

УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН - I



**Зав. кафедрой биохимии
профессор В.В. Лелевич**

Термин **«углеводы»** предложил в 1844 г. профессор Дерптского (ныне Тартуского) университета К. Шмидт, предполагая, что все углеводы имеют общую формулу **$C_m(H_2O)_n$** . Однако не все углеводы вписываются в эту формулу.

КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОВ

I. Моносахариды:

глюкоза
фруктоза
галактоза

II. Олигосахариды – содержат от 2 до 10 остатков моносахаридов

Дисахариды:

мальтоза
сахароза
лактоза

III. Полисахариды

Гомополисахариды:

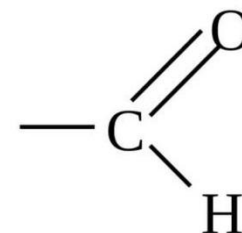
крахмал
гликоген
целлюлоза

Гетерополисахариды: гликозаминогликаны (мукополисахариды)

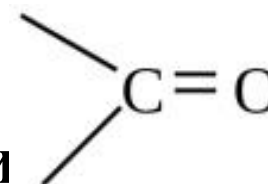
Моносахариды

- Моносахариды – производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную группу.
- Моносахариды подразделяются на альдозы и кетозы.

Альдозы содержат функциональную альдегидную группу

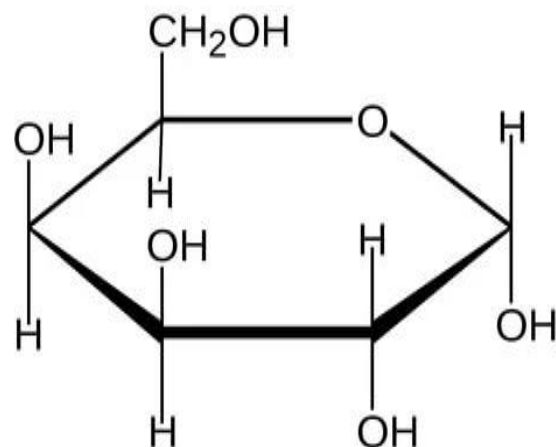


Кетозы содержат кетонную группу

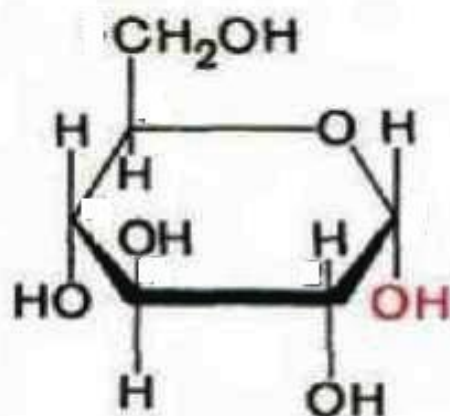


- Название моносахаридов зависит от числа углеродных атомов:
 - триозы
 - пентозы
 - гексозы

