

Биохимия

Углеводы

Углеводы

По своему строению углеводы являются многоатомными спиртами с альдегидной или кетонной группой (полигидроксиальдегиды и полигидроксикетоны).

Наиболее известные углеводы (крахмал, глюкоза, гликоген) обладают эмпирической формулой $(C_nH_{2n}O)_n$.

Другие представители класса не соответствуют данному соотношению, и даже могут включать атомы азота, серы, фосфора.

Классификация углеводов

Согласно современной классификации углеводы подразделяются на три основные группы: моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

- Моносахариды подразделяются на альдозы и кетозы в зависимости от наличия альдегидной или кетогруппы. Альдозы и кетозы, в свою очередь, разделяются в соответствии с числом атомов углерода в молекуле: триозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т.д.
- Олигосахариды делятся по числу моносахаридов в молекуле: дисахариды, трисахариды и т.д.
- Полисахариды подразделяют на гомополисахариды, т.е. состоящие из одинаковых моносахаров, и гетерополисахариды, состоящие из различных моносахаров.

Классификация углеводов



Функции углеводов

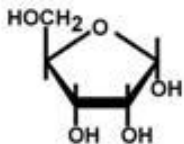
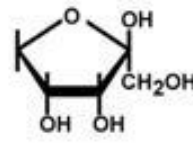
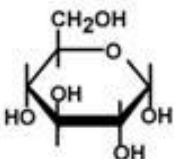
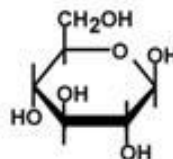
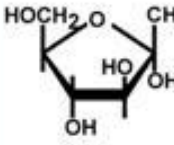
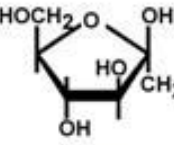
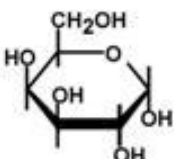
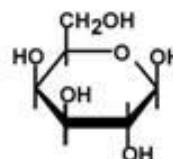
- Энергетическая – преимущество углеводов состоит в их способности окисляться как в аэробных, так и в анаэробных условиях,
- Защитно-механическая – основное вещество трущихся поверхностей суставов, находятся в сосудах и слизистых оболочках,
- Опорно-структурная – целлюлоза в растениях, гликозаминогликаны в составе протеогликанов, например, хондроитинсульфат в соединительной ткани,
- Гидроосмотическая и ионрегулирующая – гетерополисахариды обладают высокой гидрофильностью, отрицательным зарядом и, таким образом, удерживают H_2O , ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ в межклеточном веществе, обеспечивают тургор кожи, упругость тканей,
- Кофакторная – часть углеводов является кофакторами.

Моносахариды

Моносахариды – это углеводы, которые не могут быть гидролизованы до более простых форм углеводов. Т.о. Еще одно определение моносахаридов – это «строительные блоки» для олиго и полисахаров.

В свою очередь моносахариды подразделяются:

- на стереоизомеры по конформации асимметричных атомов углерода – например, L- и D-формы.
- в зависимости от конформации НО-группы первого атома углерода – α - и β -формы.
- в зависимости от числа содержащихся в их молекуле атомов углерода – триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы.
- в зависимости от присутствия альдегидной или кетонной группы – кетозы и альдозы.

	Альдозы	Кетозы
Триозы	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ <p>Глицеральдегид</p>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ <p>Диоксиацетон</p>
Тетрозы	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ <p>Эритроза</p>	
Пентозы	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ <p>Рибоза</p>  <p>Рибоза</p>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ <p>Рибулоза</p>  <p>Рибулоза</p>
Гексозы	 <p>α-Глюкоза</p>  <p>β-Глюкоза</p>	 <p>α-Фруктоза</p>  <p>β-Фруктоза</p>
	 <p>α-Галактоза</p>  <p>β-Галактоза</p>	

