

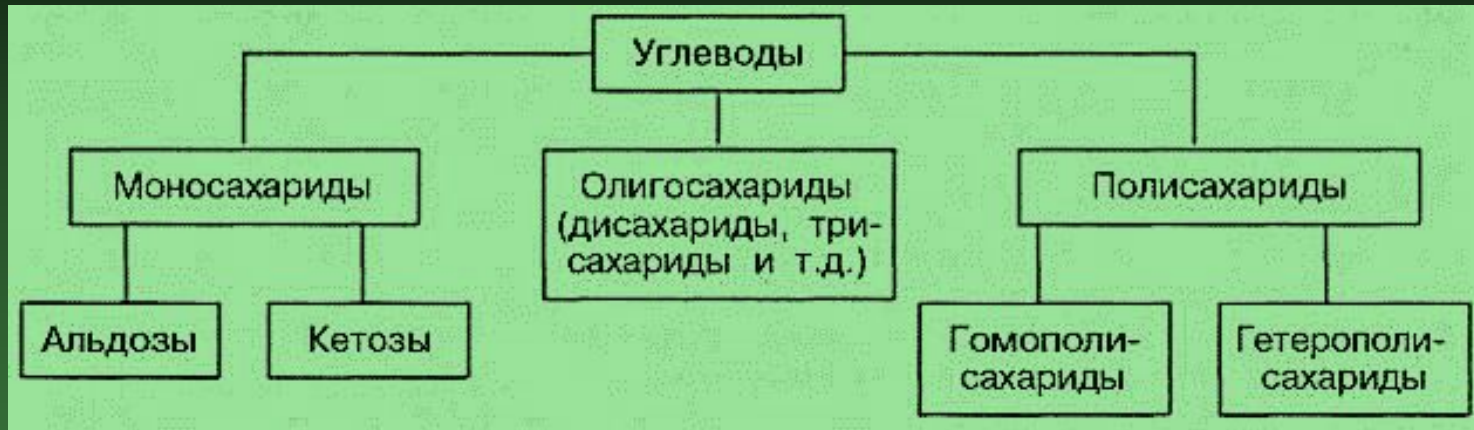
Строение и функции углеводов у растений

1. Классификация углеводов.
2. Моносахариды растений и их взаимопревращения.
3. Основные олигосахариды растений, их функции и биосинтез.
4. Запасные и структурные полисахариды: особенности строения и биосинтеза.

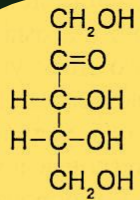
Функции углеводов в растении:

- энергетическая;
- пластическая;
- структурная;
- запасная;

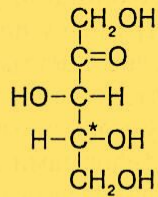
Классификация углеводов



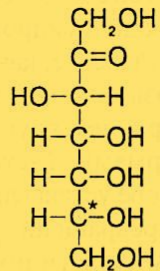
Классификация углеводов



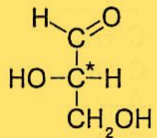
D-рибулоза



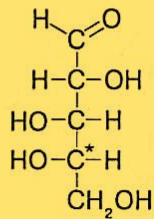
D-ксилулоза



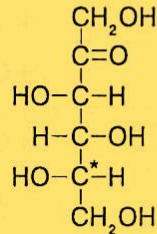
D-седогеπτулоза



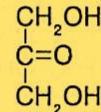
L-глицериновый альдегид (лево-вращающий)



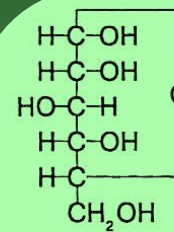
L-арабиноза



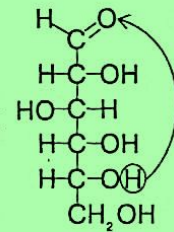
L-сорбоза



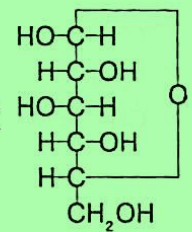
диоксиацетон (не имеет оптических изомеров)



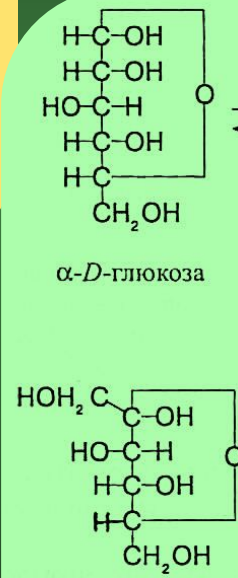
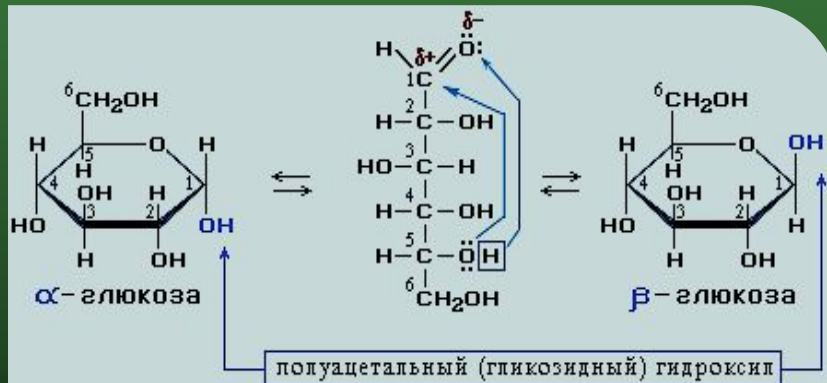
α -*D*-глюкоза



