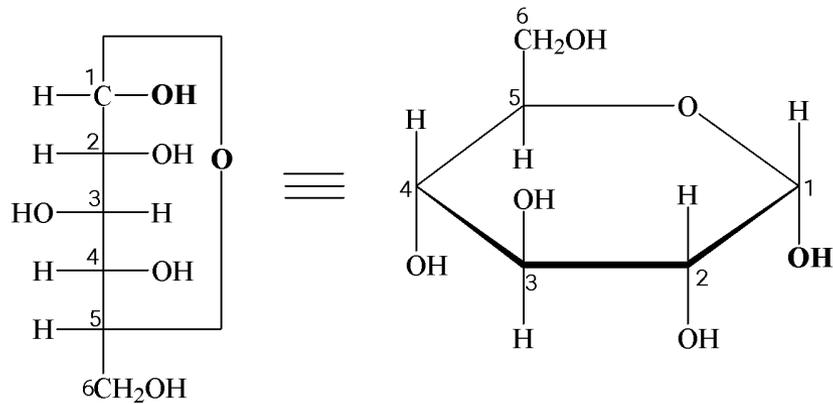
D-глюкоза  
(D-глюкоза- $\beta$ -аномер)



$\beta$ -D-глюкоза  
(D-глюкоза- $\beta$ -аномер)

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

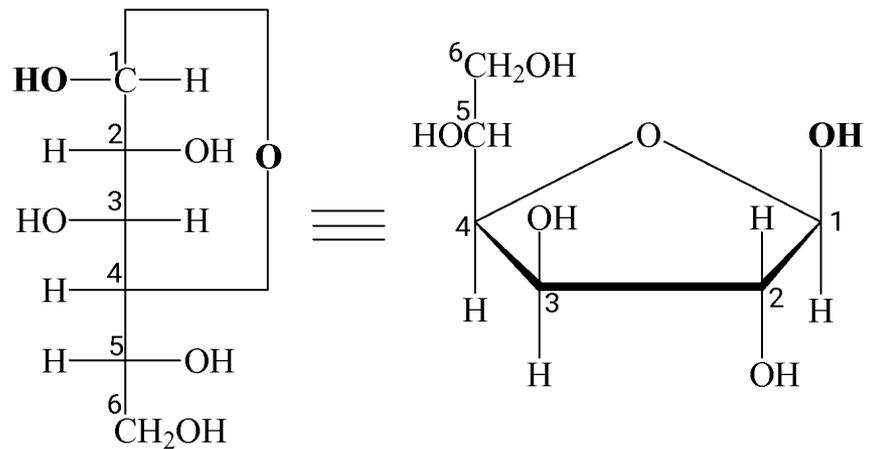
При этом двойная связь карбонильной группы разрывается, водород от спиртового гидроксила переходит к карбонильному кислороду, образуя **полуацетальный** или **гликозидный гидроксил**, а кислород спиртового гидроксила соединяется с первым атомом углерода. Так создается **оксидное кольцо**.



$\alpha$ -D-Глюкопираноза

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

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



$\beta$ -D-глюкофураноза

Если карбоксильная группа взаимодействует с гидроксильной группой в  $\gamma$ -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.

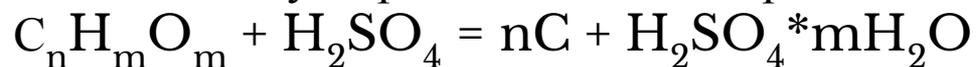
Особенностью растворения моносахаридов является то, что оно сопровождается явлением муторации – изменения удельного вращения плоскости поляризации свежеприготовленного и постоявшего раствора. Это происходит потому, что в начале преобладают  $\alpha$ -формы моносахаридов (+110°), а с течением времени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

## 8. Превращение моносахаридов в кислой среде при температуре.

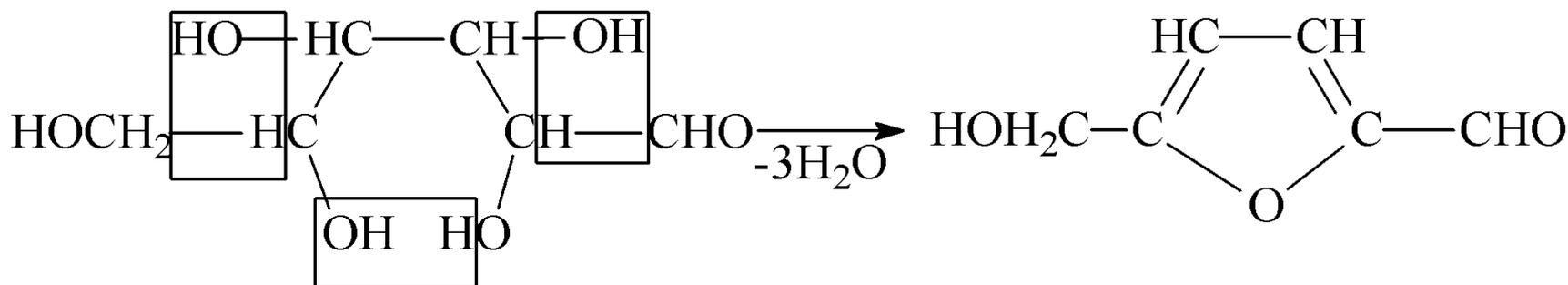
Моносахариды относительно устойчивы в этих условиях. Максимальная зона устойчивости рН 3-4, где Н<sup>+</sup> и ОН-ионы влияют одинаково. Это называется изокаталитической точкой равновесия.