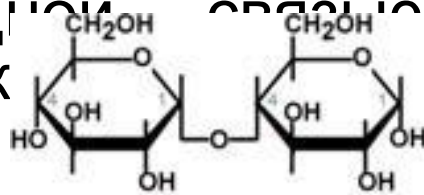
Циклическая форма моносахаров

- Начиная с тетроз моносахариды способны образовывать циклические формы: полуацетали или полукетали, которые образуются в результате внутримолекулярной ацетализации гидроксигруппы и карбонильной группы.
- В результате этого взаимодействия образуется либо 5-членный цикл, содержащий фурановое кольцо (такие соединения называют фуранозами), либо 6-членный цикл, содержащий пирановое кольцо (они носят название пиранозы).
- Образование циклического полуацетала сопровождается появлением ещё одного хирального центра C₁-атома углерода, следовательно, появляется ещё одна пара оптических стереоизомеров, отличающихся расположением гидроксильной группы у C₁-атома углерода. Их обозначают буквами α- и β.

Дисахариды

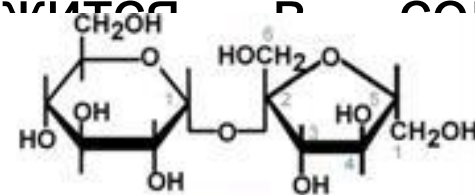
Дисахариды – это углеводы, которые при гидролизе дают две одинаковые или различные молекулы моносахарида и связаны друг с другом гликозидной связью.

- **Сахароза** – пищевой сахар, в которой остатки глюкозы и фруктозы связаны α 1,2-гликозидной связью. В наибольшем количестве содержится в сахарной свекле и тростнике, моркови, ананасах, сорго.
- **Мальтоза** – продукт гидролиза крахмала и гликогена, два остатка глюкозы связаны α 1,4-гликозидной связью. Содержится в солоде, проростках



Мальтоза

α -D-глюкопиранозил-(1-4)-
 α -D-глюкопираноза

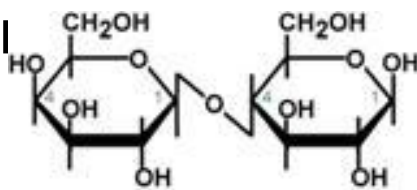


Сахароза

α -D-глюкопиранозил-(1-2)-
 β -D-фруктофуранозид

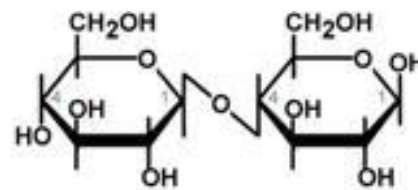
Дисахариды

- **Лактоза** – молочный сахар, остаток галактозы связан с глюкозой β 1,4-гликозидной связью, содержится в молоке.
- **Целлобиоза** – промежуточный продукт гидролиза целлюлозы в кишечнике, в котором остатки глюкозы связаны β 1,4-гликозидной связью. Здоровая микрофлора кишечника способна гидролизовать до 3/4 поступающей сюда целлюлозы до свободной глюкозы, которая либо потребляется самими микроор