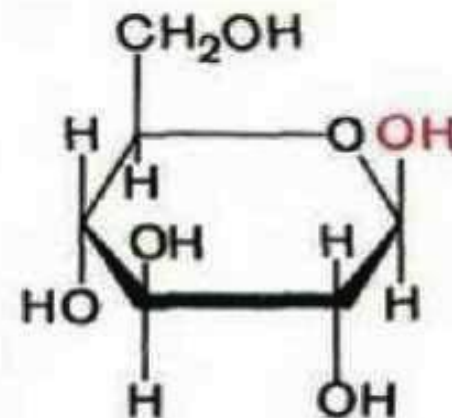
Моносахариды



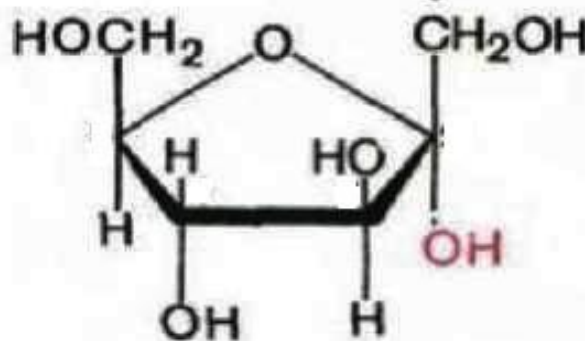
Галактоза
 α -D-галактопираноза



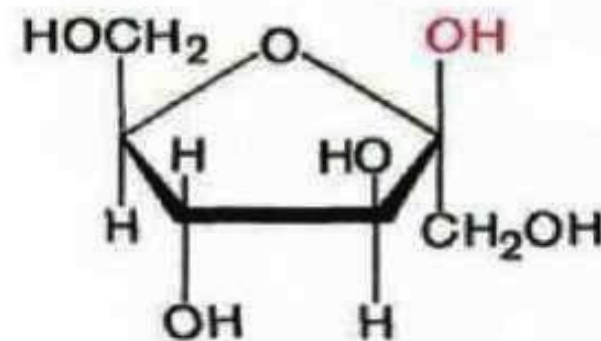
α -D-глюкопираноза



β -D-глюкопираноза



α -D-фруктофураноза

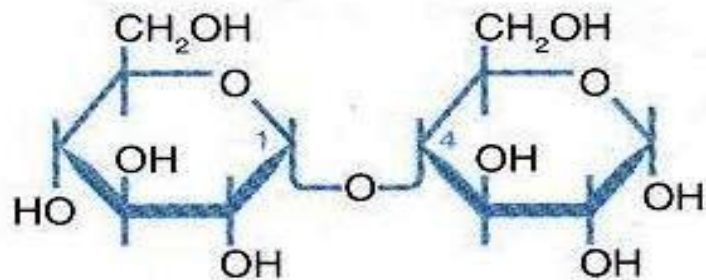


β -D-фруктофураноза

Биологически важные гексозы

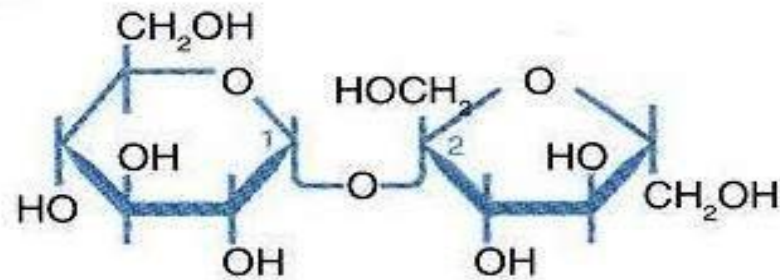
Моносахарид	Источник	Биологическая роль
D-глюкоза	Гидролиз крахмала, тростникового сахара, мальтозы и лактозы. Фруктовые соки.	Основная транспортная форма углеводов. Эффективно используется тканями.
D-фруктоза	Гидролиз тростникового и свекольного сахара. Мед, фруктовые соки.	Может превращаться в глюкозу в печени и кишечнике.
D-галактоза	Гидролиз лактозы. Молоко.	Может превращаться в глюкозу в печени. Входит в состав лактозы молока. Компонент гликолипидов и гликопротеинов.

Дисахариды пищи



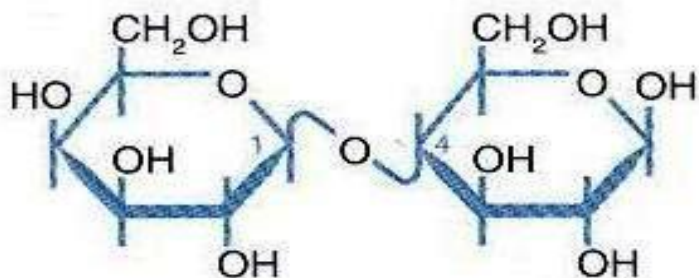
МАЛЬТОЗА

α1-4-гликозидная связь
α-D-глюкоза + α-D-глюкоза



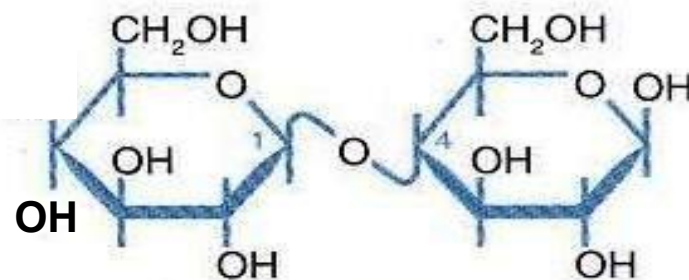
САХАРОЗА

α1-β2-гликозидная связь
α-D-глюкоза + β-D-фруктоза



ЛАКТОЗА

β1-4-гликозидная связь
β-D-глюкоза + β-D-галактоза



ЦЕЛЛОБИОЗА

β1-4-гликозидная связь
β-D-глюкоза + β-D-глюкоза

Дисахариды

Дисахарид	Источник	Значение
Мальтоза	Продукт распада крахмала.	Один из основных пищевых дисахаридов.
Лактоза	Молоко.	Пищевой дисахарид.
Сахароза	Тростниковый или свекловичный сахар.	Пищевой дисахарид.
Целлобиоза	Продукт гидролиза целлюлозы под действием микрофлоры ЖКТ.	У человека целлюлоза практически не усваивается.

