



**ФГБОУ ВО Новосибирский государственный
медицинский университет Минздрава России
Кафедра медицинской химии**

Лекция №

**по дисциплине «Химия»
для студентов 1 курса медико-профилактического
факультета.**

**Полисахариды. Строение и биологическая роль
полисахаридов в организме. Основные пищевые
полисахариды и их переваривание.**



**Лектор - старш. препод., канд. биол. наук,
Шехирева Татьяна Викторовна,
каб. 452, e-mail: tatiana_sheh@mail.ru.**

Цель лекции.

Изучить строение, классификацию, свойства основных биологически важных полисахаридов, виды основных пищевых полисахаридов и их переваривание.

Актуальность темы.

Знание структуры, функций полисахаридов организма человека помогает понять патогенез заболеваний соединительной ткани и провести медико-профилактические мероприятия по их предотвращению.

Знание основных пищевых полисахаридов и их переваривание помогает разработать правильное питание и использовать это для профилактики атеросклероза, ожирения, диабета.

План лекции:

- 1) Понятие и классификация полисахаридов.**
- 2) Гомополисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза. Их структура и функции.**
- 3) Гетерополисахариды организма человека: гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, гепарин и др. Структура и функции.**
- 4) Гетерополисахариды пищи: пектины, агар-агар, инулин. Их структура, применение в пищевой промышленности и медицине.**
- 5) Переваривание пищевых полисахаридов в организме. Мальабсорбция.**

І. Классификация по строению

Полисахариды

```
graph TD; A[Полисахариды] --> B[Гомополисахариды]; A --> C[Гетерополисахариды]; B --> D[Состоят из моносахаридов одного вида (например, крахмал, гликоген, целлюлоза)]; C --> E[Состоят из двух или более типов мономерных звеньев (например, гиалуроновая кислота, гепарин, хондроитинсульфаты).];
```

Гомополисахариды

Состоят из моносахаридов одного вида (например, **крахмал**, **гликоген**, **целлюлоза**)

Гетерополисахариды

Состоят из двух или более типов мономерных звеньев (например, **гиалуроновая кислота**, **гепарин**, **хондроитинсульфаты**).

II. Классификация по физиологическому значению

Полисахариды

```
graph TD; A[Полисахариды] --> B[Резервные]; A --> C[Структурные]; B --> D[Выполняют в живых организмах функцию источника углерода и энергии (например, крахмал, гликоген, инулин).]; C --> E[Служат своего рода каркасом в живом организме (например, целлюлоза, гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты).];
```

Резервные

Выполняют в живых организмах функцию источника углерода и энергии (например, крахмал, гликоген, инулин).

Структурные

Служат своего рода каркасом в живом организме (например, целлюлоза, гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты).

Биологически важные гомополисахариды.

Крахмал – разветвлённый растительный гомополисахарид, состоит из α -D- глюкоз, смесь **амилозы** (неразветвленный гомополисахарид, в котором α -1,4-гликозидные связи, 18-28 %) и **амилопектина** (разветвлённый гомополисахарид, в котором на неразветвленных участках - α -1,4-O-гликозидными связями, а α -1,6-O-ГС- в местах ветвления, 82-72 %).

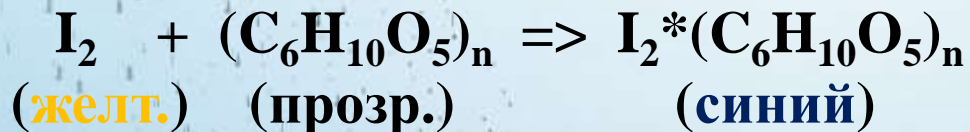
- наиболее важный углеводный компонент пищевого рациона;
- содержится в клетках растений в виде гранул, в зёрнах злаков (пшеница, кукуруза, рис и др.) – до 45% от массы сухого вещества, в луковицах, клубнях растений - 65%;
- практически нерастворим в воде;
- при гидролизе постепенно идет деполимеризация крахмала с образованием сначала декстринов, затем мальтозы и изомальтозы, а при полном гидролизе – глюкозы;



Крахмал –

С помощью йода можно определить самые незначительные количества крахмала.

йод + крахмал => соединение **темно-синего цвета**

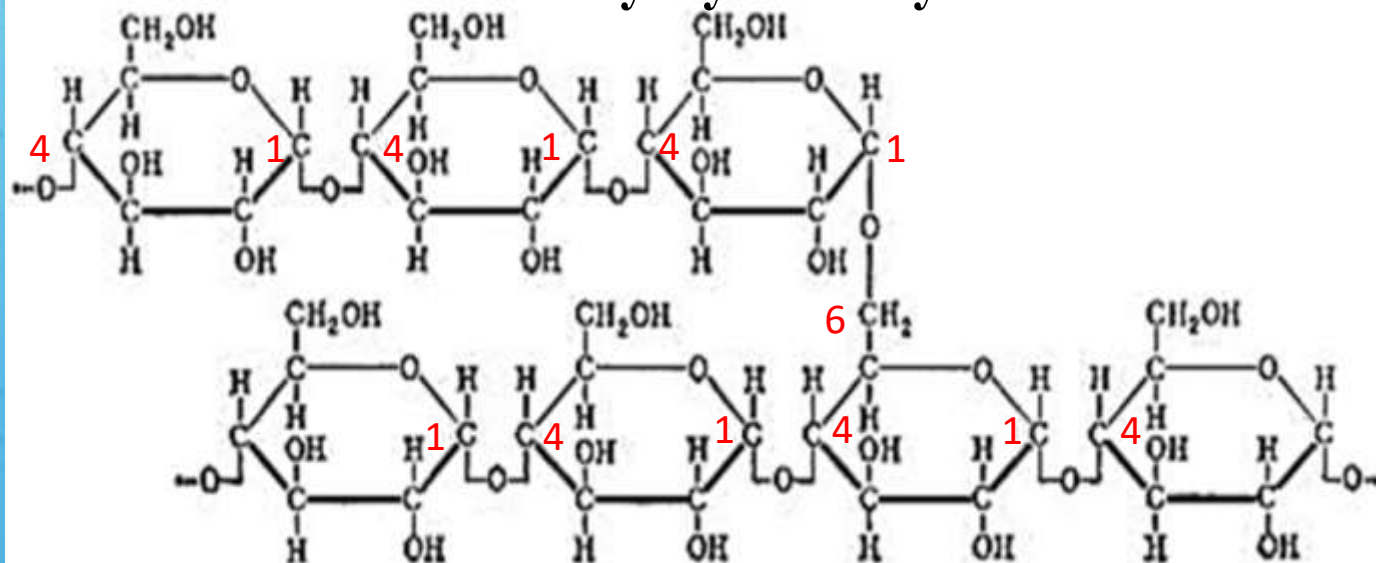


- **Амилопектин** с **йодом** образует комплексные соединения **красно-фиолетового цвета**, а **амилоза** – **синего цвета**.
- К разбавленному раствору крахмала добавляем немного раствора йода. Появляется синее окрашивание. Нагреваем синий раствор. Окраска постепенно исчезает, так как образующееся соединение - неустойчиво. При охлаждении раствора окраска вновь появляется. Данная реакция иллюстрирует обратимость химических процессов и их зависимость от температуры.

Биологически важные гомополисахариды.

Гликоген – гомополисахарид, образованный остатками α -D-глюкозы, соединёнными α -1-4-О-гликозидными связями на линейных участках (в местах разветвления — α -1-6-О-гликозидные связи).

- резервный полисахарид, в клетках животных служит основным запасным углеводом и основной формой хранения глюкозы;
- откладывается в виде гранул в цитоплазме в клетках многих типов (в основном печени – до 10% и мышц – 0,3 – 1%);
- по строению близок к амилопектину, но сильнее разветвлен, и его молекула имеет более компактную упаковку.