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.



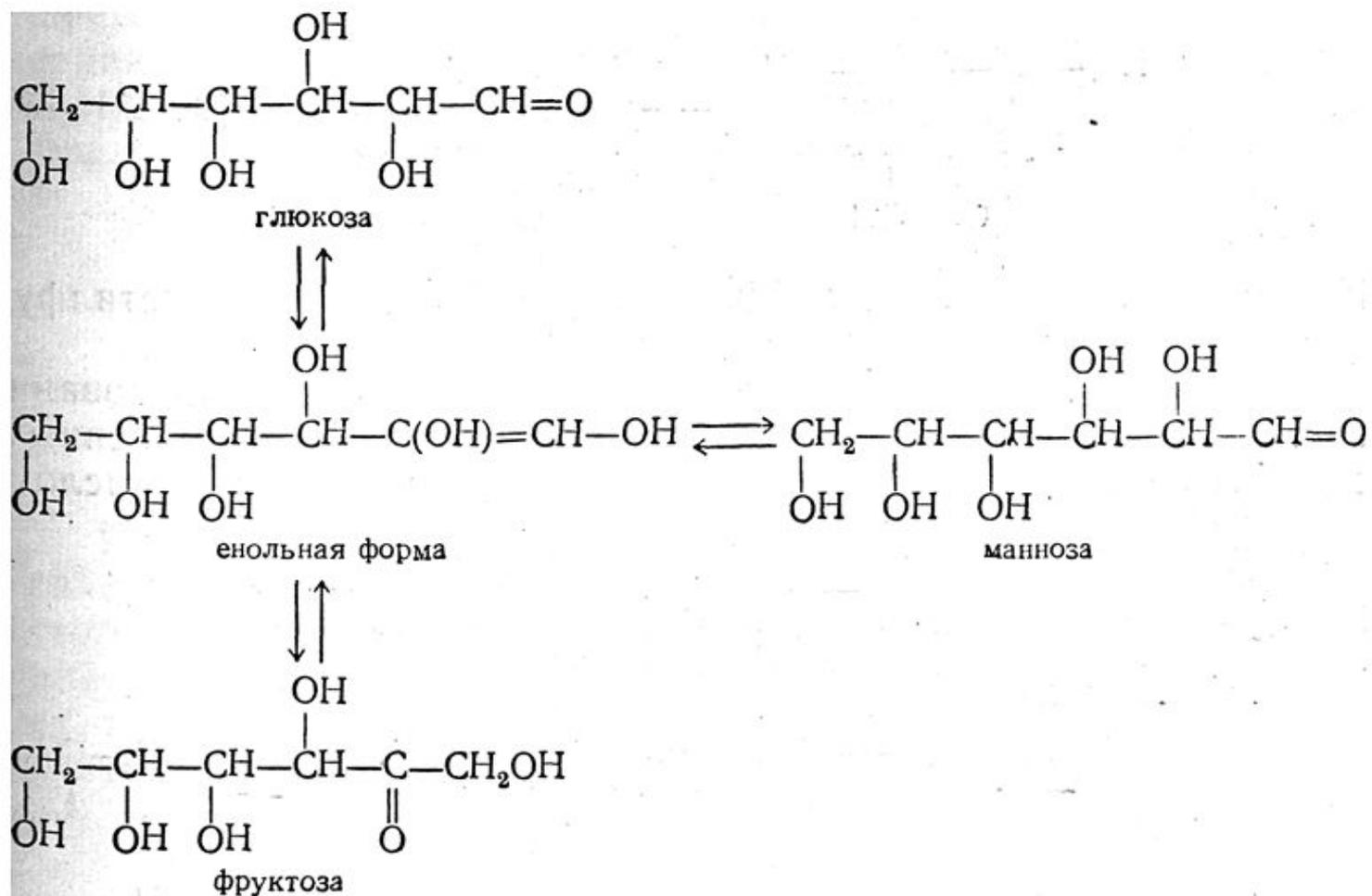
À ëüäî ï èðáí î çà

5-æëäðî êñèì àòèëò óðô óðî ë

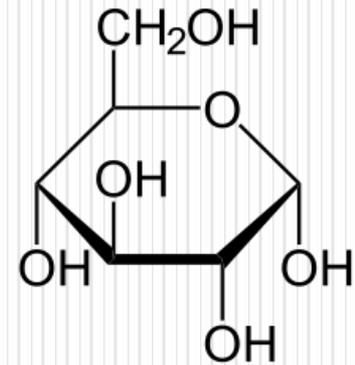
## 9. Превращения моносахаридов в щелочной среде.

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  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , 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:

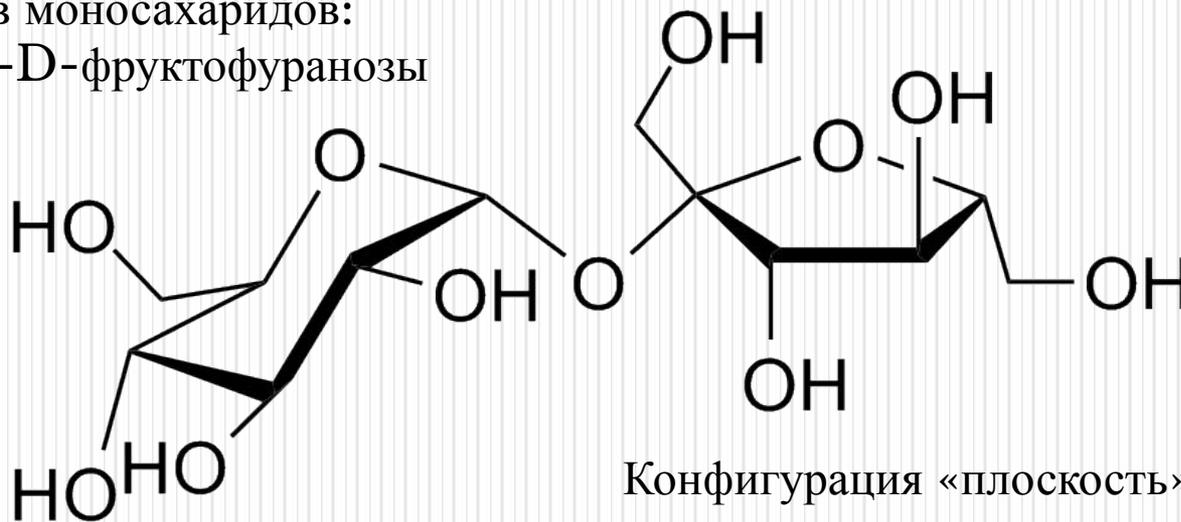
- Дисахариды (сахароза и мальтоза)
- Трисахариды (рафиноза)

# САХАРОЗА



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

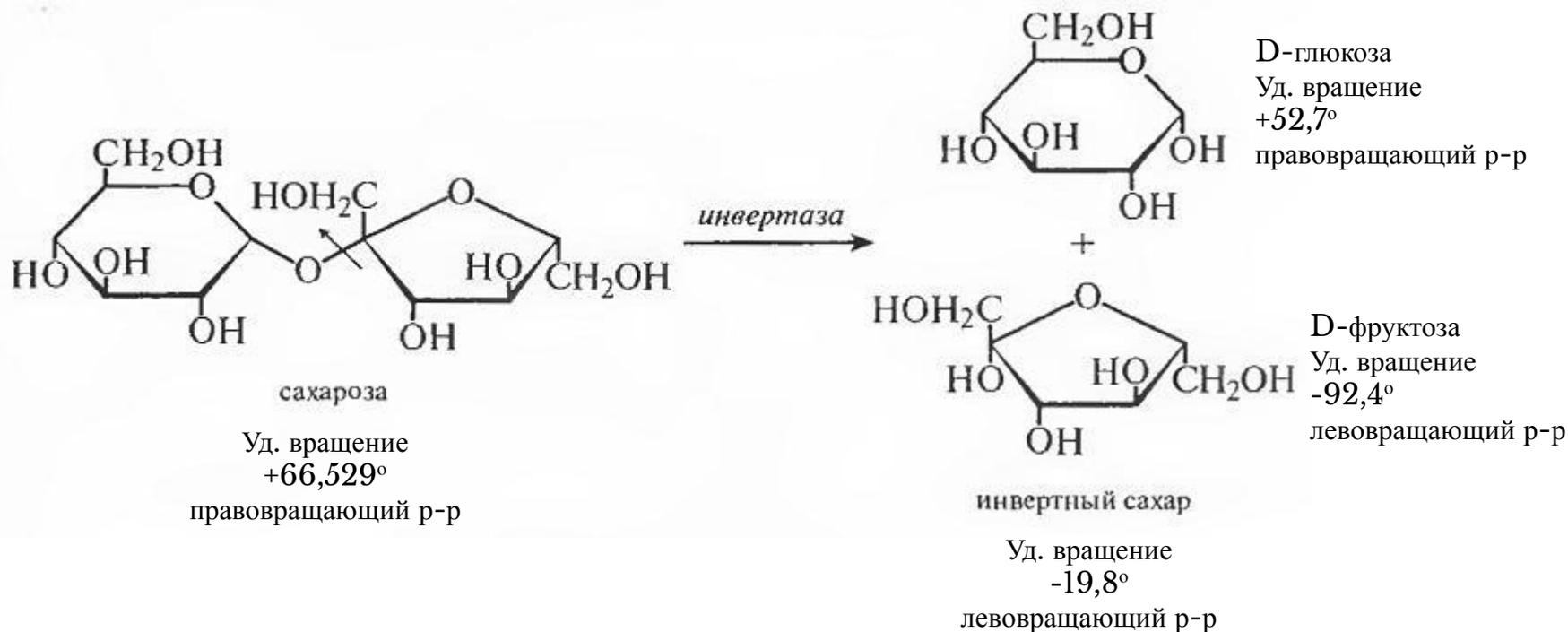
Состоит из двух остатков моносахаридов:  
 $\alpha$ -D-глюкопиранозы и  $\beta$ -D-фруктофуранозы