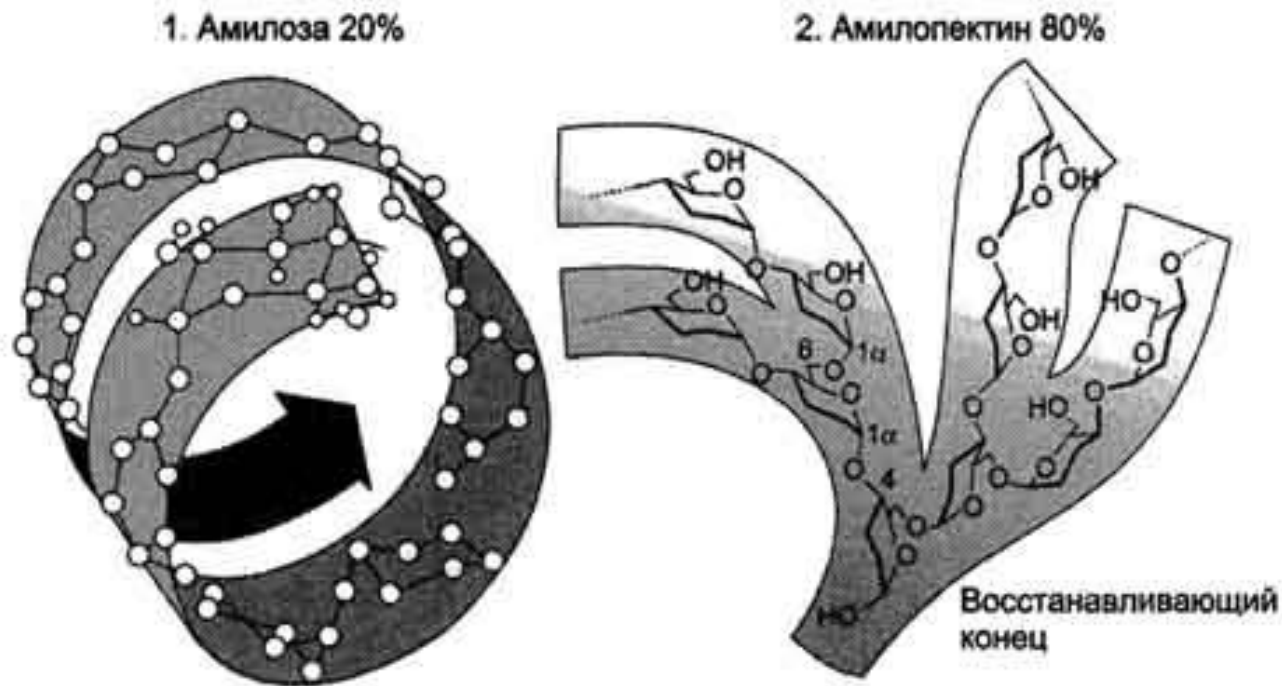


Полисахариды

Характеристика	Крахмал	Гликоген	Целлюлоза
Источник	Растительный	Животный	Растительный
Мономер	α-глюкоза	α-глюкоза	β-глюкоза
Гликозидные связи	1-4 и 1-6	1-4 и 1-6	1-4
Наличие ветвлений	Да (одно ветвление на 20 остатков)	Да (одно ветвление на 10-12 остатков)	Нет

Крахмал – наиболее важный углеводный компонент пищевого рациона. Он находится в клетках растений в виде гранул, практически нерастворим в воде.

У человека в печени и мышцах содержится до **450 г гликогена**.