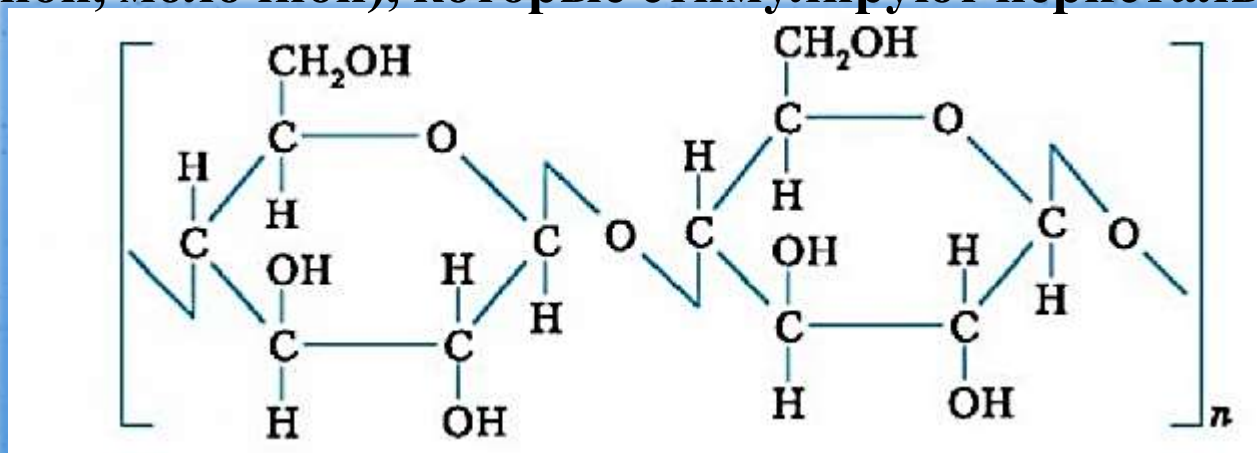


Биологически важные гомополисахариды.

Целлюлоза — неразветвленный линейный растительный гомополисахарид, состоит из остатков β -D-глюкозы, соединённые связями β -1-4-О-гликозидными связями.

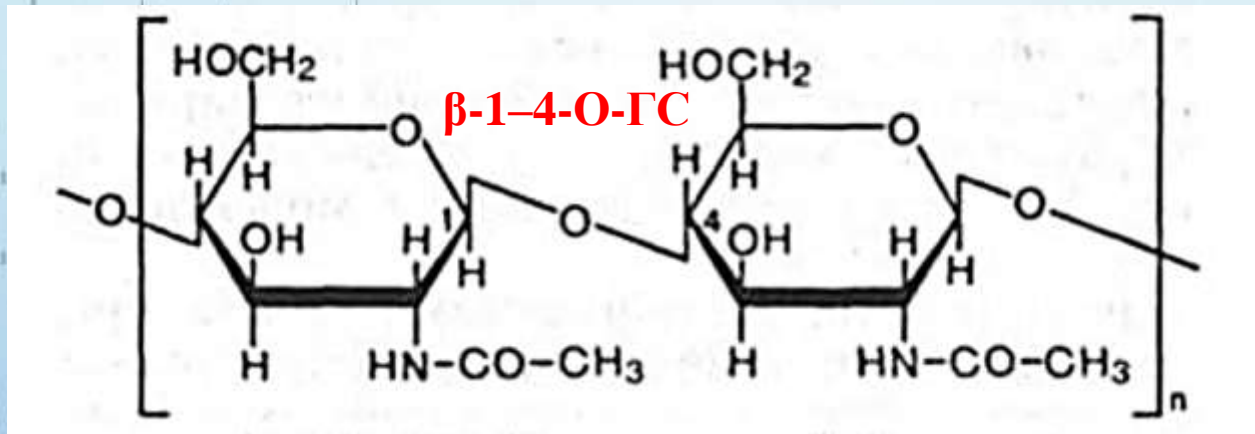
- полисахарид растений;
- белое твердое вещество, нерастворимое в воде
- жесткий скелет стеблей растений, основной компонент древесины;
- ферменты ЖКТ человека не расщепляют целлюлозу;
- необходима для нормального протекания переваривания

(в толстом кишечнике под действием микрофлоры до 75% ее гидролизуется до **целлобиозы и глюкозы**; глюкоза частично окисляется микрофлорой до низкомолекулярных органических кислот (масляной, молочной), которые стимулируют перистальтику кишечника).



Биологически важные гомополисахариды.

Хитин – линейный гомополисахарид, состоит из N-ацетил-D-глюкозамина, соединенных β -1–4-O-гликозидными связями.



- структурный компонент животных (в основном членистоногих), в частности, из него построен наружный скелет ракообразных и насекомых;
- также частично или полностью замещает целлюлозу в клеточных стенках сапрофитных растений, например грибов.

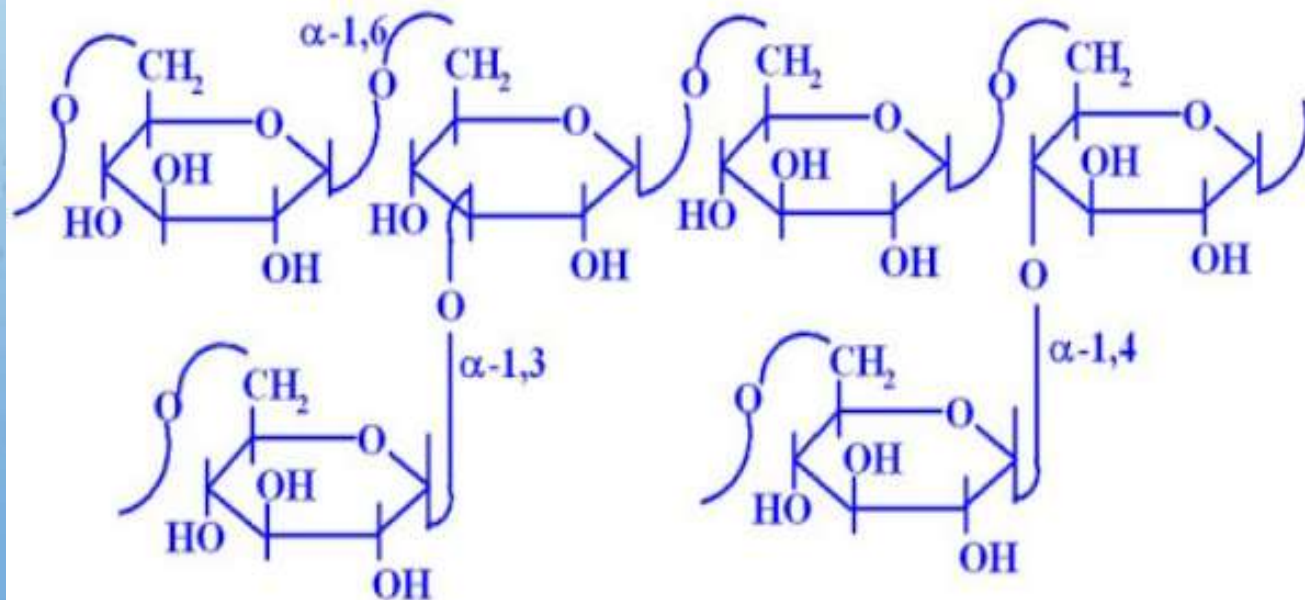
Биологически важные гомополисахариды.

Декстран — гомополисахарид, разветвлённый полимер глюкозы.

Главная цепь состоит из молекул α -D-глюкозы, связанных чаще всего связью α -1,6-О-ГС (небольшое количество α -1,3-О-ГС), а боковые ветви присоединены связями α -1,2-, α -1,3- или α -1,4-О-ГС.

Синтезируется из сахарозы некоторыми уксуснокислыми бактериями. Крайне обильно декстраны представлены в зубном налете.

В медицине используется для снижения вязкости крови и для приготовления плазмозамещающих растворов.



Биологически важные гомополисахариды.

Пуллулан (пищевая добавка E1204) — гомополисахарид, состоящий из мальтотриозных единиц (трисахарид, состоящий из глюкоз, соединенных α -1,4-О-ГС), связанных α -1,6-О-ГС.

- Получают из крахмала посредством гриба *Aureobasidium pullunas*.
- Безвкусный полимер, применяется в производстве съедобных тонких плёнок, в различных освежителях дыхания или продуктах гигиены ротовой полости, в косметических средствах, предназначенных за счет эффекта лифтинга для борьбы со старением кожи и образованием морщин.