Лактоза

β -D-галактопиранозил-(1-4)-
 β -D-глюкопираноза



Целлобиоза

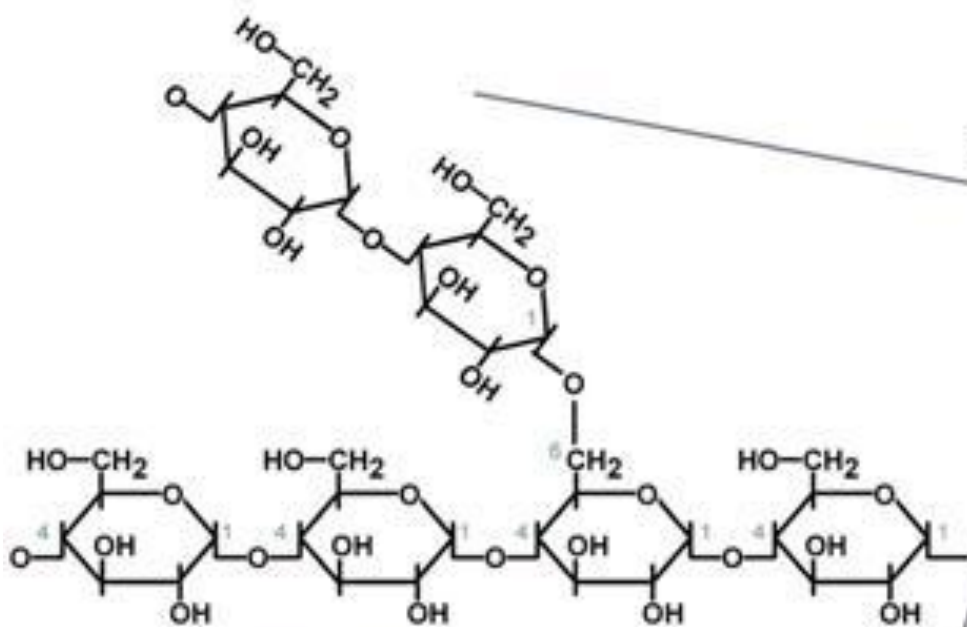
β -D-глюкопиранозил-(1-4)-
 β -D-глюкопираноза

Полисахара

Выделяют гомополисахариды, состоящие из одинаковых остатков моносахаров (крахмал, гликоген, целлюлоза) и гетерополисахариды, включающие разные моносахара.

- Крахмал – гомополимер α -D-глюкозы. Находится в злаках, бобовых, картофеле и некоторых других овощах. Синтезировать крахмал способны почти все растения.
- Гликоген – резервный полисахарид животных тканей, в наибольшей мере содержится в печени и мышцах. Структурно он схож с крахмалом, но, во-первых, длина веточек меньше – 11-18 остатков глюкозы, во-вторых, более разветвлен – через каждые 8-10 остатков. За счет этих особенностей гликоген более компактно уложен, что немаловажно для животной клетки.

Полисахара



Структура крахмала и гликогена

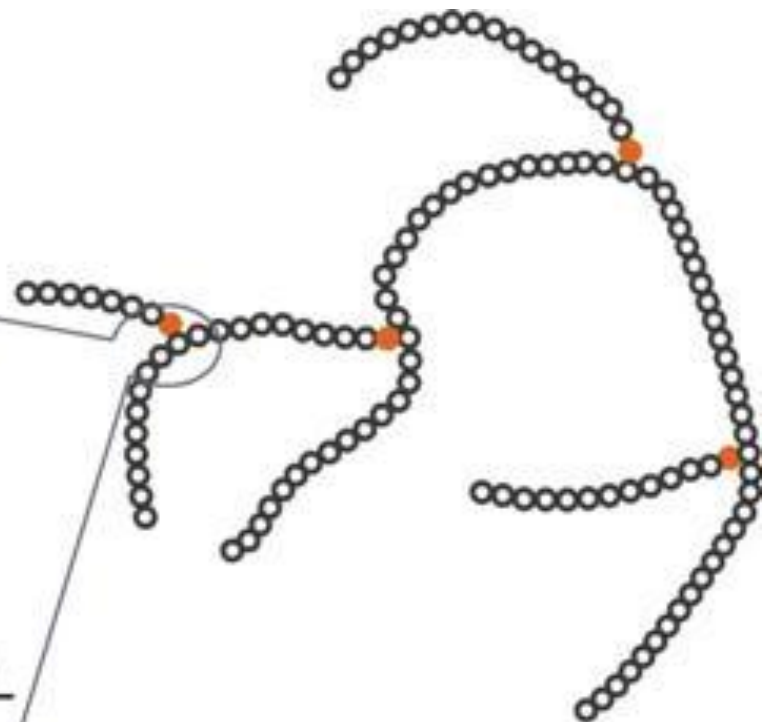
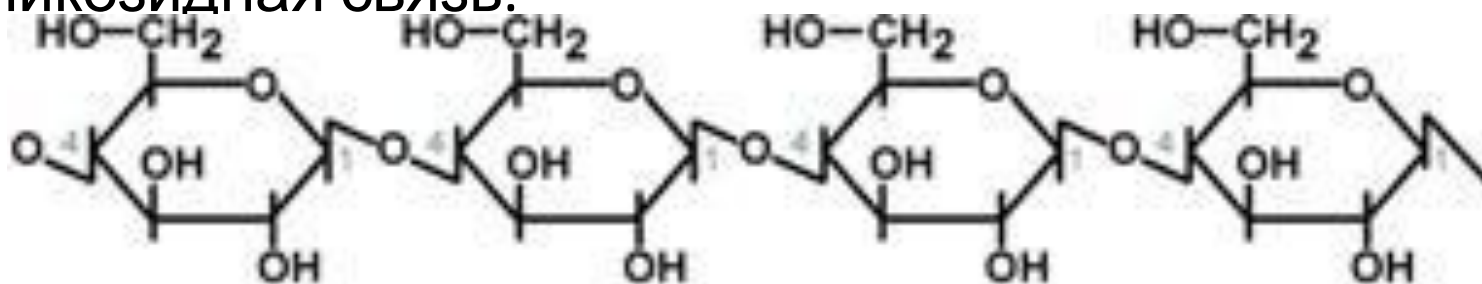