Строение крахмала



ФУНКЦИИ УГЛЕВОДОВ

- 1. Энергетическая (глюкоза; гликоген, крахмал – депо энергии).**
- 2. Структурная (целлюлоза, хитин - структурные компоненты клеточных стенок растений и насекомых).**
- 3. Метаболическая.**
- 4. Защитно-механическая – (гликозаминогликаны, гликопротеины – основное вещество соприкасающихся поверхностей суставов).**
- 5. Рецепторная (мембранные гликопротеины).**
- 6. Специфическая (гепарин и др.).**

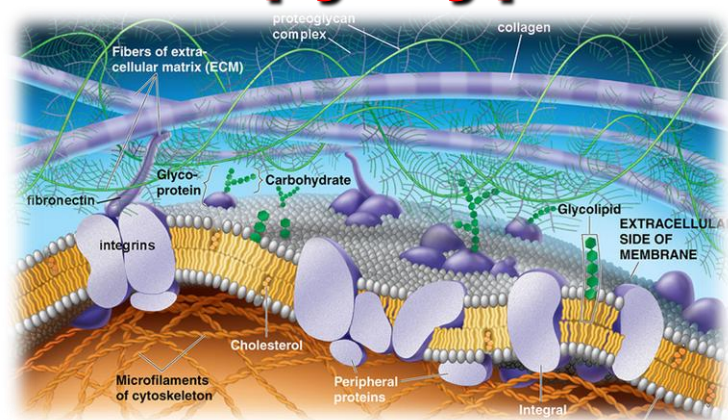
I. Углеводы с преимущественно энергетической функцией:

глюкоза
гликоген
крахмал



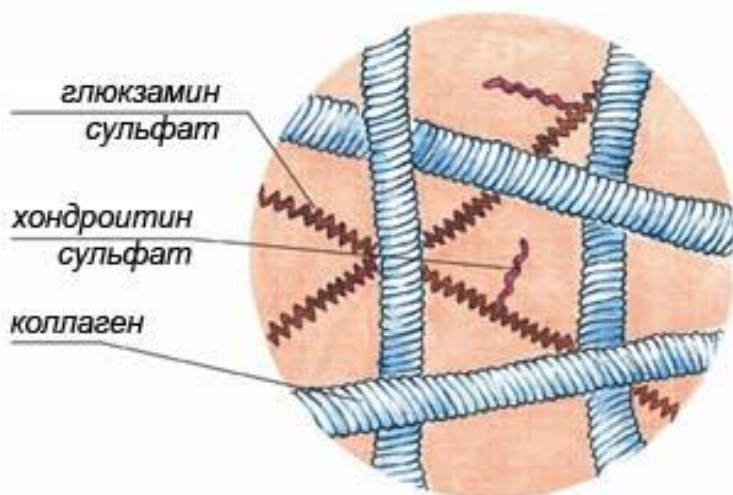
II. Углеводы с преимущественно структурной функцией:


гликопротеины
гликолипиды
гликозаминогликаны



Гликозаминогликаны (раньше их называли **мукополисахаридами**) – линейные, отрицательно заряженные гетерополисахариды. Они могут связывать большие количества воды, в результате чего межклеточное вещество приобретает желеобразный характер.

Молекулярная структура хряща





Протеогликаны — высокомолекулярные соединения, состоящие из белка (5 – 10%) и гликозаминогликанов (90 – 95 %). Они образуют основное вещество межклеточного матрикса соединительной ткани и могут составлять до 30% сухой массы ткани.

Протеогликаны отличаются от большой группы белков, которые называются **гликопротеинами**. У гликопротеинов углеводный компонент составляет 40% от общей массы.

УГЛЕВОДЫ В ПРИРОДЕ



Углеводы – наиболее распространенные органические вещества на Земле.

Образуются в результате **фотосинтеза** в зеленых растениях.

Содержание углеводов (в % от сухой массы)



Семена злаков - 65-70 %

Картофель - 14-25 %

Свекла - 20-30 %

Плоды, ягоды - до 15 %



УГЛЕВОДЫ ПИЩИ

300 – 500 г в сутки



Углеводы	Пищевые продукты	г/сутки
Полисахариды	Хлеб Крупа, рис Картофель Мучные изделия	250-400
Дисахариды	Сахар, Кондитерские изделия, Молоко	50-100
Моносахариды	Фрукты, Ягоды, Соки	0-50

Пищевые волокна (целлюлоза или клетчатка) – компоненты растительных клеток, которые не расщепляются ферментами животного происхождения (т.е. не расщепляются в ЖКТ человека).