Подведём итоги.

Благодаря особенностям своей структуры и физико-химическим свойствам, гомополисахариды могут выполнять следующие функции:

С учетом биологической роли гомополисахариды делятся на структурные и резервные. К резервным относятся **крахмал и гликоген**; к структурным - **целлюлоза и хитин**.

- 1. крахмал** является резервным материалом растений, разветвлённый полисахарид (амилоза и амилопектин), построен из α -D- глюкоз;
- 2. гликоген** - главный резервный полисахарид высших животных и человека, построенный из остатков α -D-глюкозы, имеет деревообразную форму, по строению близок к амилопектину;
- 3. целлюлоза** является важным структурным полисахаридом растений, основной компонент древесины, имеет линейную структуру, построен из β -D-глюкозы;
- 4. хитин** выполняет защитную и опорную функции, обеспечивая жёсткость клеток — содержится в клеточных стенках грибов, главный компонент экзоскелета членистоногих.

Гетерополисахариды.

Протеогликаны – высокомолекулярные соединения, состоящие из **белковой части с высокой степенью гликозилирования (5-10 %)** и **углеводной части (90-95 %)**.

Углеводные компоненты протеогликанов называют гликозаминоглиами (мукополисахаридами). Это длинные линейные полисахаридные цепи, состоящие из повторяющихся дисахаридных звеньев, мономеры - **D-глюкуроновая** или **L-идуроновая кислота** и **аминосахар (глюкоз- или галактазамин)**, **NH₂-группа** часто ацетилирована, также в составе сульфатные группы в виде **O-эфиров** или **N-сульфата**.

Белковые части протеогликанов представлены одной полипептидной цепью разной молек. массы. Полисахаридные компоненты у различных протеогликанов разные.

Связь гликозаминогликанов с белком осуществляется через связывающий трисахарид **ксилоза-галактоза-галактоза и OH-группы серина, треонина или NH₂-группу аспарагина.**



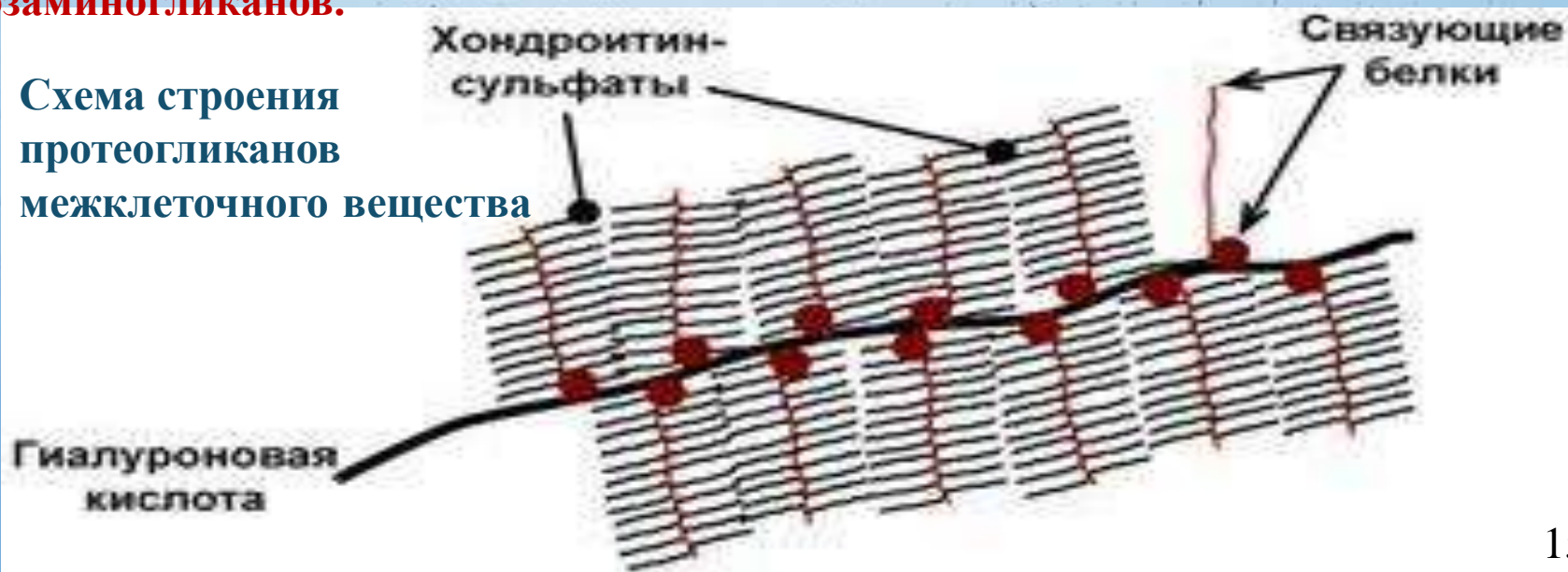
Гликозаминогликаны в составе протеогликанов содержатся в межклеточном веществе соединительной ткани, в костях, синовиальной жидкости, стекловидном теле и роговице глаза. Придают секретам вязкие свойства благодаря способности связывать большое количество воды, в результате чего межклеточное вещество имеет желеобразную структуру.

Функции гликозаминогликанов:

- являются структурным компонентом межклеточного матрикса;
- специфически взаимодействуют с коллагеном, эластином, друг. белками межклеточного матрикса;
- могут присоединять помимо воды большое количество катионов (Na^+ , Ca^{2+} , K^+), участвуют в формировании тургора тканей;
- как «молекулярные сита» не пропускают патогенные микроорганизмы.

В настоящее время известна структура шести основных классов гликозаминогликанов.

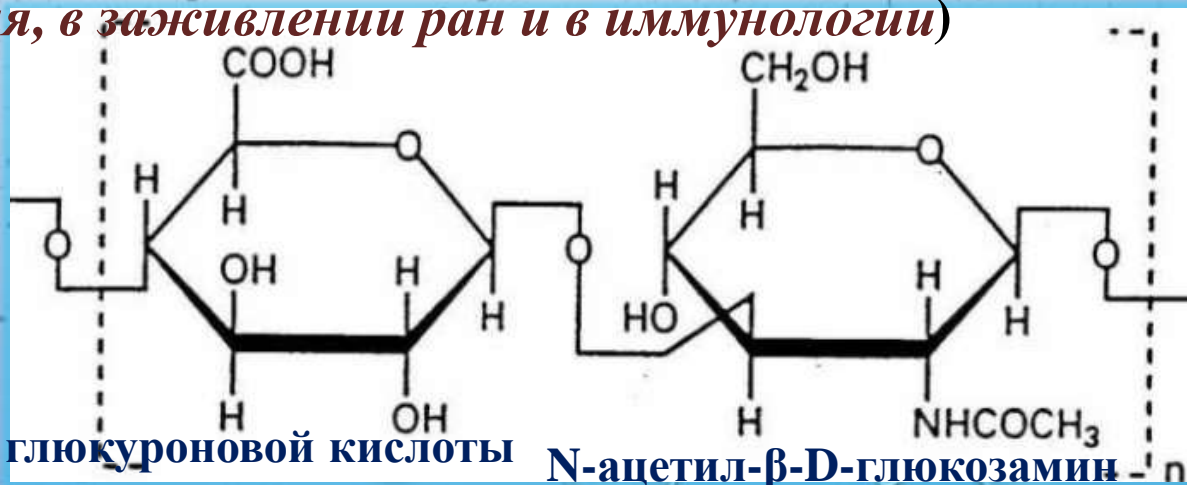
**Схема строения
протеогликанов
межклеточного вещества**



Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны.

- **Гиалуроновая кислота** - гетерополисахарид, состоящий из дисахаридов (**β -D-глюкуроновая кислота и N-ацетил- β -D-глюкозамин, соединённые β -1,3-O-гликозидными связями**), дисахаридные звенья связаны β -1,4-O-гликозидными связями.
- углеводная часть протеогликанов (содержат белок 5-10%);
- хорошо связывает воду, входит в состав межклеточного матрикса, благодаря чему принимает участие в процессах размножения, миграции, узнавания и дифференцировки клеток различных органов и тканей;
- ускоряет процесс регенерации поврежденных тканей.
- применяется в эстетической и в прикладной медицине (*офтальмология, артрология, онкология, в заживлении ран и в иммунологии*)



β -D- глюкуроновой кислоты

N-ацетил- β -D-глюкозамин

Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны.

