

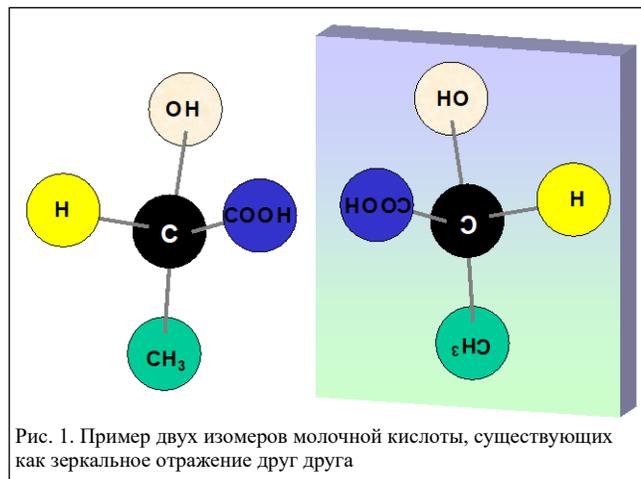
Заметка №102. Структура и функция углеводов

Введение. Углеводы представляют собой весьма разнообразную группу соединений, повсеместно встречающихся в природе. Более 75% сухой массы растений приходится на углеводы, в частности, на целлюлозу и лигнин. С химической точки зрения углеводы являются молекулами, состоящими из углерода наряду с водородом и кислородом, обычно представленными в той же пропорции, что и в воде (H₂O). Типичные углеводы состоят из нитей или цепочек моносахаридов, т. е. из цепочек отдельных сахаров. Моносахарид (моно = один, сахарид = сахар) является наименьшей углеводной единицей. Тип моносахаридов в цепочке, длина цепочки и метод присоединения определяют состав углевода.

Перечень сахаридов, помимо прочего, включает в себя следующие.

- Моносахариды — одиночные молекулы, обычно с 5 или 6 атомами углерода.
 - Пентозы — сахара с 5 атомами углерода, в их группу входят арабиноза, ксилоза и рибоза.
 - Гексозы — сахара с 6 атомами углерода, в их группу входят глюкоза, фруктоза, галактоза и манноза.
 - Дисахариды — сахара, содержащие 2 вида моносахаридов.
 - Сахароза = глюкоза + фруктоза.
 - Мальтоза = глюкоза + глюкоза.
 - Лактоза = глюкоза + галактоза.
 - Трисахариды — комбинации трех моносахаридов.
 - Полисахариды — комбинации большого числа моносахаридов в сложной трехмерной форме.
- Примеры полисахаридов

- Гликоген — трехмерные цепочки глюкозы, вырабатываемые печенью и откладывающиеся в печени и мышцах. Гликоген служит резервом глюкозы для организма животных. У жвачных животных гликоген обеспечивает критический запас глюкозы. Из-за процесса микробной ферментации в рубце взрослые жвачные не абсорбируют глюкозу из пищеварительного тракта в сколько-нибудь существенных объемах.
- Крахмал — трехмерные цепочки глюкозы, откладывающиеся в растениях. Как и гликоген, крахмал является одним из резервных источников глюкозы для растений. Он хорошо усваивается животными и является непосредственным источником глюкозы.
- Целлюлоза — линейные цепочки глюкозы, вырабатываемые растениями. Молекулы глюкозы в целлюлозе соединены вместе не так, как в крахмале, что меняет свойства молекулы. Целлюлоза не может перевариваться ферментами, вырабатываемыми млекопитающими. Однако некоторые бактерии вырабатывают целлюлазу — фермент, расщепляющий целлюлозу.



- Лигнин — полисахарид, входящий в состав древесной части растений. Початки, колосья, а также древесные части деревьев и кустарников содержат этот сложный углевод. Лигнин по большей части не усваивается организмом, и поэтому не является доступным для животных. Некоторые специалисты относят лигнин к отдельной категории соединений из-за сложности его химической структуры.