Схема строения гликогена
(красным цветом показаны точки
ветвления – α -1,6-гликозидные связи)

Полисахара

- Целлюлоза является наиболее распространенным органическим соединением биосферы. Около половины всего углерода Земли находится в ее составе. В отличие от предыдущих полисахаридов она является внеклеточной молекулой, имеет волокнистую структуру и абсолютно нерастворима в воде. Единственной связью в ней является β -1,4-гликозидная связь.

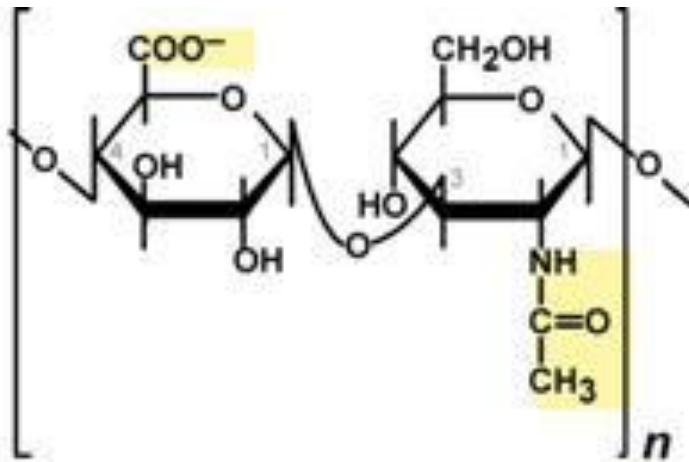


Гетерополисахариды

- Большинство гетерополисахаридов характеризуется наличием повторяющихся дисахаридных остатков. Эти дисахариды включают в себя уроновую кислоту (производное углевода с карбоксильной группой) и аminosахар (производное углеводов с аминогруппой). Дублируясь, они образуют олиго- и полисахаридные цепи – гликаны. В биохимии используются синонимы – кислые гетерополисахариды (так как имеют много кислотных групп), гликозаминогликаны (производные глюкозы, содержат аминогруппы).
- Гликозаминогликаны входят в состав протеогликанов – сложных белков, функцией которых является заполнение межклеточного пространства и удержание здесь воды, что обеспечивает тургор тканей и эластичность хрящей, также они выступают как смазочный и структурный компонент суставов, хрящей, кожи.