- **Хондроитинсульфаты** - гетерополисахариды, состоящие из повторяющихся дисахаридных звеньев (**β -D-глюкуроновая кислота и N-ацетил- β -D-галактозамин**, сульфатированный по OH-группе у C-4 (хондроитин-4-сульфат) или у C-6 (хондроитин-6-сульфат), соединенные β -1, 3-O-гликозидными связями), дисахаридные звенья связаны β -1,4-O-гликозидными связями.

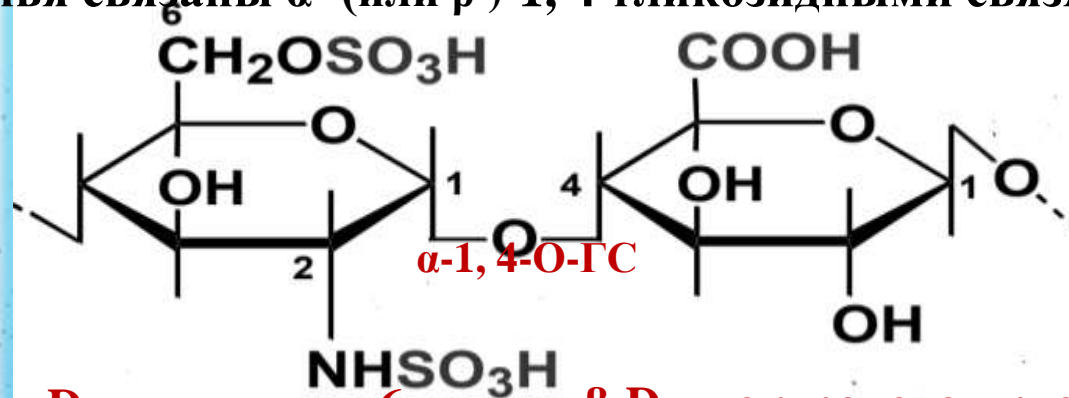


- входят в состав протеогликанов соединительной ткани (костная ткань, хрящ, кожа, роговица глаза, связки кровеносных сосудов, суставная жидкость);
- оказывают анальгетическое и противовоспалительное действие, способствуют регенерации костной и хрящевой ткани;
- относятся к группе хондропротекторов, используются в ортопедии и травматологии для лечения заболеваний и повреждений суставов;

Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны

- **Гепарансульфаты** – гетерополисахариды, состоящие из дисахаридов (**N-сульфат-ацетил- α -D-глюкозамин-6-сульфат** и **β -D-глюкуроновая кислота** или **L-идуроновая кислота**, соединенные **α -1,4-O-гликозидной связью**), дисахаридные звенья связаны **α - (или β)-1, 4-гликозидными связями.**



N-сульфат-ацетил- α -D-глюкозамин-6-сульфат **β -D-глюкуроновая кислота**

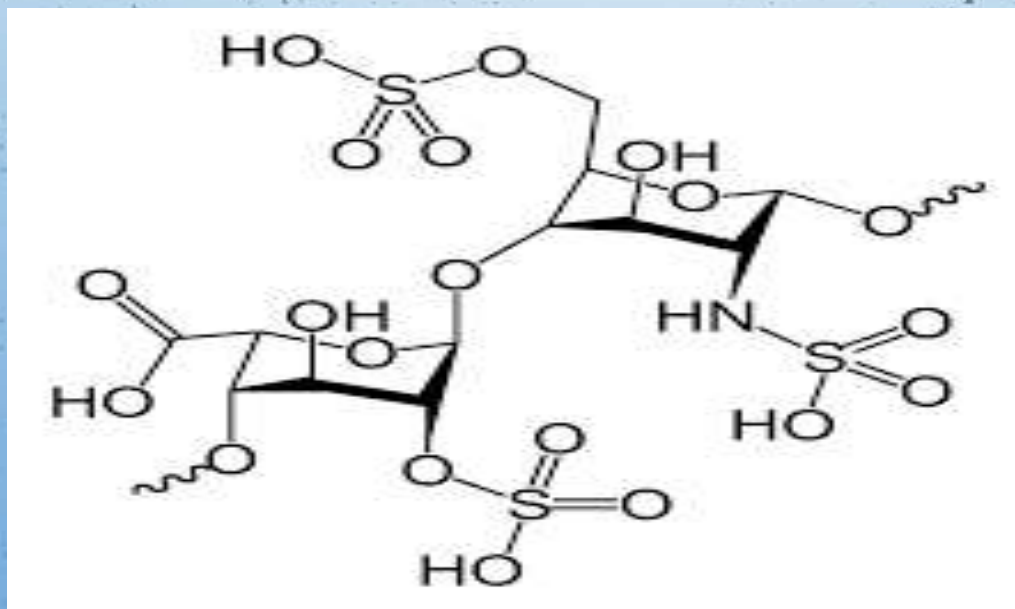
- гепарансульфатсодержащие протеоглики способствуют созданию фильтрационного барьера в почках;
- компонент клеточной поверхности, где они функционируют как клеточные рецепторы и участвуют в клеточной адгезии;
- **структура дисахаридной единицы такая же, как у гепарина;**

Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны

Гепарин- гликозамингликан; молекула представлена несколькими полисахаридными цепями, связанными с общим белковым ядром; структура дисахаридной единицы такая же как у гепарансульфата (отличие – в гепарине больше N-сульфатированных групп, а в гепарансульфатах -N-ацетилированных).

Благодаря большому количеству отрицательно заряженных сульфатных и карбоксильных групп, молекула гепарина представляет собой сильный природный поли-анион, способный к образованию комплексов со многими белковыми и синтетическими соединениями поли-катионной природы.



Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны

Гепарин-

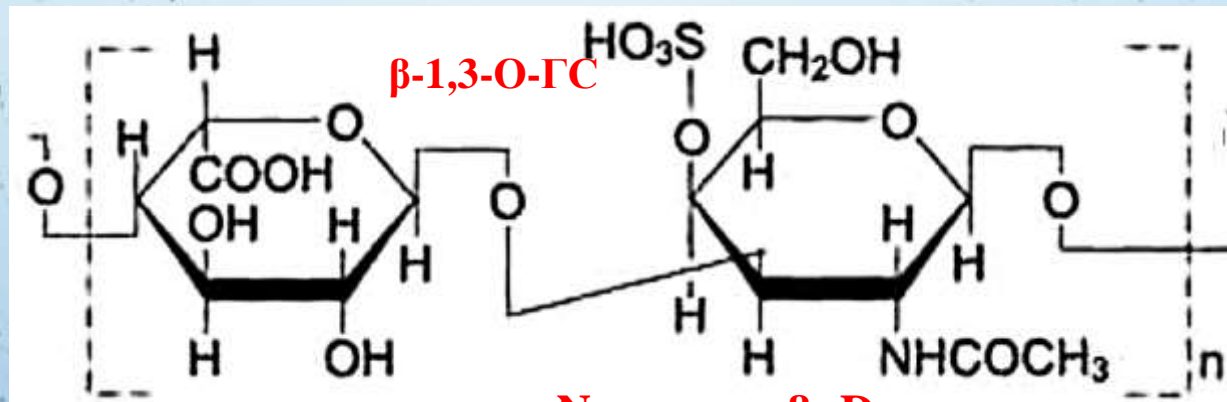
- синтезируется в тучных клетках, находится в гранулах внутри этих клеток, преимущественно в печени, лёгких, стенках сосудов;
- прямой антикоагулянт;
- применяется для профилактики и терапии тромбозмболических заболеваний;
- при операциях на сердце и кровеносных сосудах;
- в стоматологии в комплексной терапии заболеваний пародонта.



Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны

- **Дерматансульфаты** - гетерополисахариды, состоящие из повторяющихся дисахаридных остатков (β -L-идуроновая кислота и N-ацетил- β -D-галактозамин-4-сульфата, связанные β -1,3-О-гликозидной связью), соединенных β -1,4-О-гликозидными связями.