Однако целлюлоза является незаменимым компонентом пищи человека.

**Рекомендуемое суточное
потребление 25 – 30 г.**



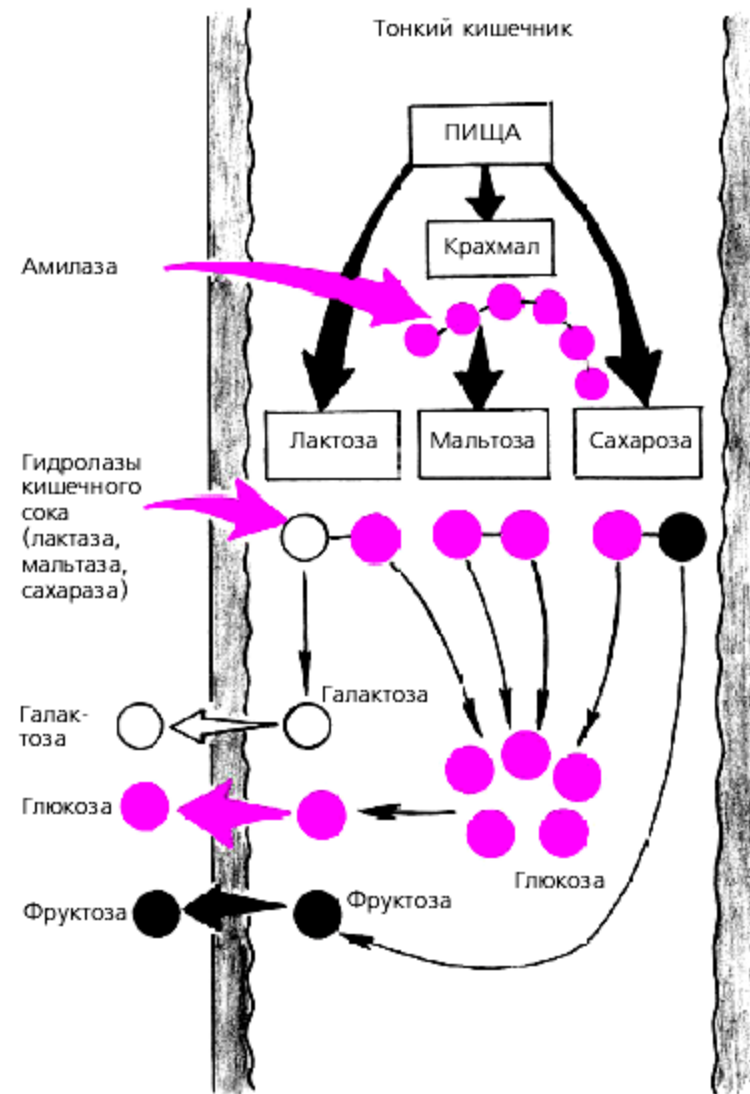
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КЛЕТЧАТКИ

- 1. Утилизируется микрофлорой кишечника и поддерживает ее нормальный состав.**
- 2. Адсорбирует воду и удерживает ее в полости кишечника.**
- 3. Увеличивает объем каловых масс.**
- 4. Нормализует давление на стенки кишечника.**
- 5. Связывает некоторые токсические вещества и радионуклиды.**



ПЕРЕВАРИВАНИЕ УГЛЕВОДОВ

Эпителиальные клетки кишечника способны всасывать только моносахариды. Поэтому процесс переваривания углеводов заключается в ферментативном гидролизе связей в олиго- или полисахаридах.



ПЕРЕВАРИВАНИЕ УГЛЕВОДОВ

Слюна: α -амилаза

Панкреатический сок:

α -амилаза

амило-1,6-глюкозидаза

олиго-1,6-глюкозидаза

Тонкий кишечник:

мальтаза

сахараза

сахаразо-изомальтазный комплекс

лактаза (β -гликозидазный комплекс)