Конфигурация «кресло»

Конфигурация «плоскость»

- Сахароза не способна к таутомерии и мутарации
- 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 диссоциирует в щелочной среде. Может образовывать соли с одно- и двухвалентными металлами.

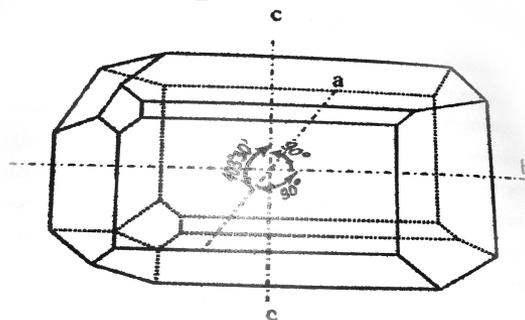
6. Хорошо растворяется в воде

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 ( $\eta$  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/см<sup>3</sup>
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 пресыщенных растворов. Кристаллизация происходит с выделением теплоты. Кристаллы сахарозы прозрачны и бесцветны. Кристаллы сахарозы имеют 3 оси с неправильными отрезами.



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

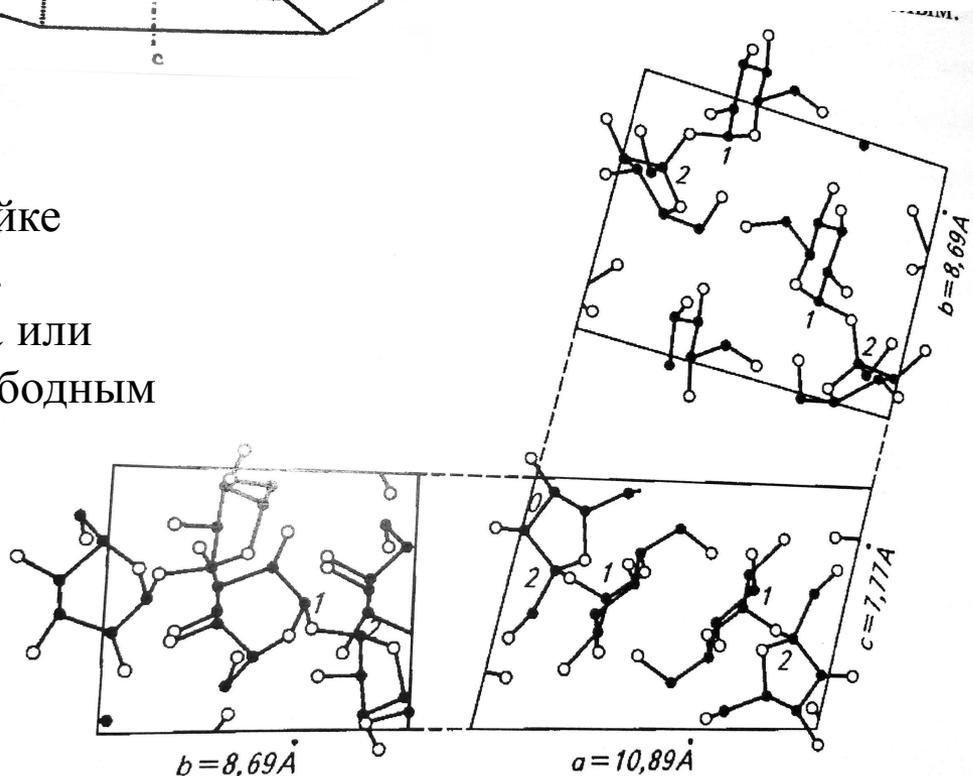
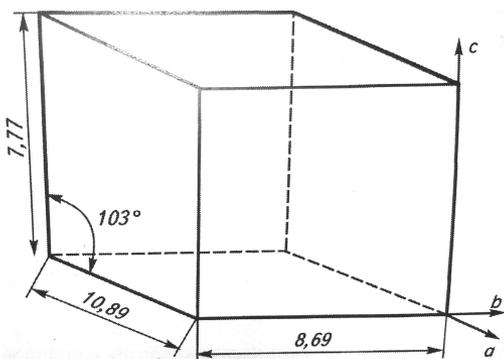