β -L-идуроновая кислота

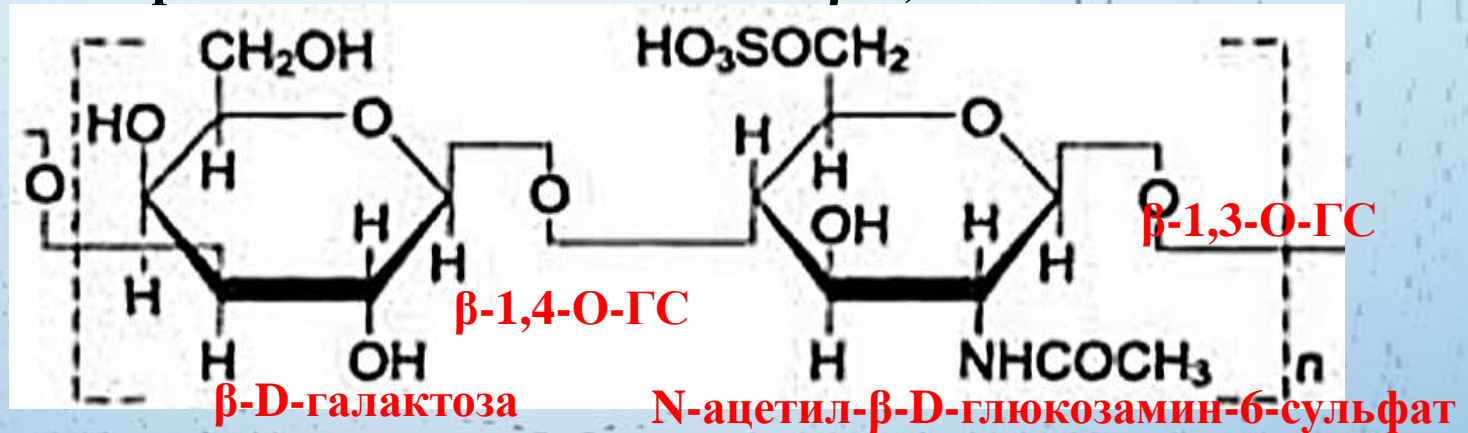
N-ацетил- β -D-галактозамин- 4-сульфат

- широко распространен в тканях (особенно характерен для кожи, кровеносных сосудов и сердечных клапанов);
- в составе малых протеогликанов (бигликан и декорин-*малые протеогликаны, мультифункциональные макромолекулы*)
- содержится в межклеточном веществе хрящей, межпозвоночных дисков, менисков.

Гетерополисахариды.

Гликозамингликаны

- **Кератансульфаты** – гетерополисахариды, состоящие из повторяющихся дисахаридов (β -D-галактоза и N-ацетил- β -D-глюкозамин-6-сульфат, соединенные β -1,4-O-гликозидными связями), дисахаридные звенья соединены β -1,3-O-гликозидными связями.



- кератансульфат I находится в роговице глаза и содержит кроме дисахаридного фрагмента, L-фукозу, D-маннозу и сиаловую кислоту;
- кератансульфат II обнаружен в хрящевой ткани, костях, межпозвоночных дисках, и содержит кроме дисахаридного фрагмента, L-фукозу, D-маннозу, сиаловую кислоту и N-ацетилгалактозамин;
- кератансульфат II входит в состав *агрекана (протеогликан хрящевой ткани, наделяет межпозвонковые диски и другие хрящи устойчивостью к большим нагрузкам)*.

Подведём итоги.

Благодаря особенностям своей структуры и физико-химическим свойствам, гетерополисахариды могут выполнять в организме человека следующие функции:

1. являются структурными компонентами межклеточного матрикса;
2. специфически взаимодействуют с коллагеном, эластином, фибронектином и другими белками межклеточного матрикса;
3. являются поли анионами, могут присоединять, кроме воды, большие количества катионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), участвуют в формировании тургора различных тканей;
4. играют роль молекулярного сита в межклеточном матриксе, препятствуют распространению патогенных микроорганизмов;
5. **гепарансульфатсодержащие** протеогликаны участвуют в создании фильтрационного барьера в почках;
6. **кератансульфаты и дерматансульфаты** обеспечивают прозрачность роговицы;
7. **гепарин** – первичный антикоагулянт.

Химические свойства полисахаридов.

- Химические реакции, в основном, связаны с **ОН-группами и гликозидными связями**.
- **Восстанавливающие свойства не проявляют**, т.к. доля свободных альдегидных групп сравнительно низкая.
- Наибольшее значение имеют **реакции гидролиза и образование производных по ОН-группам**.
- **Устойчивы к гидролизу в щелочной среде** (кроме концентрированных щелочей);
- **В кислой среде при неполном гидролизе образуются олигосахариды** (в т. ч. дисахариды), при полном гидролизе – **моносахариды**.

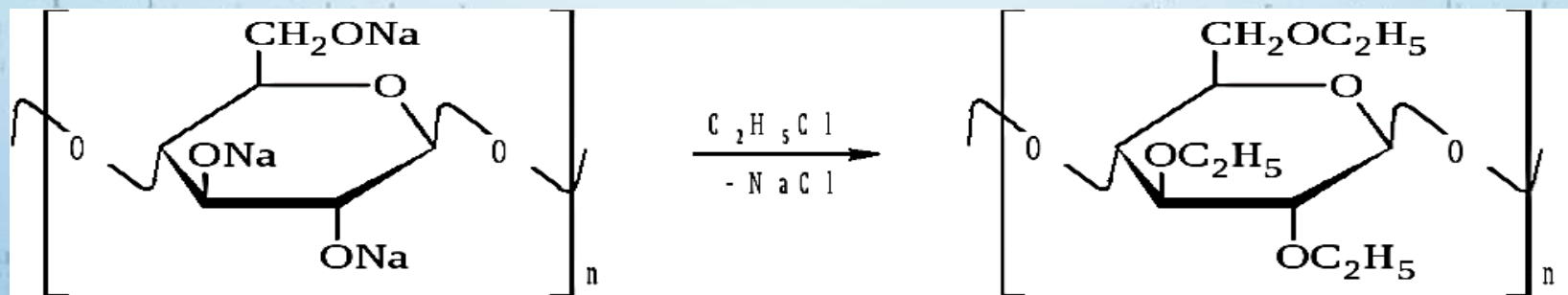
Способность к гидролизу увеличивается в ряду: целлюлоза < крахмал < гликоген.

- Из целлюлозы в результате кислотного гидролиза и последующего сбраживания продукта гидролиза получают этанол («гидролизный спирт»):
- $C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$;
- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ (спиртовое брожение).

Химические свойства полисахаридов.

Среди производных полисахаридов наибольшее практическое значение имеют **простые и сложные эфиры**:

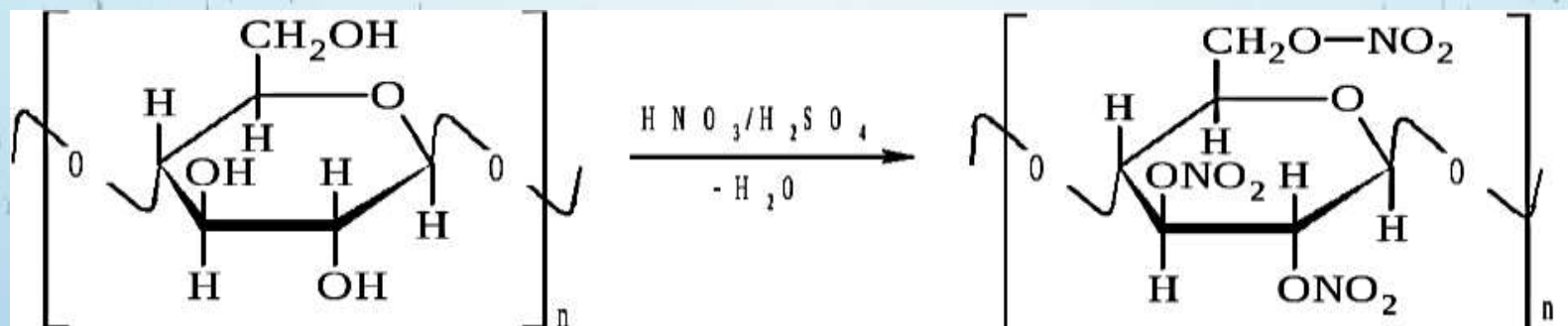
- из простых эфиров целлюлозы особое значение получили **метил-, этил- и бутил-целлюлоза** (образуются при действии галоген-алканов на целлюлозу в щелочной среде),