гликоамилазный комплекс

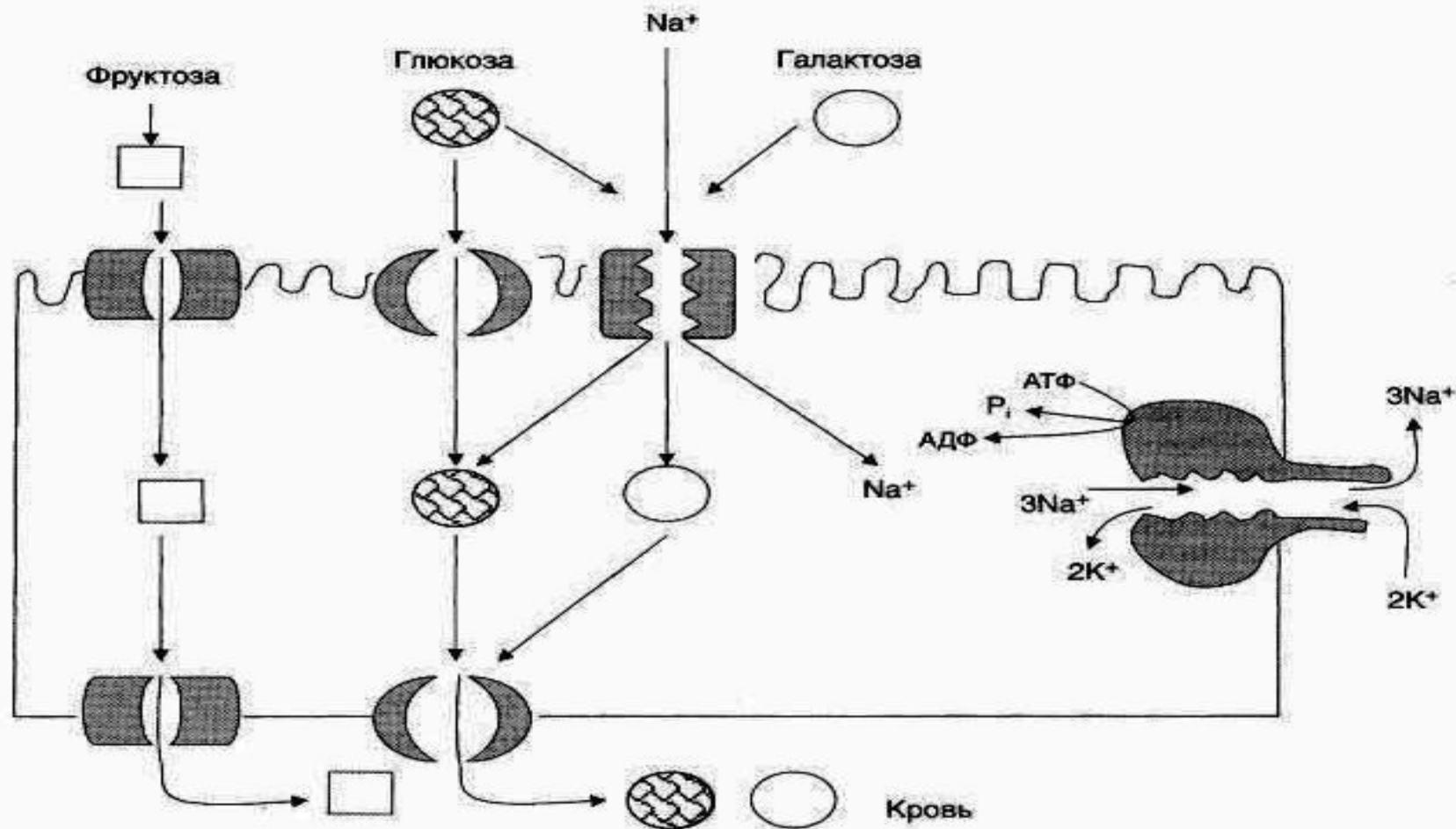
САХАРАЗА – ИЗОМАЛЬТАЗНЫЙ КОМПЛЕКС

- состоит из 2 полипептидных цепей, прикреплен к мембране микроворсинок кишечника, каталитический центр выступает в просвет кишечника.
- Сахараза – изомальтазный комплекс гидролизует **сахарозу** и **изомальтозу**, расщепляя **$\alpha - 1,2$** – и **$\alpha - 1,6$** – гликозидные связи.
- На долю этого комплекса приходится 80% от всей мальтазной активности кишечника.
- В тощей кишке активность этого комплекса высокая, но снижается в дистальной части кишечника.