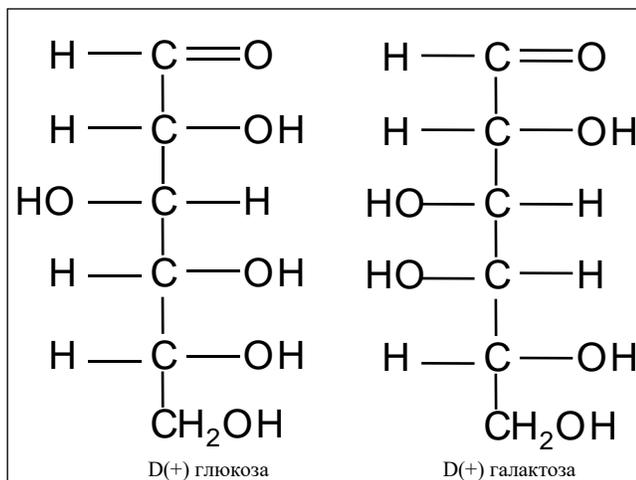
Важным моментом в описании свойств сахаров является их способность к преломлению (или вращению) источника поляризованного света в одном из двух направлений, когда свет преломляется в направлении по часовой стрелке (или в правую сторону; правовращающие вещества) и в направлении против часовой стрелки (или в левую сторону; левовращающие вещества). Правовращающие вещества часто отмечаются знаком «+», а левовращающие — знаком «-». Модель молочной кислоты (рис. 1) является примером существования двух в остальном схожих молекул. Эта ситуация напоминает две перчатки — одну для правой и вторую для левой руки. В дополнение к обозначениям «+» и «-» для сахаров, многие из них также обозначаются D и L, что является сокращением от dextrorotatory («правовращающий») и levorotatory («левовращающий») соответственно. При этом не все сахара с обозначением D также могут обозначаться знаком «+», и не все сахара с обозначением L обозначаются знаком «-», поэтому необходимо использовать обе буквы и оба знака при упоминании тех или иных сахаров.

Некоторые из наиболее важных видов пентоз и гексоз указаны в таблице ниже.

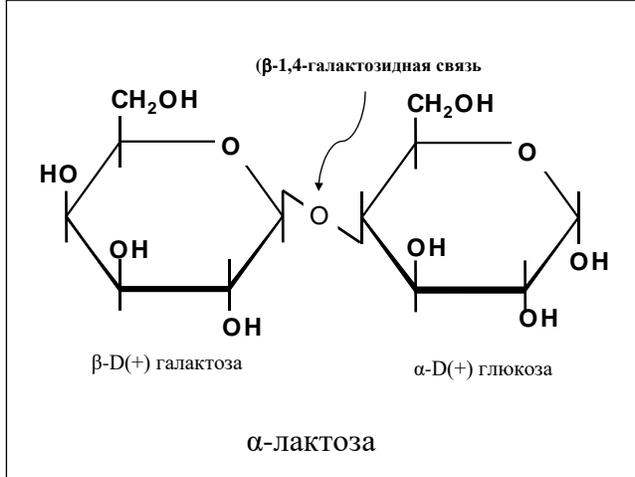
Сахар	Источники	Важность
Пентозы		
D-рибоза	Нуклеиновые кислоты	Структурный компонент ДНК, РНК, АТФ, НАД и НАДФ
D-рибулоза	Формируется в процессе метаболизма	Играет «посредническую» роль в метаболических процессах
D-арабиноза	Гуммиарабик	Функция неизвестна
D-ксилоза	Древесные смолы	Функция неизвестна
Гексозы		
D-глюкоза	Гидролиз крахмала, лактозы, фруктового сока	Основной сахар в организме, используется в тканях
D-галактоза	Гидролиз лактозы	Преобразуется в глюкозу
D-манноза	Гидролиз растительных маннозанов и смол	Составная часть альбуминов, глобулинов и мукопротеинов
D-фруктоза	Фруктовые соки, мед, гидролиз тростникового сахара	Преобразуется в глюкозу в печени и кишечнике

Сахара обычно не существуют в природе в линейных цепочках, как показано на рис. 2. Вместо этого они обычно существуют в виде кольцевой структуры, которая может иметь альфа- или бета-форму, в зависимости от того, как сформированы кольца.