используется в качестве лаков, клеев и пропиточных материалов);

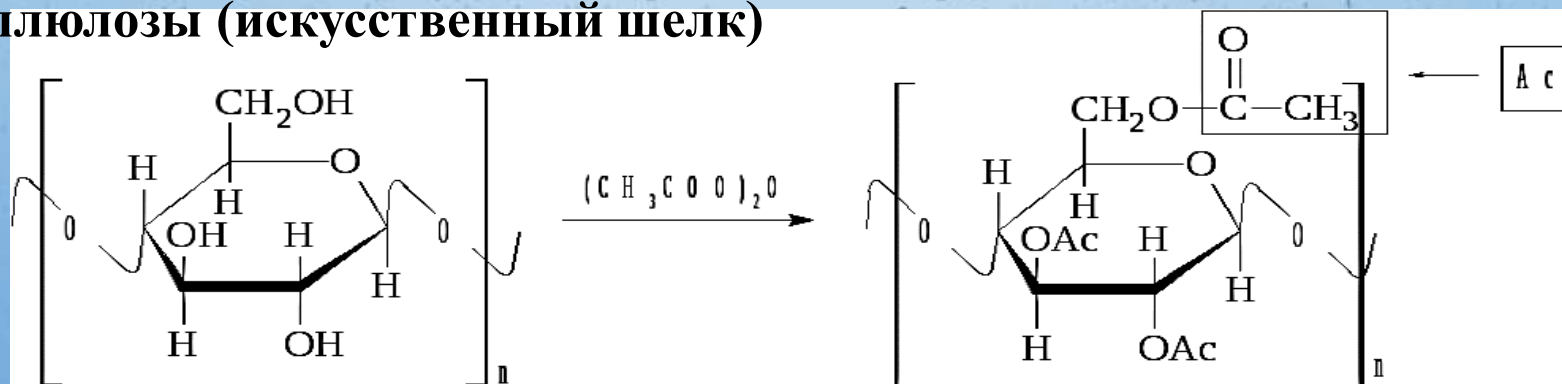
Химические свойства полисахаридов.

- сложные эфиры целлюлозы образуются при действии минеральных или органических кислот и их ангидридов -
 - при взаимодействиях целлюлозы со смесью азотной и серной кислот можно получить **нитраты целлюлозы**



на основе нитратов целлюлозы (**нитроцеллюлозы**) получают различные **взрывчатые вещества**, например, **порох**, нитраты целлюлозы также служат основой для получения нитролаков и эмалей.

- наибольшее промышленное значение получил полный эфир триацетат целлюлозы (искусственный шелк)

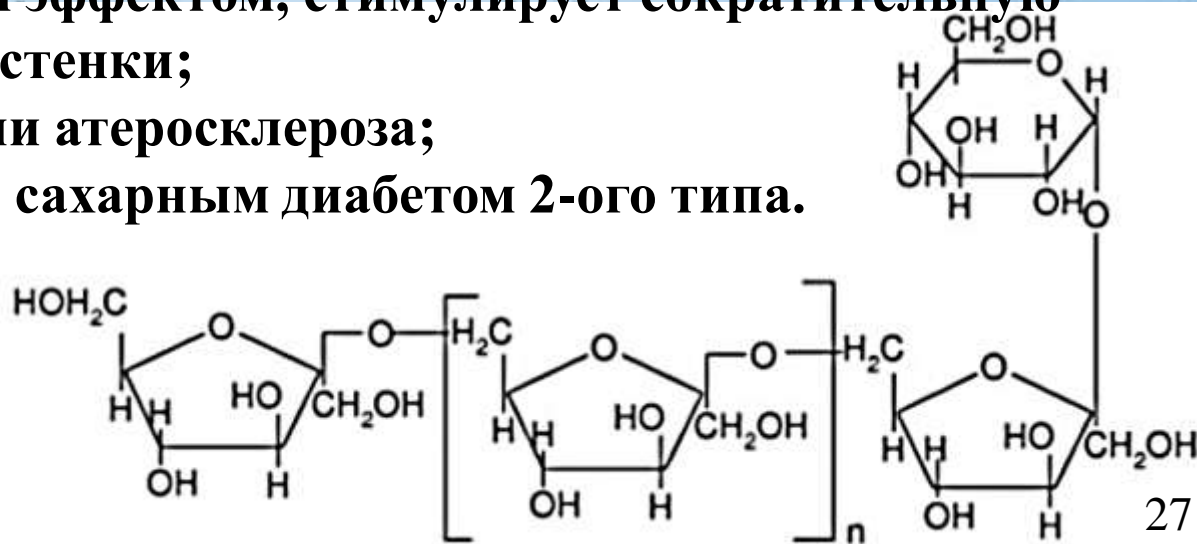


- **ацетаты целлюлозы** применяют также для получения **пластмасс**, **фото- и киноплёнки**, **специальных лаков**.

Гетерополисахариды.

Пищевые гетерополисахариды

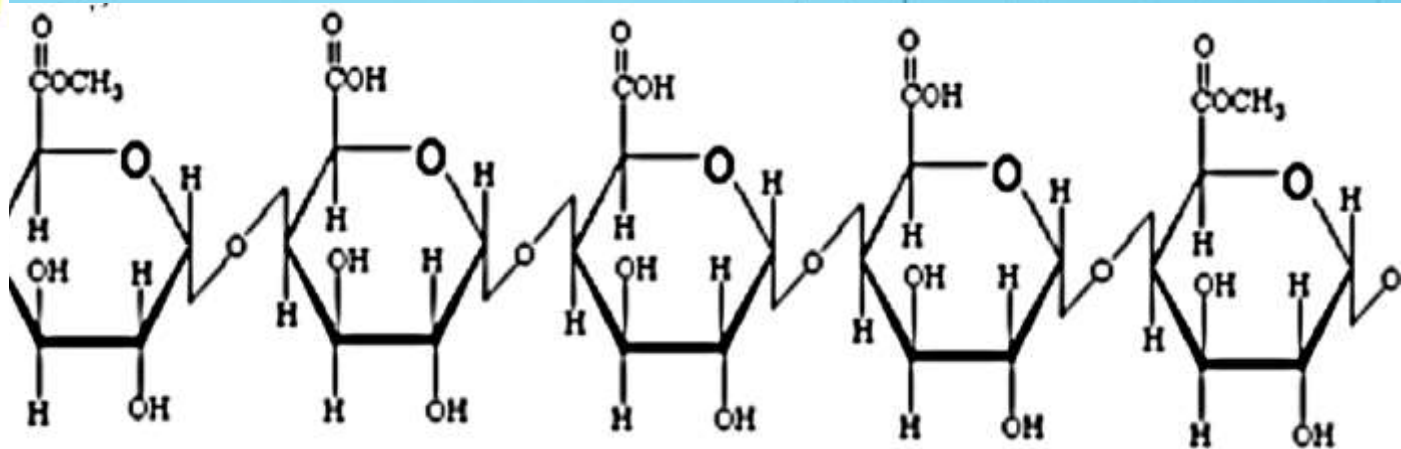
- **Инулин** - природный полисахарид $(C_6H_{10}O_5)_n$, состоящий из остатков D-фруктозы, связанных β -2,1-связями, и оканчивается α -D-глюкозой.
- содержит много фруктозы;
- чемпионы по содержанию – **корни цикория и топинамбура**;
- относится к пробиотикам, стимулирует рост и/или ускоряет метаболизм полезных бактерий кишечной микрофлоры;
- обладает антитоксическим и «обволакивающим» действием, защищая слизистые оболочки желудка и кишечника от механического раздражения пищей;
- обладает слабительным эффектом, стимулирует сократительную способность кишечной стенки;
- эффективен при лечении атеросклероза;
- рекомендован больным сахарным диабетом 2-ого типа.