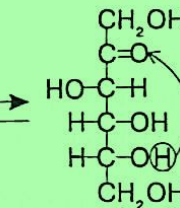
D-глюкоза



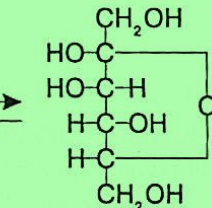
β -*D*-глюкоза



α -*D*-фруктоза



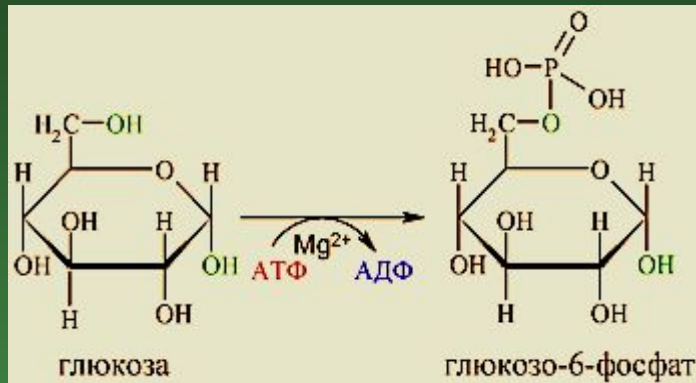
D-фруктоза



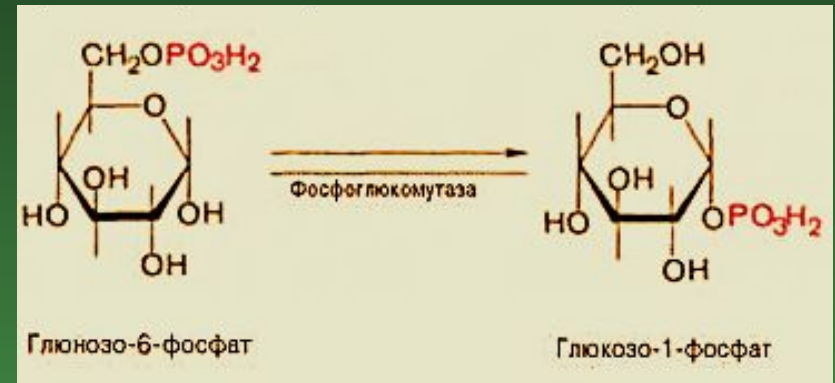
β -*D*-фруктоза

Взаимопревращения моносахаридов у растений

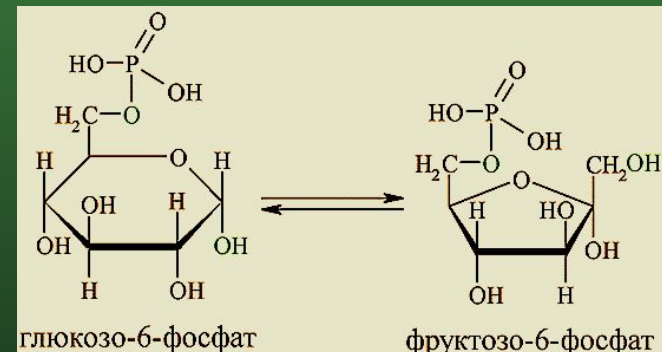
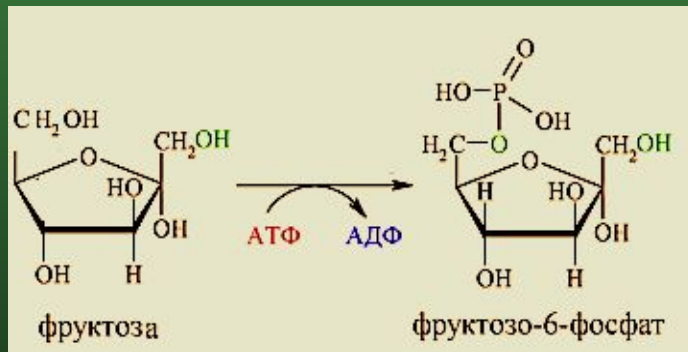
1. Киназные реакции