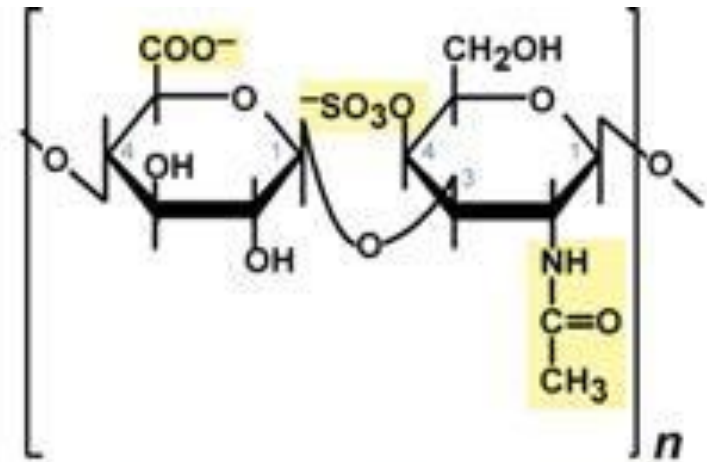
Гетерополисахариды

Строение гиалуроновой и хондроитинсерной кислот:



Гиалуроновая кислота

β -Глюкуронат-(1-3)-N-ацетилглюкозамин



Хондроитин-4-сульфат

β -Глюкуронат-(1-3)-N-ацетилгалактозаминсульфат

Процесс переваривания углеводов

Потребность в углеводах взрослого организма составляет 350-400 г в сутки, при этом целлюлозы и других пищевых волокон должно быть не менее 30-40 г. С пищей в основном поступают крахмал, гликоген, целлюлоза, сахароза, лактоза, мальтоза, глюкоза и фруктоза, рибоза.

- В ротовой полости углеводы расщепляются до декстринов и мальтозы. Дисахариды не гидролизуются. Со слюной сюда поступает кальцийсодержащий фермент α -амилаза. Оптимум ее рН 7,1-7,2, активируется ионами Cl^- . Она беспорядочно расщепляет внутренние гликозидные связи и не влияет на другие типы связей.

Процесс переваривания углеводов

- В желудке из-за низкой рН амилаза инактивируется, хотя некоторое время расщепление углеводов продолжается внутри пищевого комка.
- В полости тонкого кишечника работают совместно панкреатическая α -амилаза, разрывающая внутренние α 1,4-связи, изомальтаза, разрывающая α 1,6-связи изомальтозы, олиго- α 1,6-глюкозидаза, действующая на точки ветвления крахмала и гликогена.

Целлюлоза

Целлюлоза ферментами человека не переваривается. Но в толстом кишечнике под действием микрофлоры до 75% ее количества гидролизуется с образованием целлобиозы и глюкозы. Глюкоза частично используется самой микрофлорой и окисляется до органических кислот (масляной, молочной), которые стимулируют перистальтику кишечника. Частично глюкоза может всасываться в кровь.

Основная роль целлюлозы для человека:

- стимулирование перистальтики кишечника,
- формирование каловых масс,
- стимуляция желчеотделения,
- абсорбция холестерина и других веществ, что препятствует их всасыванию.

Особенности переваривания углеводов детским организмом

У детей первого года жизни из-за недостаточной кислотности желудка слюнная α -амилаза способна попадать в тонкую кишку и участвовать в пищеварении. Поэтому, несмотря на то, что активность α -амилазы поджелудочной железы у новорожденных довольно низкая, младенцы удовлетворительно способны переваривать полисахариды, в том числе и молочных смесей.

Интересной особенностью переваривания углеводов у младенцев является разная скорость гидролиза α -лактозы и β -лактозы.

- β -Лактоза, присутствующая в женском молоке, не полностью гидролизуется в тонкой кишке и достигает нижних отделов тонкого кишечника и толстой кишки. Это определяет, в числе других достоинств грудного вскармливания, появление оптимальной кишечной микрофлоры.
- В коровьем молоке преобладает α -лактоза, которая быстро расщепляется уже в верхних отделах тонкого кишечника и быстрее всасывается. Поэтому "искусственники" более склонны к ожирению, чем младенцы со здоровым грудным питанием.