Гетерополисахариды.

Пищевые гетерополисахариды

- **Пектины** - растительные гетерополисахариды, образованные остатками α -D-галактуроновой кислотой (основной компонент) и L-рамнозы (6-дезоксид-манноза), в составе могут присутствовать и другие моносахариды.



Пектовая кислота - полисахарид, в котором остатки D-галактуроновой кислоты связаны α -1,4-О-гликозидными связями.



- основу пектиновых веществ составляет пектовая кислота, а также в состав входит метиловый эфир пектовой кислоты различной степени этерификации (до 50%);
- склонны к образованию гелей за счет межмолекулярной ассоциации отдельных цепей;
- структурные элементы растительных тканей, поддерживают в них тургор;
- относятся к пищевым волокнам и оказывают положительное влияние на процесс пищеварения и обмен веществ;
- применяют в медицине при отравлениях и кишечных инфекциях, дисбактериозе – нормализуют работу ЖКТ (ПЕПИДОЛ);
- используют в фармацевтической промышленности при изготовлении лекарственных форм – капсул, таблеток, гелей;
- в пищевой промышленности используют в производстве, фруктовых начинок, желе, пастилы, зефира, мармелада.

Пищевые добавки - камеди.

Камедь – высокомолекулярный углевод, главный компонент экссудатов растений, выделяемые при механических повреждениях коры или заболеваниях растений. Представляют собой растворимые в воде или набухающие в ней полимеры моносахаридов (глюкозы, галактозы, арабинозы, рамнозы, уроновых кислот).

В пищевой промышленности используются как как пищевые добавки в качестве загустителей и стабилизаторов эмульсий при производстве колбасных изделий, замороженных полуфабрикатов.

Гуаровая камедь (E412) – получают из гуар (зернобобовая культура).

Овсяная камедь (E411) – получают из овсяной мякины.

Камедь рожкового дерева (E410) – получают из бобов рожкового дерева.

Агар (E406) – получают из водорослей.

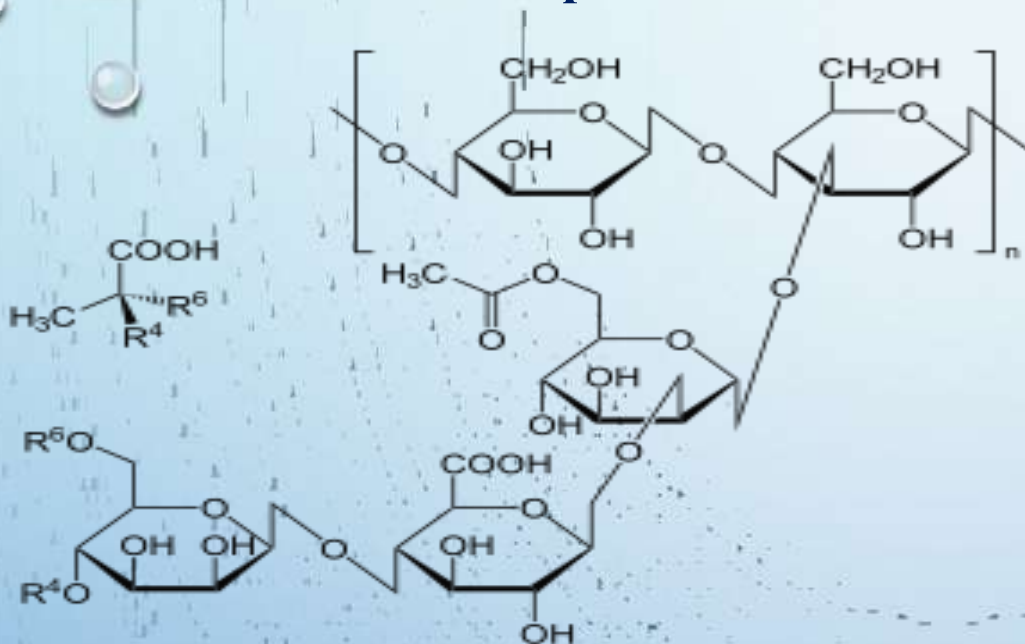
Гуммиарабик (E414) - добывают из сока африканских акаций;

Ксантановая камедь (ксантан) (E415) - $(C_{35}H_{49}O_{29})_n$, получают бактериальной ферментацией .

Камеди используют **в бумажной и других отраслях промышленности** в качестве клеев, стабилизаторов эмульсий и суспензии.

В медицине камеди применяются как слизи, которые уменьшают раздражение, вызываемое некоторыми лекарственными препаратами, и понижают всасывание, а также для приготовления пилюль и эмульсий.

Ксантановая камедь (ксантан) – пищевая добавка E415, относится к группе стабилизаторов, загустителей. Получают путём ферментации с использованием бактерий *Xanthomonas campestris*.



Состав - главная цепь полимера идентична молекуле целлюлозы, ответвления представляют собой остатки молекул глюкозы, маннозы, глюкуроновой кислоты, пирувата и ацетильных групп. Для пищевых целей кислотные группы нейтрализуют, переводя ксантан в соли натрия, калия или кальция.

В организме человека замедляя пищеварение снижает чувство голода, снижает скорость всасывание глюкозы, снижает холестерин в крови.

Однократное употребление больших доз может вызвать расстройство пищеварения.

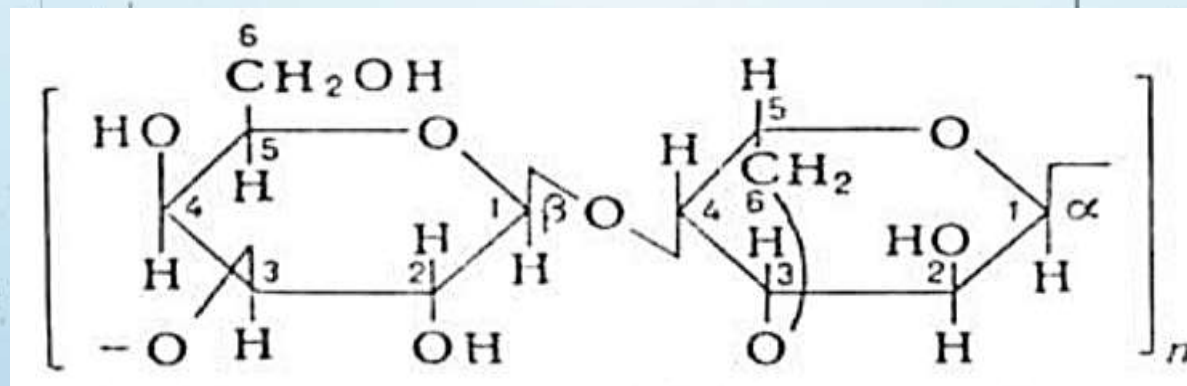
Ксантановая камедь

- **хорошо растворима в холодной** и горячей воде, молоке, а также в растворах соли и сахара;
- **адсорбируют воду с образованием трёхмерной сетки из двойных спиралей ксантана**, по структуре близкой с гелем, но отличающейся меньшей вязкостью;
- раствор ксантана устойчив к ферментам, спиртам, ПАВ, кислотам и щелочам (кроме HCl), температуре (высоким до 120°C и низким до -18°C);
- широко используется в пищевой промышленности при производстве соусов, молочных продуктов, мороженого, десертов, хлебобулочных изделий и др.
- в косметической промышленности как загуститель при приготовлении эмульсий, паст;
- применяется в процессах добычи нефти и газа в качестве структурообразователя в буровых растворах на водной основе.



Пищевые добавки

Агароза – линейный гетерополисахарид, состоящий из чередующихся мономерных звеньев β -D-галактозы (иногда метил- β -D-галактозы) и 3,6-ангидро- α -L-галактозы, соединенных регулярно чередующимися α -1,3- и β -1,4-О-ГС или β -1,6-О-ГС (в случае метил- β -D-галактозы).