2. Мутазные реакции

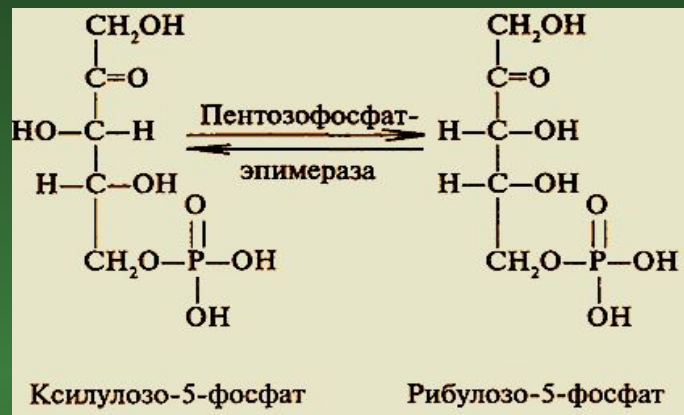


3. Изомеразные реакции

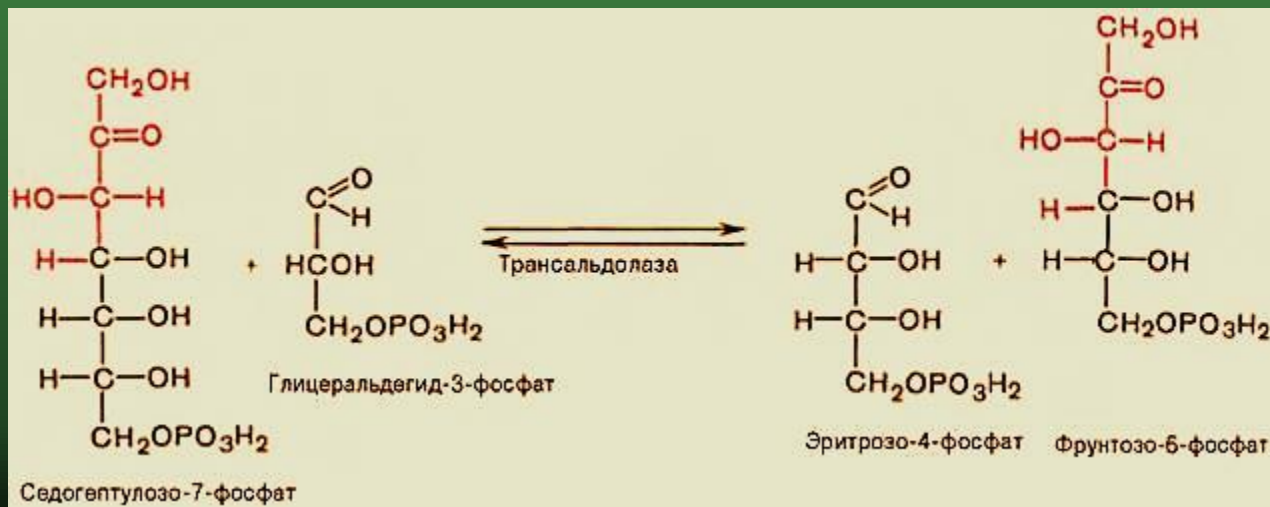
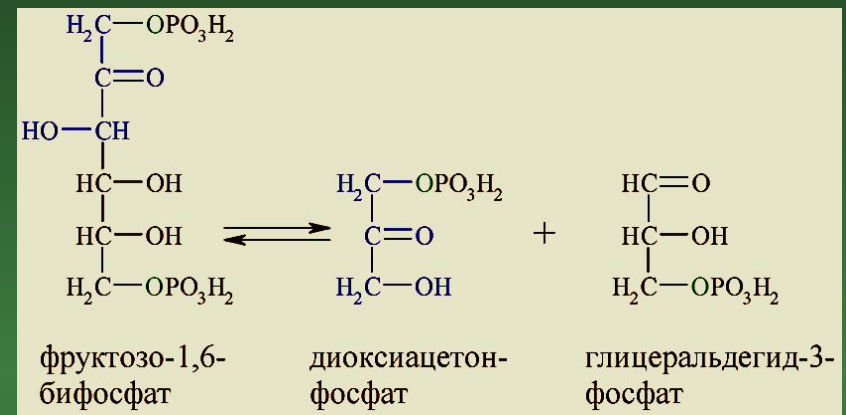


