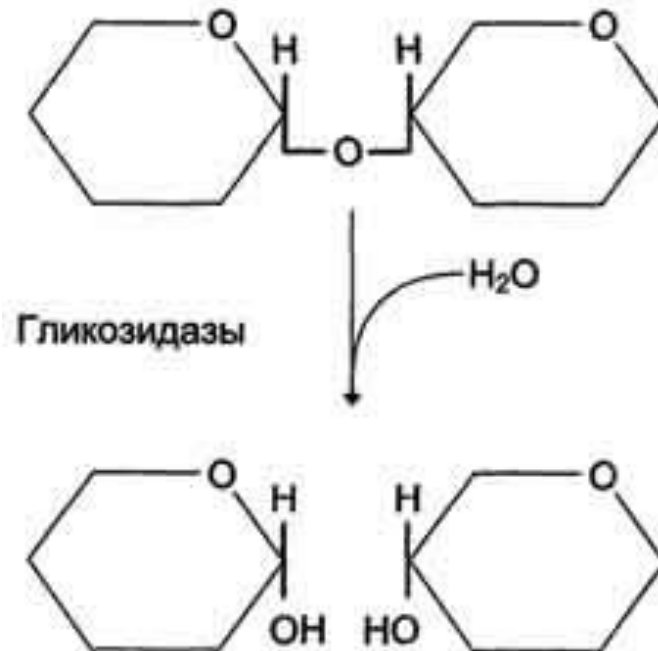


Биохимия

Метаболизм углеводов

Переваривание углеводов

Эпителиальные клетки кишечника способны всасывать только моносахариды. Поэтому процесс переваривания заключается в ферментативном гидролизе гликозидных связей в углеводах, имеющих олиго- или полисахаридное строение:



Альфа-амилаза

В ротовой полости пища измельчается при пережёвывании, смачиваясь при этом слюной. Слюна на 99% состоит из воды и обычно имеет рН 6,8.

- В слюне присутствует гидролитический фермент α -амилаза (α -1,4-гликозидаза), расщепляющая в крахмале α -1,4-гликозидные связи.
- Но полное расщепление крахмала не происходит, так как действие фермента на крахмал кратковременно. Кроме того, амилаза слюны не расщепляет α -1,6-гликозидные связи (связи в местах разветвлений), поэтому крахмал переваривается лишь частично с образованием крупных фрагментов - *декстринов* и небольшого количества мальтозы.
- Амилаза слюны не расщепляет связи в дисахаридах.

Альфа-амилаза

- Действие амилазы слюны прекращается в резко кислой среде содержимого желудка (рН 1,5-2,5). Желудочный сок не содержит ферментов, расщепляющих углеводы. В желудочном содержимом возможен лишь незначительный кислотный гидролиз гликозидных связей.
- Последующие этапы переваривания нерасщеплённого или частично расщеплённого крахмала, а также других углеводов пищи происходит в тонком кишечнике в разных его отделах под действием гидролитических ферментов - гликозидаз.

Панкреатическая α -амилаза

В двенадцатиперстной кишке рН среды желудочного содержимого нейтрализуется, так как секрет поджелудочной железы имеет рН 7,5-8,0 и содержит бикарбонаты (HCO_3^-).

С секретом поджелудочной железы в кишечник поступает **панкреатическая α -амилаза**. Этот фермент гидролизует α -1,4-гликозидные связи в крахмале и декстринах. Продукты переваривания крахмала на этом этапе:

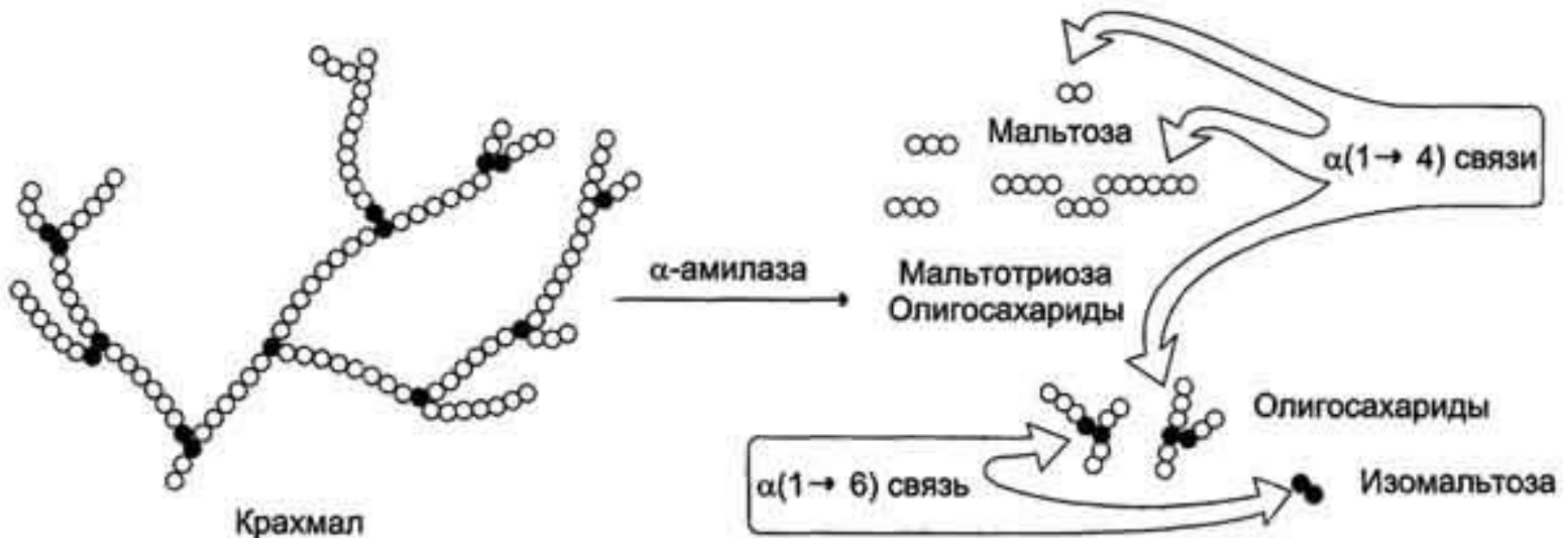
Дисахарид мальтоза, содержащая 2 остатка глюкозы, связанные α -1,4-связью.

Дисахарид изомальтоза образуется из тех остатков глюкозы, которые в молекуле крахмала находятся в местах разветвления и соединены α -1,6-гликозидной связью.

Кроме того, образуются олигосахариды, содержащие 3-8 остатков глюкозы, связанные α -1,4- и α -1,6-связями

Панкреатическая α -амилаза

α -Амилаза поджелудочной железы, не расщепляет α -1,6-гликозидные связи в крахмале. Этот фермент также не гидролизует 3-1,4-гликозидные связи, которыми соединены остатки глюкозы в молекуле целлюлозы. Поэтому целлюлоза, проходит через кишечник неизменённой.



Переваривание углеводов в ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ

Мальтоза, изомальтоза и триозосахариды, образующиеся в верхних отделах кишечника из крахмала, - промежуточные продукты. Дальнейшее их переваривание происходит под действием специфических ферментов в тонком кишечнике. Дисахариды пищи сахароза и лактоза также гидролизуются специфическими дисахаридазами в тонком кишечнике.

Активность специфических ферментов в просвете кишечника низкая. Но ферменты активно действуют на поверхности эпителиальных клеток кишечника. Тонкий кишечник изнутри имеет форму пальцеобразных выростов - ворсинок, покрытых эпителиальными клетками. Эти клетки вместе с ворсинками образуют щёточную каёмку, которая значительно увеличивает площадь контакта содержимого кишечника с ферментами.

Переваривание углеводов в ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ

Ферменты, расщепляющие гликозидные связи в дисахаридах (дисахаридазы), образуют ферментативные комплексы, локализованные на наружной поверхности цитоплазматической мембраны клеток эпителия кишечника.