Схема размещения молекул сахарозы в ячейке в трех проекциях.

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.

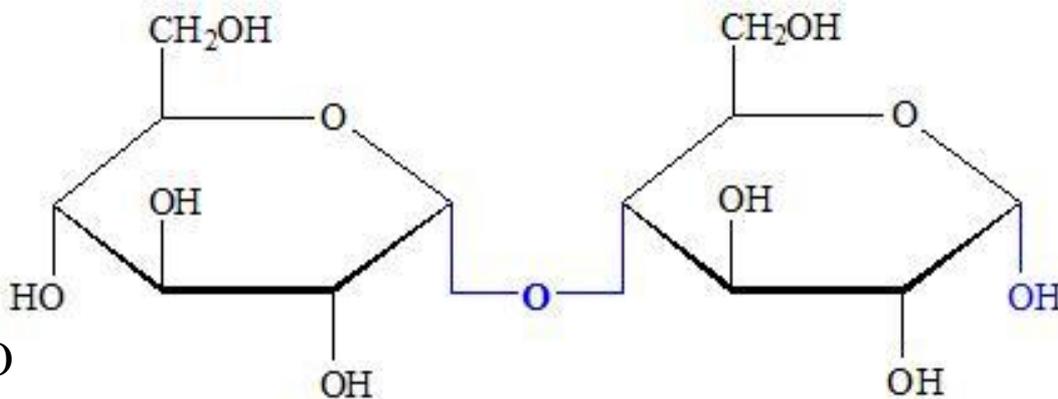
Включение раствора в трещины растущего кристалла с последующим закрытием их другими кристаллами – явление окклюзии.

# МАЛЬТОЗА (солодовый сахар)



Получают при неполном гидролизе крахмала за счет действия амилаз солода.

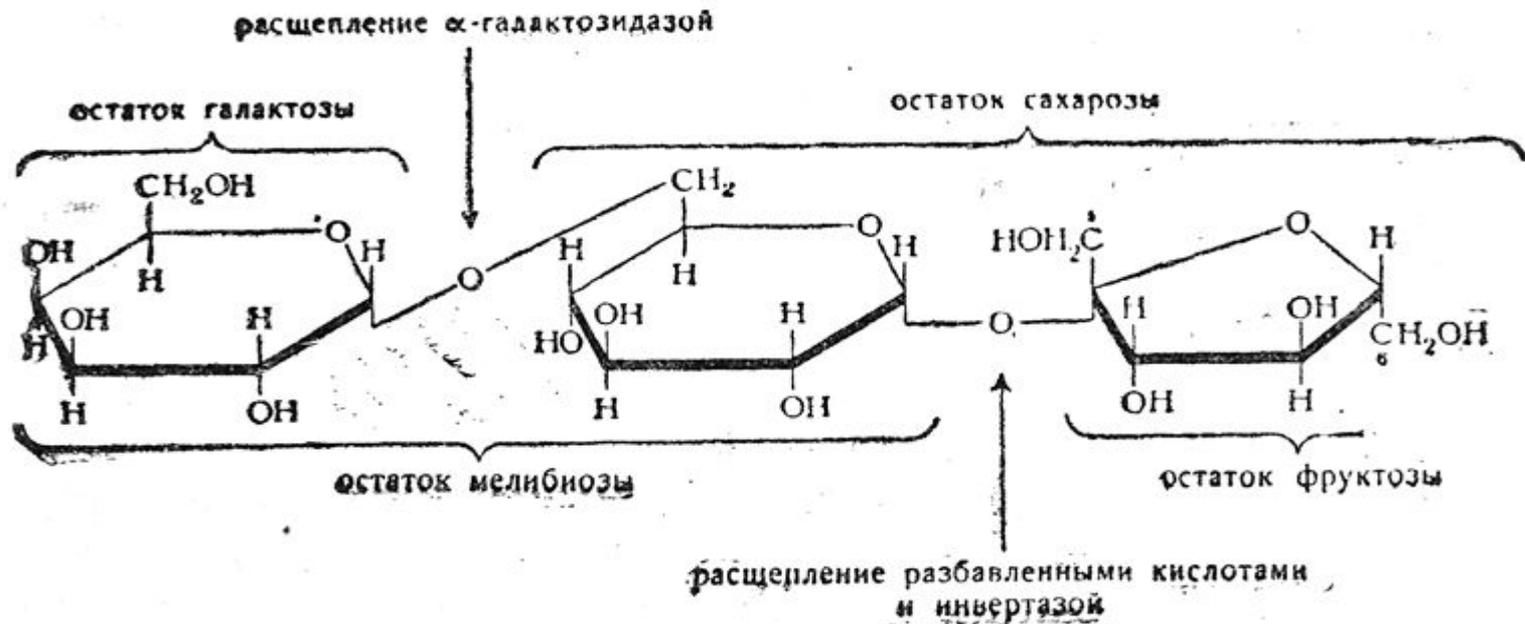
- Обладает таутомерностью
- Способна к муторации (посл. значение уд.вращение  $+130,4^\circ$ )
- Кристаллизуется с 1 молеи  $\text{H}_2\text{O}$
- Легко сбраживается
- Гидролизуется