Взаимопревращения моносахаридов у растений

4. Эпимеразные реакции

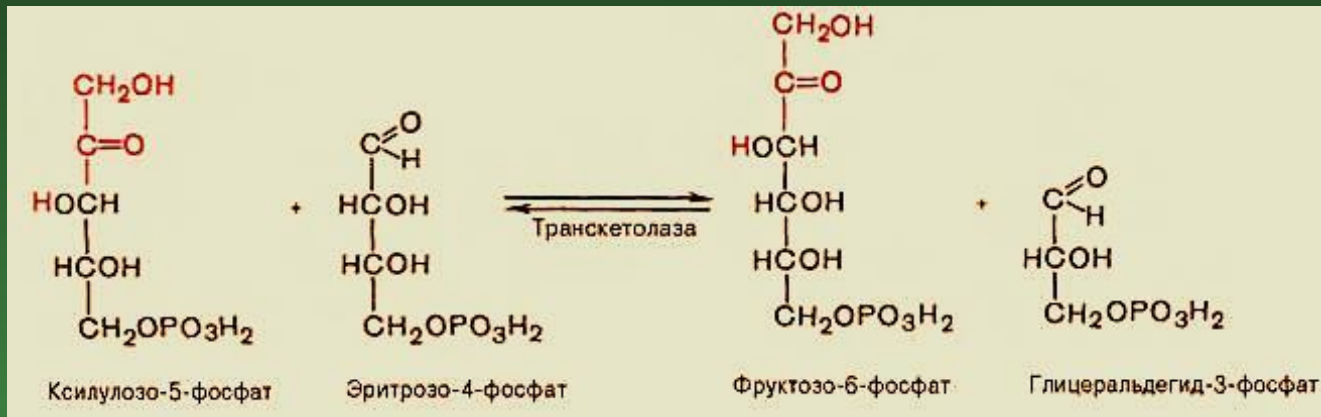


5. Альдолазные реакции



Взаимопревращения моносахаридов у растений

6. Транскетолазные реакции



7. Декарбоксилирование

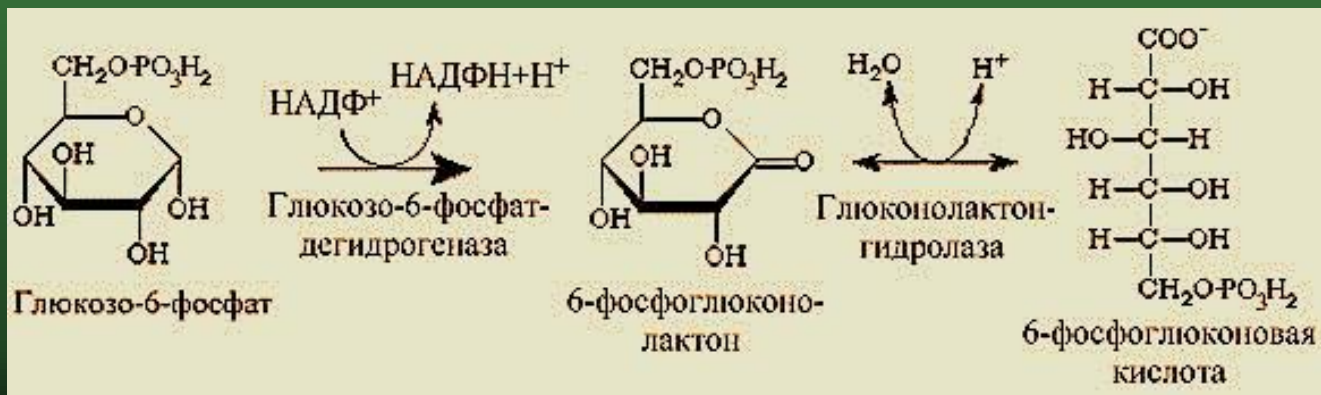


Схема взаимопревращений сахаров



Сравнительная оценка сладости сахаров и их производных

Сахар	Оценка сладости	Сахар	Оценка сладости
Сахароза	100	Ксилоза	40
Глюкоза	74	Мальтоза	32
Фруктоза	173	Галактоза	32
Сорбит	48	Рафиноза	23
Глицерин	48	Лактоза	16



Культура	Сахароза	Глюкоза	Фруктоза
Капуста б/к	0,1	2,6	1,6
Морковь	3,7	2,9	следы
Лук репчатый	6,3	1,3	1,2
Томаты	0,2	1,5	1,0
Яблоки	3,0	3,8	8,1
Вишня	0,4	4,5	3,8
Абрикосы	6,0	2,2	1,7
Апельсины	3,6	1,3	1,5
Лимоны	0,9	0,6	0,6
Хурма	1,2	9,1	7,8



Олигосахариды растений

Мальтоза (солодовый сахар) в свободном виде в природе не встречается, находится в патоке, в проросшем зерне, обладает восстанавливающими свойствами.