Всего существует 4 ферментативных комплекса, которые расщепляют гликозидные связи:

- *Сахарозо-изомальтазный комплекс*
- *Гликоамилазный комплекс*
- *β -Гликозидазный комплекс (лактаза)*
- *Трегалаза*

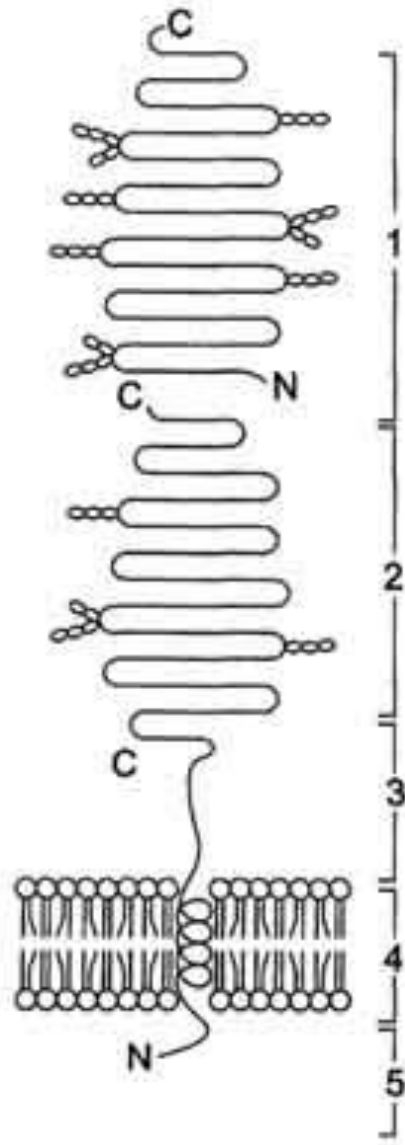
Сахаразо-изомальтазный комплекс

Этот ферментативный комплекс состоит из двух полипептидных цепей и имеет доменное строение.

Сахаразо-изомальтазный комплекс прикрепляется к мембране микроворсинок кишечника с помощью гидрофобного (трансмембранного) домена, образованного N-концевой частью полипептида. Каталитический центр выступает