$\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1→4)-  
 $\alpha$ -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  $\alpha$ -глюкозидазой при  $50^\circ\text{C}$ , 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).

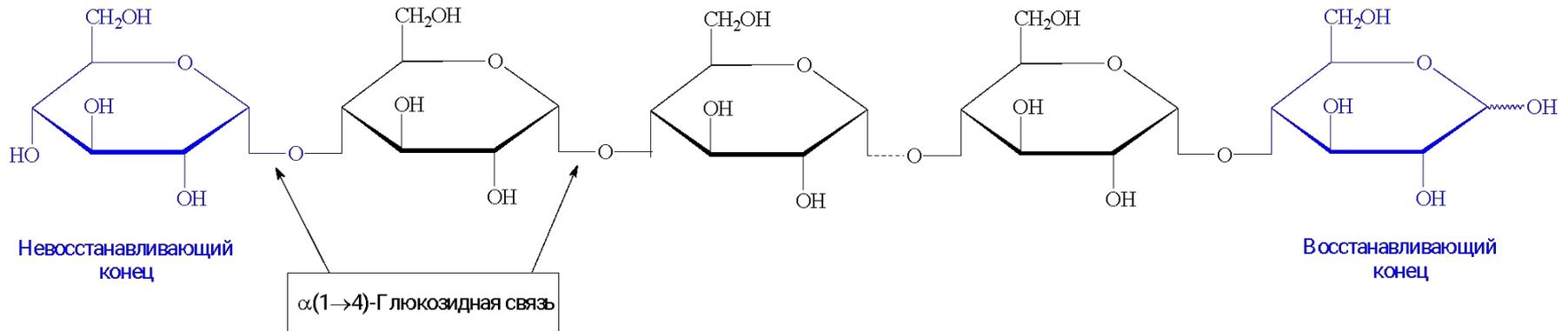
Природный крахмал содержит:

- 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.  $\alpha$ -АМИЛОЗЫ.