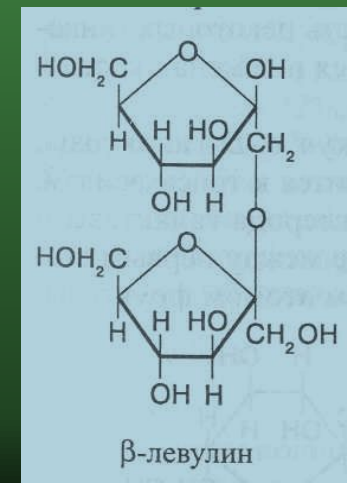
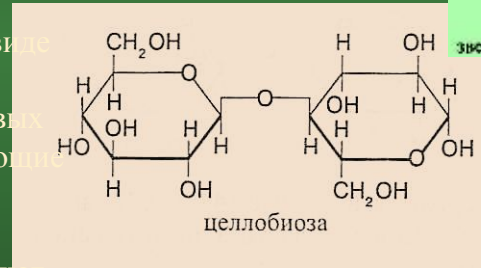
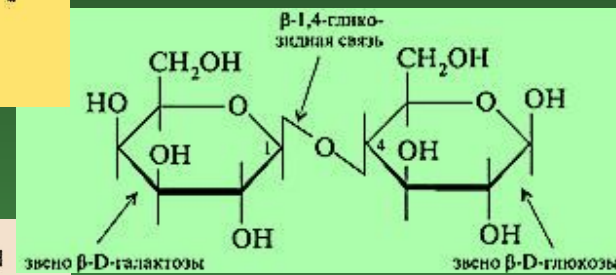
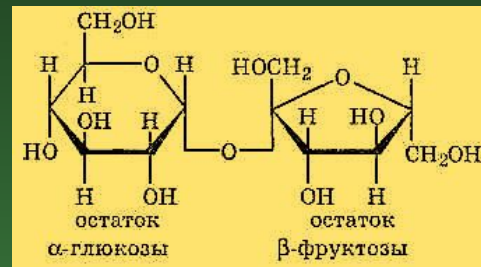
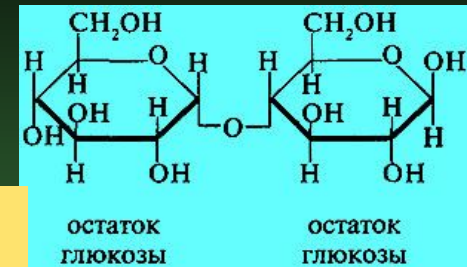
Сахароза широко распространена в природе, в некоторых растениях она может накапливаться в больших количествах, не обладает восстанавливающими свойствами.

Трегалоза (грибной сахар, микоза) содержится в пекарских

дрожжах, грибах, некоторых водорослях, не обладает восстанавливающими свойствами.

Целлобиоза. Молекулы построены из двух остатков **β -D-глюкозы**, соединённых гликозидной связью между первым и четвертым атомами углерода (**$\beta(1-4)$ -связь**). В свободном виде обнаруживается в пасоке деревьев.

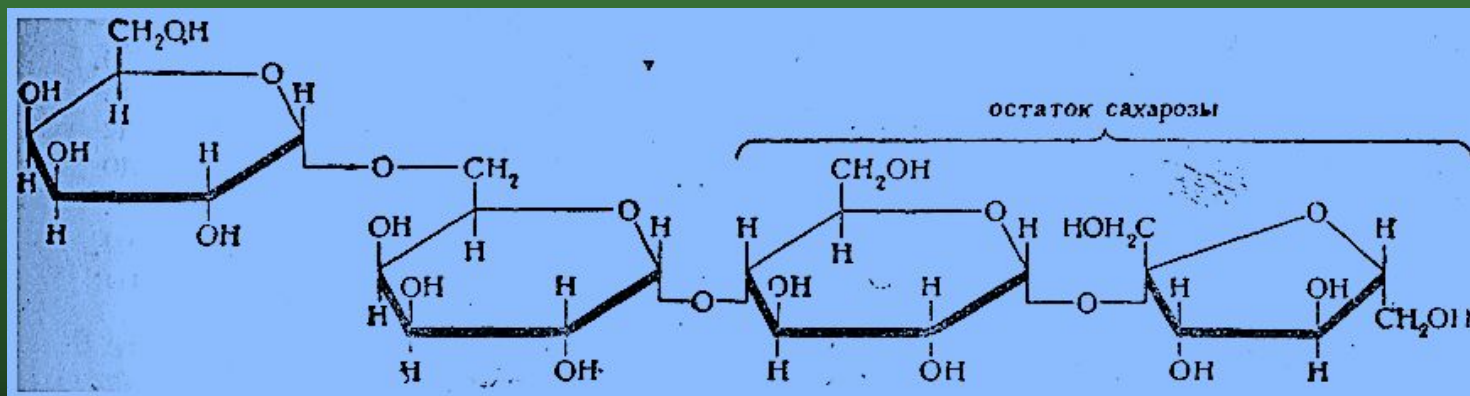
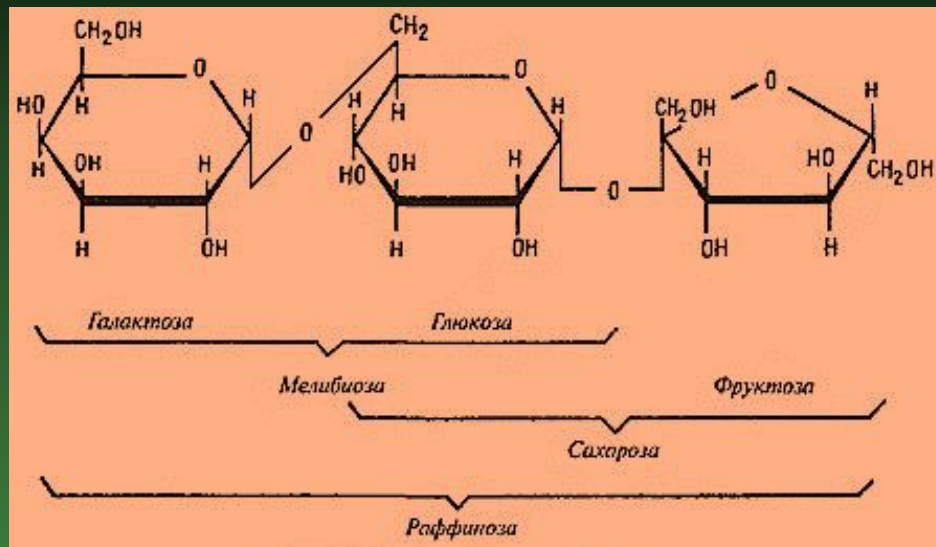
Олигофруктозиды. В листьях и стеблях мятликовых и лилейных содержатся олигосахариды, включающие два и более остатков фруктозы. Образуются в процессе фотосинтеза, если ассимиляционный крахмал у этих растений не образуется. Выполняют роль транспортных веществ.