в просвет кишечника. Связь этого пищеварительного фермента с мембраной способствует эффективному поглощению продуктов гидролиза клеткой.

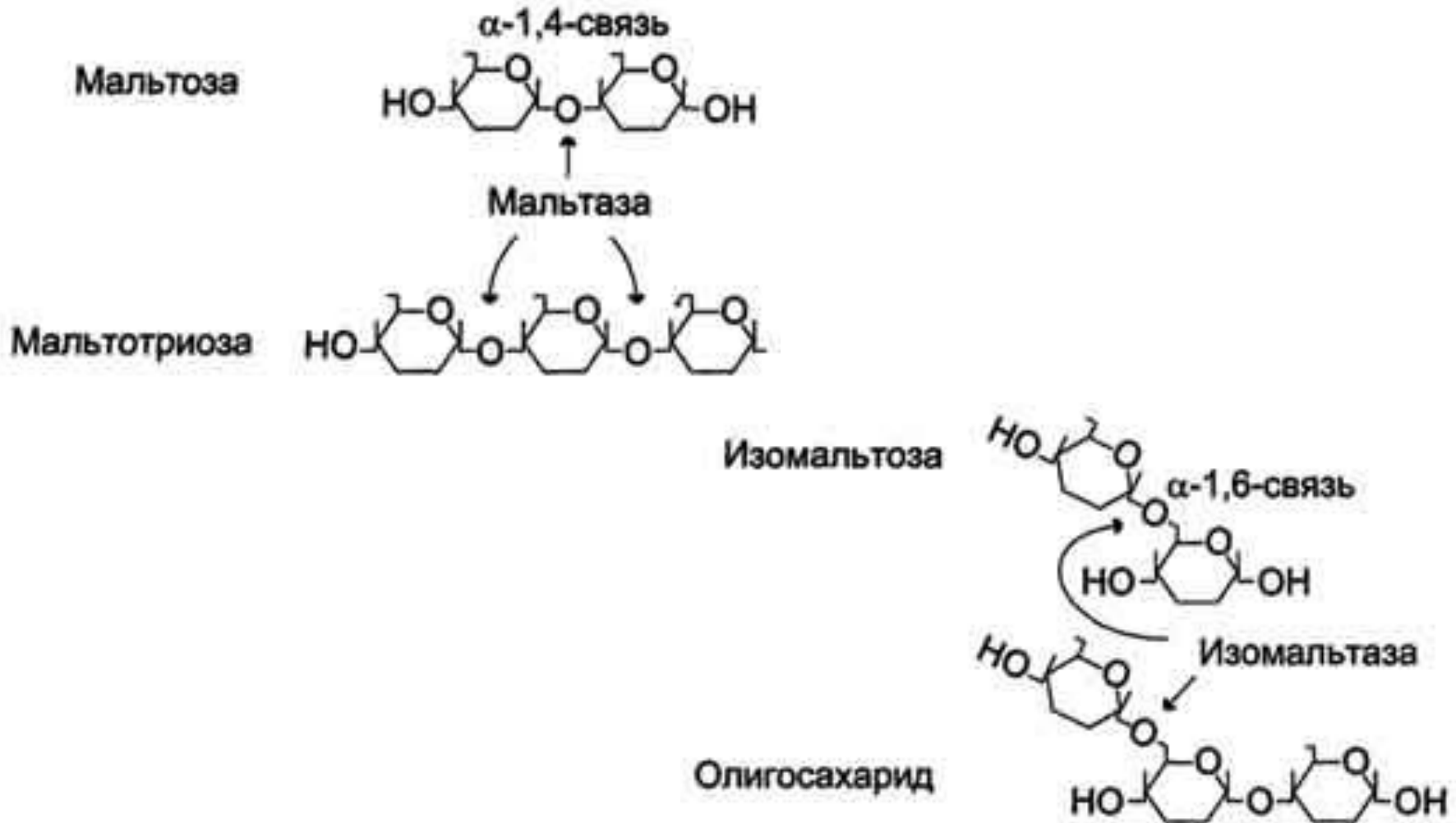
Сахаразо-изомальтазный комплекс гидролизует сахарозу и изомальтозу, расщепляя α -1,2- и α -1,6-гликозидные связи. Кроме того, оба ферментных домена имеют мальтазную и мальтотриазную активности, гидролизуя α -1,4-гликозидные связи в мальтозе и мальтотриозе (трисахарид, образующийся из крахмала). На долю сахаразо-изомальтазного комплекса приходится 80% от всей мальтазной активности кишечника.