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



АМИЛОЗА

## 2. Амилопектин

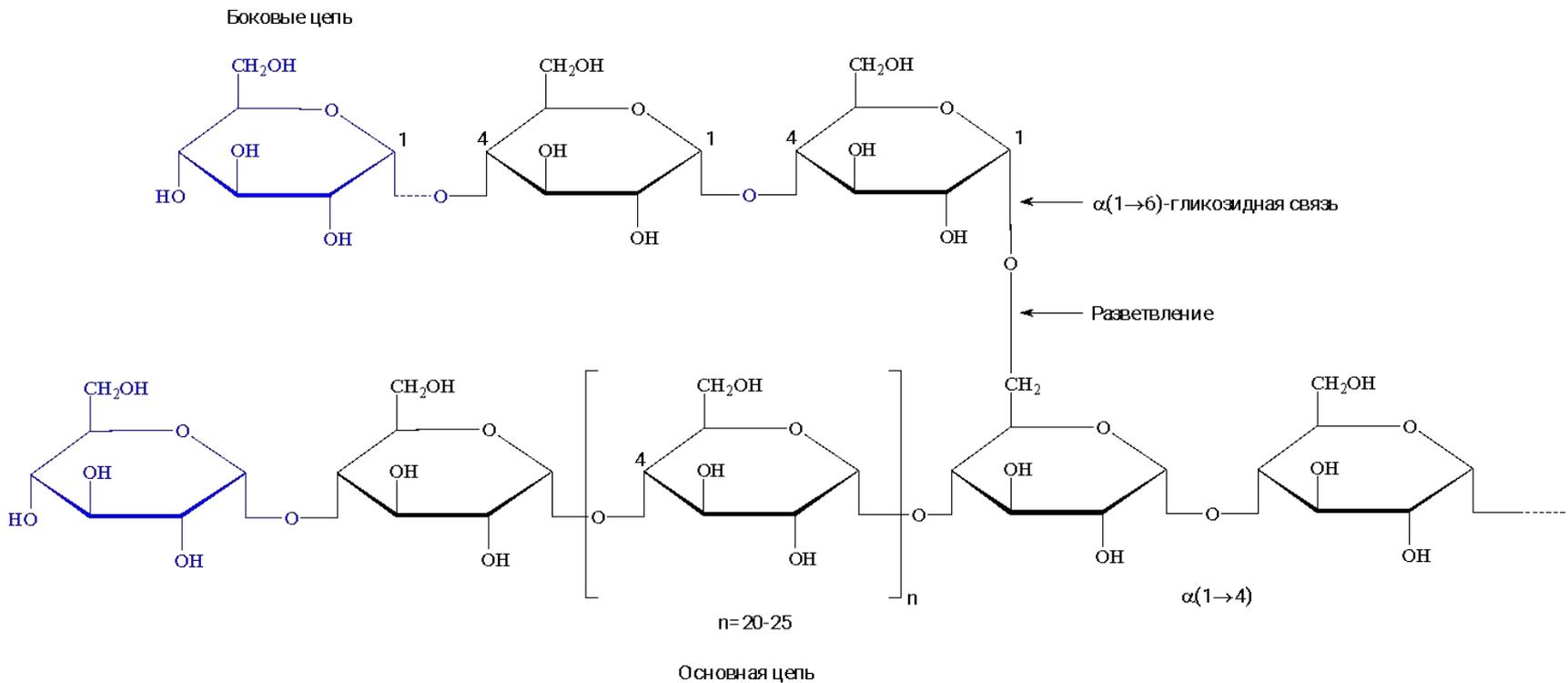
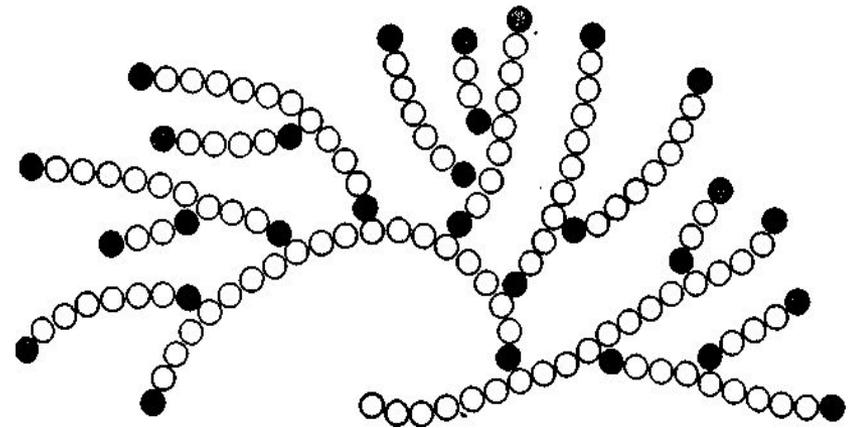
Цепи макромолекул сильно разветвлены.

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

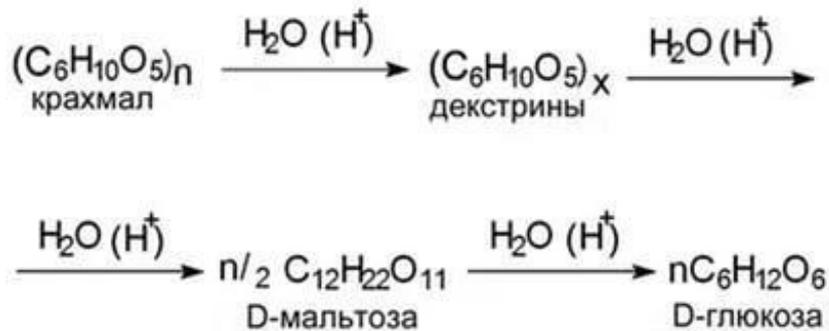
### 1. Растворение

- 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<sup>+</sup>-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  $\alpha$  и  $\beta$ -амилазы, глюкоамилаза).