Олигосахариды растений

Рафиноза находится в сахарной свекле, семенах хлопчатника, сои, гороха, не обладает восстанавливающими свойствами. При производстве свекловичного сахара рафиноза переходит в побочный продукт, называемый мелассой.

Стахиоза - тетрасахарид, молекула состоит из остатков глюкозы, фруктозы и двух остатков галактозы, находится в семенах бобовых, сахар не восстанавливающий, сладковатый на вкус.



Синтез сахарозы у растений

Глюкоза + АТФ → глюкозо-**6**-фосфат + АДФ

Глюкозо-**6**-фосфат → глюкозо-**1**-фосфат

Глюкозо-**1**-фосфат + УТФ → Р-Р + уридиндифосфатглюкоза

Фруктоза + АТФ → фруктозо-**6**-фосфат + АДФ

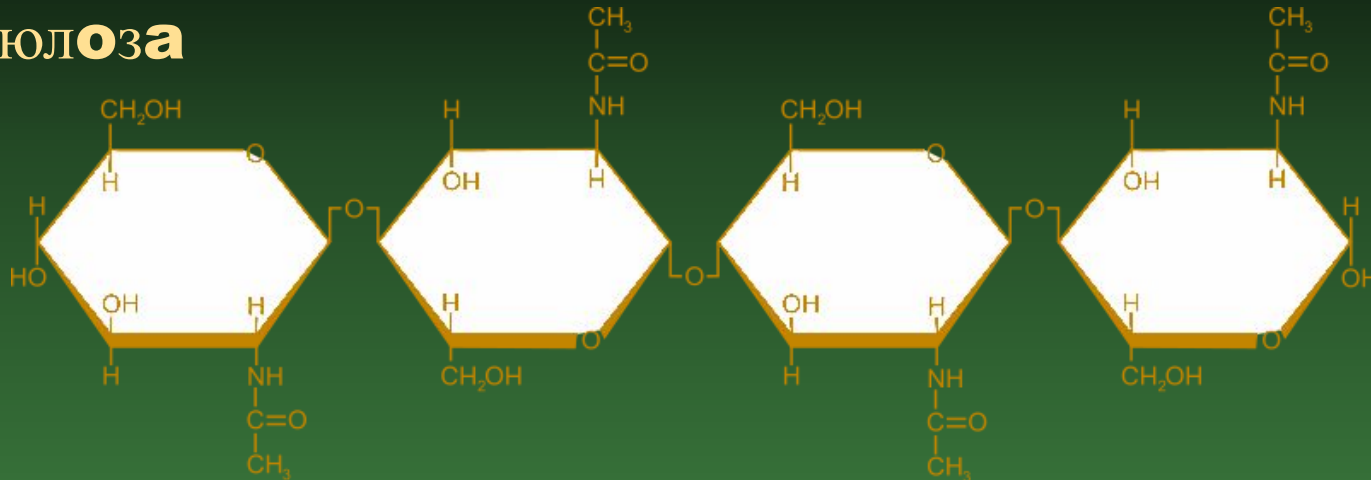
УДФ-глюкоза + фруктозо-**6**-фосфат → сахарозо-**6**-фосфат + УДФ

Сахарозо-**6**-фосфат → сахароза + Р

УДФ-глюкоза + фруктоза ↔ сахароза + УДФ

Полисахариды растений

Целлюлоза



Остатки глюкозы связаны в положении $\beta(1 \rightarrow 4)$

Молекулы целлюлозы содержат не менее 10^4 остатков глюкозы [мол. масса $(1-2) \cdot 10^6$ Да] и могут достигать в длину **6-8** мкм.

Не растворяется в воде, органических растворителях, слабых кислотах и щелочах, с раствором йода окрашивания не дает, не обладает восстанавливающими свойствами.

Биосинтез целлюлозы:



Распад целлюлозы идет преимущественно гидролитическим путем под действием фермента целлюлазы до дисахарида целлобиозы.

При гидролизе целлюлозы концентрированными кислотами (при кипячении в течение длительного времени) и ферментом целлюлазой (широко распространенным у микроорганизмов) образуется глюкоза.