Сахарозо-изомальтазный комплекс



- 1 - сахараза;
- 2 - изомальтаза;
- 3 - связывающий домен;
- 4 - трансмембранный домен;
- 5 - цитоплазматический домен.

Действие сахарозо- изомальтазного комплекса



Гликоамилазный комплекс

В гликоамилазный комплекс входят две разные каталитические субъединицы, имеющие небольшие различия в субстратной специфичности. Гликоамилазная активность комплекса наибольшая в нижних отделах тонкого кишечника.

Этот ферментативный комплекс катализирует гидролиз α -1,4-связи между глюкозными остатками в олигосахаридах, действуя с восстанавливающего конца.

Комплекс расщепляет также связи в мальтозе, действуя как мальтаза.

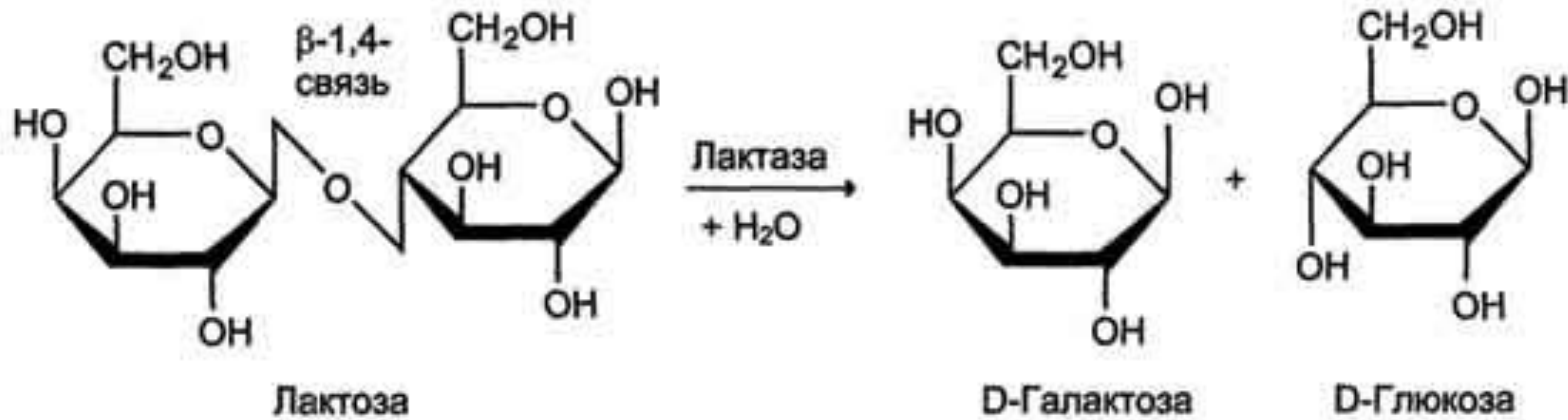
β-Гликозидазный комплекс

β-Гликозидазный комплекс (второе название лактаза) расщепляет β-1,4-гликозидные связи между галактозой и глюкозой в лактозе.

Этот ферментативный комплекс по химической природе является гликопротеином. Лактоза, как и другие гликозидазные комплексы, связана с щёточной каемкой и распределена неравномерно по всему тонкому кишечнику.

Активность лактазы колеблется в зависимости от возраста. Так, активность лактазы у плода особенно повышена в поздние сроки беременности и сохраняется на высоком уровне до 5-7-летнего возраста. Затем активность фермента снижается, составляя у взрослых 10% от уровня активности, характерного для детей.

Действие лактазы на лактозу

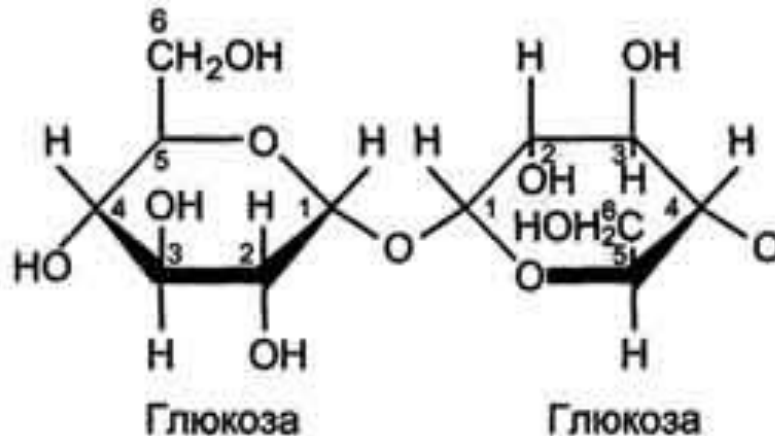


Лактаза расщепляет β -1,4-гликозидные связи между галактозой и глюкозой в лактозе.

Трегалаза

Трегалаза - также гликозидазный комплекс, гидролизующий связи между мономерами в трегалозе - дисахариде, содержащемся в грибах.

Трегалоза состоит из двух глюкозных остатков, связанных гликозидной связью между первыми аномерными атомами углерода:



Трегалаза

При появлении на Земле человека значительную часть его пищи составляли различные виды насекомых, многочисленные водоросли и грибы, которые богаты трегалозой.

Однако в дальнейшем пища человека (за исключением грибов) практически не содержала трегалозу. Поэтому активность кишечной трегалазы должна была в процессе эволюции снижаться, как это произошло, например с активностью целлобиазы. У здорового человека ее активность в слизистой оболочке тонкой кишки в настоящее время в 8 раз ниже, чем активность сахаразы, и в 5 раз ниже, чем активность лактазы.

Однако почему-то подобного снижения активности трегалазы не произошло. У многих хищных млекопитающих (например, у волков) имеется высокая активность кишечной трегалазы. Вполне возможно, что волки при голоде могут есть грибы, однако ради этого организм вряд ли стал тратить энергию на синтез трегалазы.

Продукты переваривания углеводов

Совместное действие всех перечисленных ферментов завершает переваривание полисахаридов с образованием моносахаридов, основной из которых - глюкоза.

Кроме глюкозы, из углеводов пищи также образуются фруктоза и галактоза, в меньшем количестве - манноза, ксилоза, арабиноза.

Общая схема переваривания углеводов