β -D-галактоза

3,6-ангидро- α -L-галактоза

- получают из морских красных водорослей;
- обладает ярко выраженным свойством к формированию гелей;
- широко используют в микробиологических исследованиях для разделения биологических макромолекул с помощью электрофореза и для культивирования бактерий;
- **агар-агар (пищевая добавка E406) - смесь полисахаридов агарозы и агаропектина (отличается от агарозы содержанием сульфатных групп), в пищевой промышленности применяют ага-агар как загуститель при производстве соусов, мороженого, мармелада, зефира, пастилы...**

Подведём итоги.

- Некоторые бактерии, грибы и водоросли часто секретируют в окружающую их среду полисахариды (экзо полисахариды), которые являются резервуаром, чтобы для предотвращения пересыхания.
- Люди научились превращать некоторые такие полисахариды в полезные продукты, включая **ксантовую камедь, декстраны, гуаровую камедь и пуллулан**.
- Большинство из этих полисахаридов **имеют полезные вязкоупругие свойства**. Это позволяет использовать их в повседневной жизни, к примеру, в таких продуктах как лосьоны, очищающие средства и краски, вязкие в стабильном состоянии, но становятся намного более жидкими при малейшем движении.
- Экзополисахариды выполняют роль **естественных загустителей и стабилизаторов консистенции**, например, кисломолочных биопродуктов.

Переваривание углеводов:

1) В ротовой полости *α -амилаза* слюны гидролизует в полисахаридах внутренние *α -1,4-гликозидные* связи, продукт - декстрины. Ca^{2+} - как кофактор, входит в состав активного центра фермента.

Желудочный сок не содержит ферменты, расщепляющие сложные углеводы.

2) В кишечнике расщепление декстринов до мальтозы и изомальтозы происходит под действием трех ферментов: *панкреатической α -амилазы, амило-1,6- и олиго-1,6-глюкозидаз.*

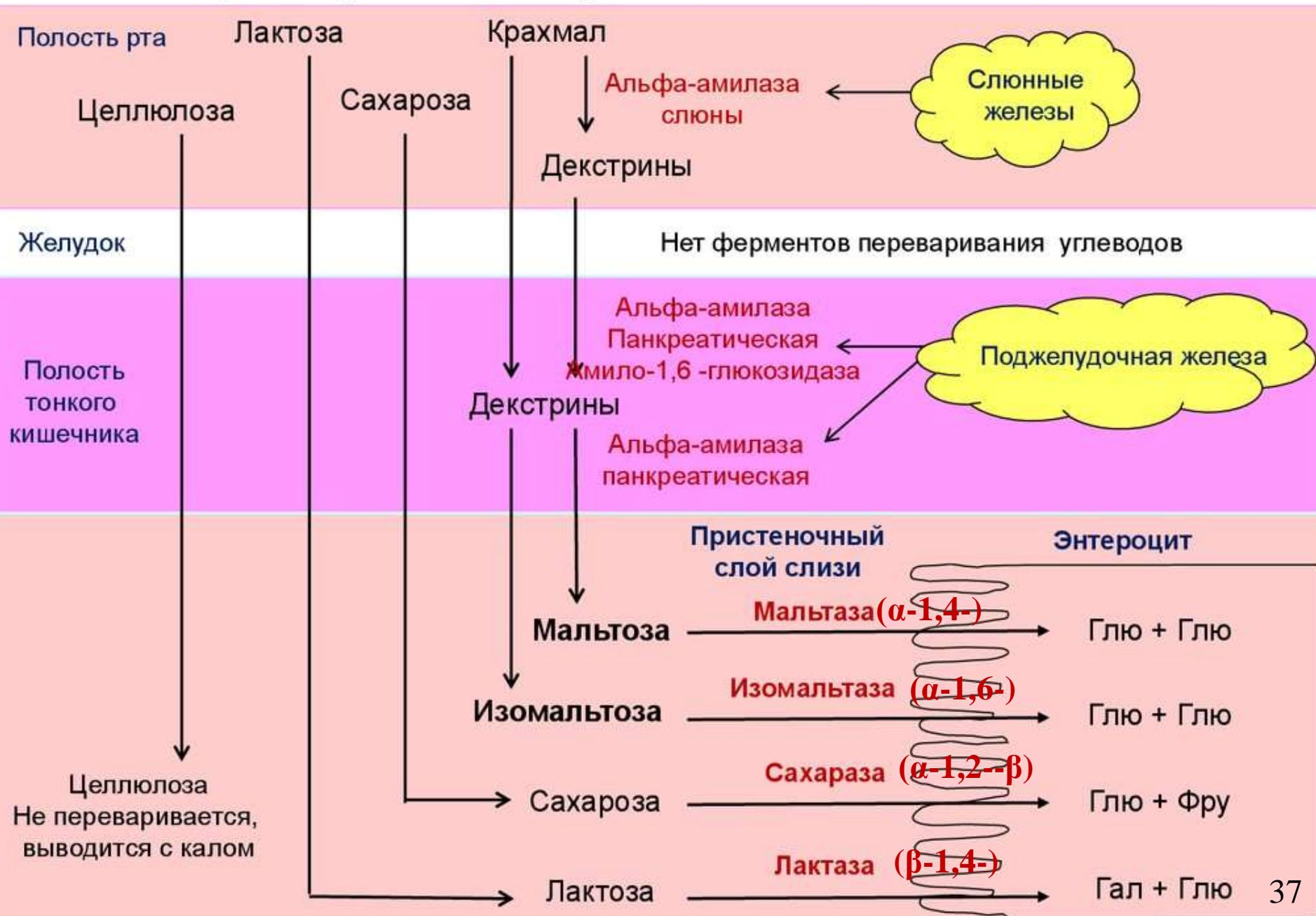
Переваривание углеводов (продолжение):

3) Пристеночное пищеварение осуществляется мультиферментными комплексами на поверхности энтероцитов:

- *сахаразо-изомальтазный* комплекс (гидролизует α -1,2-гликозидные связи в сахарозе и α -1,6-гликозидные связи в изомальтозе),
- *гликоамилазный комплекс* (гидролизует α -1,4-гликозидные связи в мальтозе),
- *β -гликозидазный комплекс* (расщепляет β -1,4-гликозидные связи).

Далее идет всасывание глюкозы в энтероциты путем облегченной диффузией с помощью специальных белков-переносчиков и вторично-активным транспортом (Na^+ - зависимый симпорт). Далее с кровеносным руслом глюкоза доставляется к органам, тканям. Из крови внутрь клеток глюкоза попадает облегченной диффузией с участием белков-переносчиков (глюкозных транспортеров – ГЛЮТ).

Переваривание углеводов в кишечнике



Нарушение переваривания дисахаридов

Мальабсорбция (лат. *malus* – плохой, *absorptio* – поглощение) – потеря одного или многих питательных веществ, поступающих в пищеварительный тракт, обусловленная недостаточностью их всасывания в тонком кишечнике.

- **Причины**- при врожденных и приобретенных нарушениях продукции ферментов сахаразы, мальтазы, лактазы (дисахаридная недостаточность) или нарушении всасывания (язвенная болезнь кишечника).
- Дисахариды не расщепляются и накапливаются в кишечнике. По осмотическому градиенту в кишечнике накапливается вода, развивается осмотическая диарея. Усиливается перистальтика кишечника, появляются спазмы, боли.
- **Улучшение пищеварения и всасывания в тонкой кишке** – препараты, содержащие ферменты поджелудочной железы: **креон**, **панзинорм**, **мезимфорте**.
- При недостаточности дисахаридаз (лактазы, сахаразы) -стимуляторы выработки мембранных ферментов: **фенобарбитал**, **анаболики**, **фолиевая кислота**.



Литература, рекомендуемая для подготовки к занятиям:

- 1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для студентов вузов / А.С. Берлянд, Ю.А. Ершов, В.А. Попков; под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высшая школа, 2009. – 559 с.**
- 2. Попков В.А. Общая химия: учебник / В.А. Попков, С.А. Пузаков. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 976 с. – URL: <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970415702.html>**
- 3. Пузаков, С.А. Химия: учебник / Пузаков С.А. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 640 с. – <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN5970401986.html>**
- 4. Биоорганическая химия: учебник для студентов медицинских вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 416 с.**



Будьте здоровы!