Полисахариды растений

Гемицеллюлоза

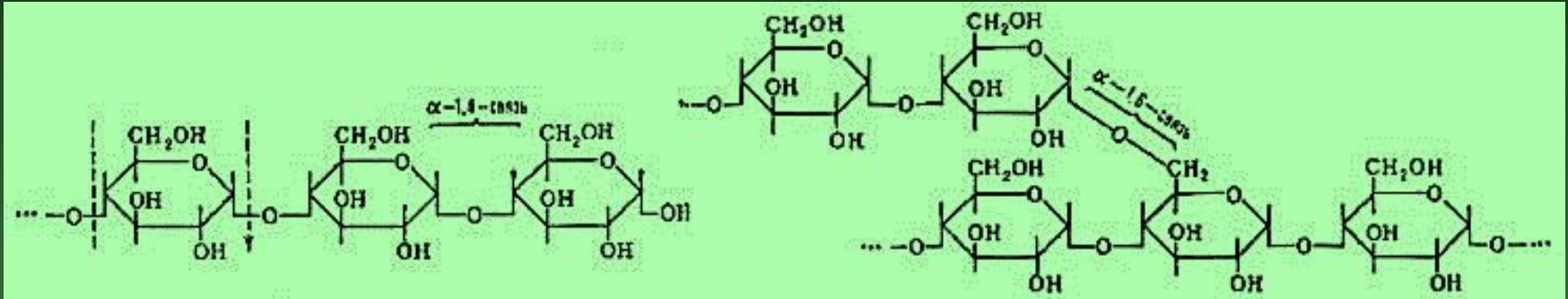


Входят в состав растительных клеток и объединяют большую группу высокомолекулярных полисахаридов (**маннаны, галактаны, ксиланы, арабаны**), содержащие в боковых цепях арабинозу, глюкозу и т.д. В зависимости от входящего в их состав моносахарида гемицеллюлозы называют гексозанами (**галактан, маннан**) и пентозанами (**ксилан, арабан**). В растениях гемицеллюлозы, как правило, сопутствуют клетчатке и лигнину, причем ксиланы и маннаны прочно адсорбируются на поверхности клетчатки.

Нерастворимы в воде, но растворимы в слабых растворах щелочей и легко гидролизуются под влиянием слабых кислот.

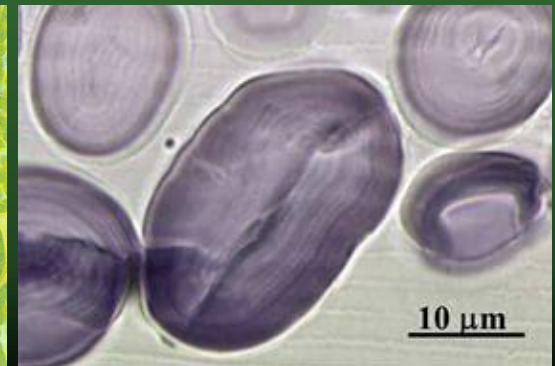
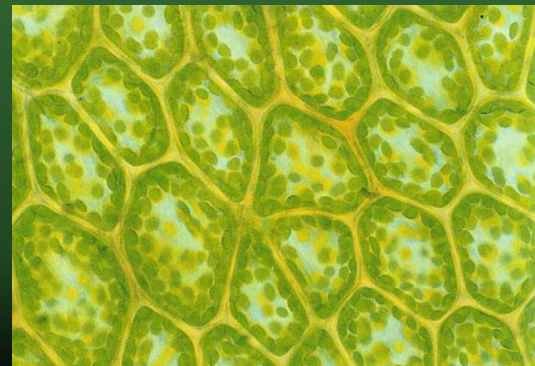
Полисахариды растений

Крахмал



Амилоза состоит из неразветвленных цепей, включающих **200-300** остатков глюкозы, связанных в положении α (**1**→**4**). Благодаря α -конфигурации при С-**1**, цепи образуют спираль, в которой на один виток приходится **6-8** остатков глюкозы (**1**). Синяя окраска растворимого крахмала при добавлении иода связана с присутствием спирали.

Амилопектин имеет разветвленную структуру. В среднем один из **20-25** остатков глюкозы содержит боковую цепь, присоединенную в положении α (**1**→**6**). Молекула амилопектина может включать сотни тысяч остатков глюкозы и иметь молекулярную массу порядка **108** Да. Амилопектин дает с йодом красно-фиолетовую окраску.



Полисахариды растений

Крахмал

Биосинтез амилозы

Остатки глюкозы переносятся на акцептор (затравку). Реакция идет по схеме:



Фермент, катализирующий эту реакцию, называется УДФГ-крахмалглюкозилтрансферазой.

У большинства растений донором глюкозы является аденозиндифосфатглюкоза (АДФГ). Реакция катализируется ферментом АДФГ-крахмал-глюкозилтрансферазой.

Биосинтез амилопектина,

имеющего α (1-6)-связи, происходит при помощи фермента α -глюкантрансферазы (Q-фермент). В синтезе амилопектина участвует D-фермент или глюкозилтрансфераза, образующий α (1-4)-связи и участвующий в образовании затравки.

Гидролитический распад крахмала

α -амилаза катализирует расщепление α (1-4)-связи, причем связи разрываются беспорядочно. Конечный продукт такого распада — мальтоза, глюкоза, декстрины. П

β -амилаза катализирует расщепление α (1-4)-связей с образованием остатков мальтозы.