Гликоамилазный комплекс

- Этот комплекс катализирует гидролиз α -1,4-связи между остатками глюкозы в олигосахаридах, действуя с восстанавливающего конца.
- Этот фермент относится к **экзогликозидазам**.
- Комплекс расщепляет также связи в **мальтозе**, действуя как мальтаза.
- Гликоамилазная активность наибольшая в нижних отделах тонкого кишечника

Всасывание углеводов в кишечнике



- белки-переносчики (транспортёры) фруктозы;
- белки-переносчики (транспортёры) глюкозы;
- Na⁺-зависимый белок-переносчик;
- Na⁺, K⁺ - АТФ-аза.

ТРАНСПОРТ ГЛЮКОЗЫ ИЗ КРОВИ В КЛЕТКИ



Потребление глюкозы клетками из кровотока происходит также путем **ОБЛЕГЧЕННОЙ ДИФФУЗИИ**. В клетках мышц и жировой ткани облегченная диффузия регулируется инсулином. В отсутствии инсулина плазматическая мембрана этих клеток непроницаема для глюкозы.

Белки – транспортеры глюкозы (ГЛЮТ) обнаружены во всех тканях. Они пронумерованы в соответствии с порядком их обнаружения.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФУНКЦИИ ГЛЮТ

Типы ГЛЮТ	ЛОКАЛИЗАЦИЯ В ОРГАНАХ
ГЛЮТ–1	Преимущественно в мозге, плаценте, почки, толстый кишечник, энтероциты.
ГЛЮТ–2	Печень, почки, β -клетки островков Лангенгарса, энтероциты.
ГЛЮТ–3	Головной мозг, плацента.
ГЛЮТ–4	Скелетные мышцы, миокард, жировая ткань.
ГЛЮТ–5	Тонкий кишечник, яички, почки.

НАРУШЕНИЯ ПЕРЕВАРИВАНИЯ ДИСАХАРИДОВ

- **Наследственный дефицит лактазы
симптомы – сразу после рождения.**
- **Недостаточность лактазы из-за снижения
экспрессии гена фермента в онтогенезе.**
- **Недостаточность лактазы вторичного
характера (приобретенная).**
- **Наследственная недостаточность сахарозо-
изомальтазного комплекса.**
- **Приобретенная недостаточность сахарозо-
изомальтазного комплекса.**

МЕТАБОЛИЗМ ГАЛАКТОЗЫ

МЕТАБОЛИЗМ ГАЛАКТОЗЫ



1-галактокиназа

2-галактозо-1-ф-уридилтрансфераза

3-уридилфосфат-4-эпимераза

4-фосфоглюкомутаза

ГАЛАКТОЗЕМИЯ – обусловлена недостаточностью галактозо-1-фосфатуридилтрансферазы (реже галактокиназы).

Ранние симптомы галактоземии

- рвота
- диарея
- дегидратация
- уменьшение массы тела
- желтуха
- накопление в крови галактозы и гал-1-фосфата

Последствия галактоземии

- поражение головного мозга
- катаракта
- гепатоспленомегалия

МЕТАБОЛИЗМ ФРУКТОЗЫ

МЕТАБОЛИЗМ ФРУКТОЗЫ

Второстепенный путь



1-ФРУКТОКИНАЗА

2-АЛЬДОЛАЗА Фр-1-ф

3-ГЛИЦЕРАЛЬДЕГИД-ф-киназа

4-АЛЬДОЛАЗА Фр-1,6-ди-ф

5-ГЕКСОКИНАЗА

6-ФОСФОФРУКТОКИНАЗА

НАРУШЕНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ФРУКТОЗЫ

Эссенциальная фруктозурия – при врожденной недостаточности фруктокиназы в печени.

Фруктоза накапливается в крови и выделяется с мочой.

ПРОТЕКАЕТ БЕССИМПТОМНО

Наследственная непереносимость фруктозы – при генетическом дефекте фруктозо-1-фосфатальдолазы.

СИМПТОМЫ - рвота, боли в животе, диарея, гипогликемия, судороги.

ПОСЛЕДСТВИЯ: поражения головного мозга и печени.

СИНТЕЗ ЛАКТОЗЫ



УДФ-глюкоза \rightleftharpoons **УДФ-галактоза**

УДФ-глюкозо-эпимераза

УДФ-галактоза+глюкоза



лактозосинтетаза

лактоза + УДФ

СИНТЕЗ ЛАКТОЗЫ

Лактоза синтезируется только секреторными клетками желез млекопитающих в период лактации.

Содержание лактозы в молоке 2 – 6 % в зависимости от вида млекопитающих.

Интолерантность к молоку у взрослых





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