- $\alpha$ -амилаза разрывает только  $\alpha(1-4)$ гликозидные связи в середине, образуя при этом низкомолекулярные декстрины и мальтозы.

-  $\beta$ -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 ( $\alpha$ -амилазы), 4,6-4,9 ( $\beta$ -амилазы), 4,5-4,6 (глюкоамилаза))

-t (оптимальное 60°C ( $\alpha$ -амилазы), 50-52°C ( $\beta$ -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).

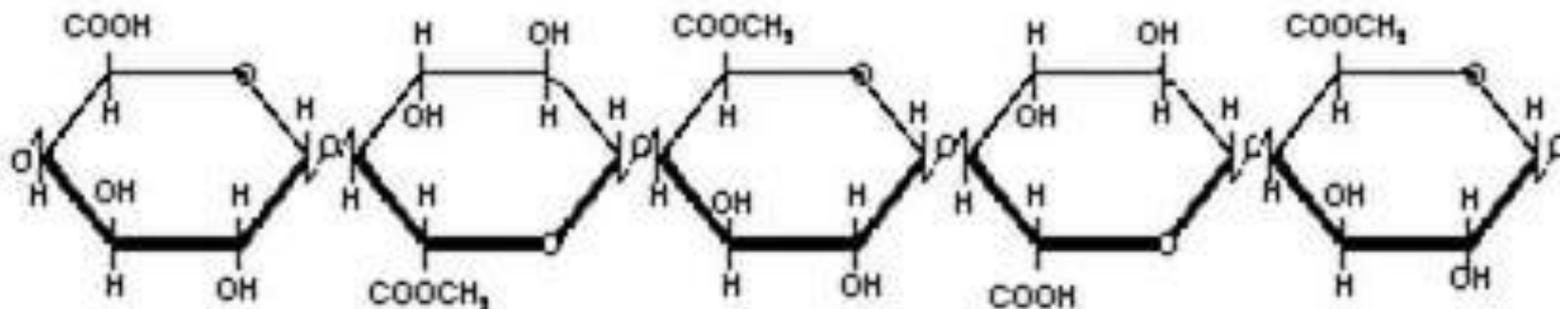
Свойства:

- 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.

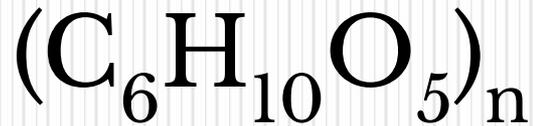
Пектиновые вещества используются для застудневания в кондитерской промышленности.

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



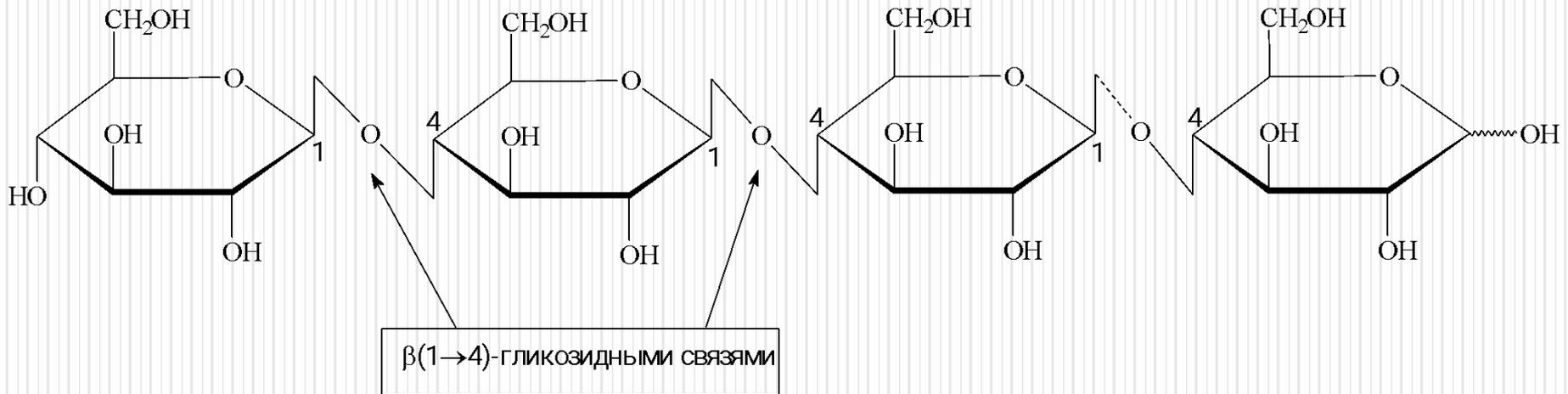
Пектин – сложный эфир полигалактуровой кислоты, метилового спирта и уксусной кислоты.



# 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
  - Гидролизуеться 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.