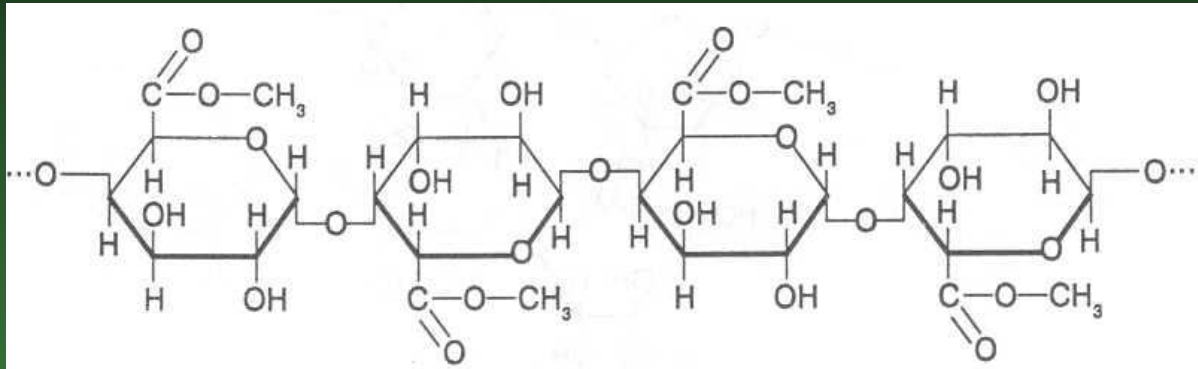
Глюкоамилаза катализирует последовательное отщепление остатков глюкозы от молекулы крахмала.

Амилопектин-1,6-глюкозидаза или R-фермент катализирует расщепление α (1-6)-связей в молекуле амилопектина, т. е. действует на точки ветвления.

Фосфорилиз — это присоединение фосфорной кислоты по месту разрыва глюкозидной связи между остатками моносахаридов в цепи полисахарида, при этом происходит образование глюкозо-1-фосфата. Эта реакция катализируется ферментом α -глюкоконфосфорилазой, относящимся к классу трансфераз.

Полисахариды растений

Пектиновые вещества: пектины и протопектины



Пектины - водорастворимые полисахариды, построенные из остатков α -D-галактуронової кислоти, которые соединены α (1-4)-связями. Большая часть карбоксильных групп остатков галактуронової кислоти метилирована, а к другим карбоксильным группам присоединены катионы кальция или магния. Карбоксильные группы пектина и гидроксильные группы гемицеллюлоз связаны эфирными связями. В каждой молекуле пектина содержится более **100** остатков галактуронової кислоти.

Протопектин образуется в результате связывания эфирными связями пектина с галактанами и арабанами, входящими в состав клеточной стенки растения. Протопектин нерастворим в воде и имеет более высокую молекулярную массу по сравнению с пектинами. Много протопектина накапливается в формирующихся плодах **груши, яблони, цитрусовых, айвы**, что обуславливает их жёсткую консистенцию. При созревании плодов происходит превращение протопектинов в пектины, вследствие чего консистенция становится мягкой.

Общее содержание пектиновых веществ в плодах и ягодах составляет **0,3-1,5%**, в корнеплодах - **1,5-2,5%**, клубнях картофеля **0,1-0,5%**, в томатах - **0,1-0,2%**, в капусте - **0,3-2,0%**, в кожуре апельсина и лимона - **4-7%**.

Характерная особенность пектиновых веществ плодов и ягод - способность образовывать желе, или студни, в насыщенном растворе сахара (**65-70%**) и кислой среде (рН **3,1-3,5**).

Полисахариды растений

Камеди и слизи

гомо- и гетерополисахариды и полиурониды, образующиеся при слизистом перерождении клеточных стенок растений



Камеди - это густой слизистый сок, выступающий или произвольно или из надрезов и поранений на коре многих деревьев. В живом растении камеди образуются путем особого слизевого перерождения клетчатки оболочек клеток паренхимы, а также и крахмала, находящегося внутри клеток. В воде некоторые камеди растворяются, образуя коллоидные растворы, другие лишь набухают. В спирте, эфире и других органических растворителях нерастворимы. Химически исследованы недостаточно.

Слизи - это безазотистые вещества, близкие по химическому составу к пектинам и целлюлозе. Это вязкая жидкость, продуцируемая слизистыми железами растений и представляющая собой раствор гликопротеинов. Слизи образуются в растениях в результате физиологических нарушений или при различных болезнях, вследствие чего оболочки и клеточное содержимое отмирают.

Слизи имеют полужидкую консистенцию, извлекаются из сырья водой. Они относятся к группе нейтральных полисахаридов и представляют собой сложную смесь различного химического состава. Основу их составляют производные сахаров и частично калиевые, магниевые, кальциевые соли уроновых кислот.

Слизи и камеди настолько похожи, что не всегда удается их разграничить. Слизи в отличие от камеди получают не в твердом виде, а путем извлечения водой.