Наиболее распространенным углеводом в рационе телят в преджвачный период является лактоза. Лактоза является дисахаридом, состоящим из глюкозы и галактозы (см. рисунок) и является основным сахаром в молоке.



Коммерческий заменитель молока также содержит значительное количество лактозы, которая обычно берется из молочной сыворотки или сывороточных фракций. Типичный заменитель

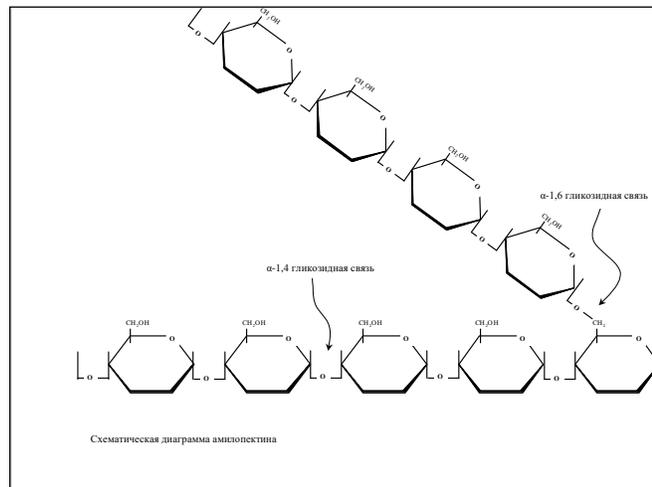


цельного молока содержит около 40% лактозы в пересчете на воздушно-сухое состояние. С другой стороны, цельное молоко содержит примерно 4,9% лактозы / 12,5% СВ в молоке = 39,2% в пересчете на воздушно-сухое состояние. Два моносахарида в составе лактозы (глюкоза и галактоза) комбинируются в дисахарид с помощью специфического типа химической связи. Эта связь (β -1,4-галактозидная связь) соединяет два моносахарида, формируя один дисахарид. Существуют другие типы химических связей (α -1,4-связь), используемых для объединения других дисахаридов.

Полисахариды являются очень крупными молекулами, состоящими из очень больших (иногда сложных) структур моносахаридов. Полисахаридами являются крахмал, целлюлоза и лигнин.

Крахмал состоит из больших нитей молекул глюкозы. Существует множество типов крахмалов с различными общими структурами. Однако двумя основными составляющими крахмала являются амилоза и амилопектин. Амилоза состоит из линейных цепочек глюкозы, соединенных α -1,4-гликозидными связями. Согласно некоторым данным, амилоза на самом деле не является линейной, и даже может иметь спиральную структуру. В части длины амилоза может включать в себя от нескольких сотен до нескольких тысяч единиц глюкозы. Амилопектин, с другой стороны, состоит из молекул глюкозы, соединенных в разветвленные структуры α -1,6-гликозидными связями. Эти связи позволяют амилопектину разветвляться в гораздо более сложные структуры по сравнению с простыми линейными цепочками глюкозы. Большинство коммерческих видов крахмала (картофельный, кукурузный) содержат примерно 25% амилозы, а их остальную часть составляет амилопектин.

Целлюлоза является основным структурным компонентом растений. Она находится главным образом в клеточных стенках и является основным компонентом клетчатки в составе кормов для животных. Структура целлюлозы аналогична структуре амилозы в крахмале, т. е. представляет собой линейные цепочки глюкозы, за исключением того, что в ней молекулы глюкозы соединяются β -1,4-гликозидными связями. Эти связи являются причиной, по которой люди (а также телята в преджвачный период) не могут переваривать целлюлозу. Взрослый скот может переваривать целлюлозу, так как бактерии рубца содержат фермент целлюлазу, способный к гидролизу этих связей.



Лигнин фактически представляет собой класс соединений, обеспечивающих древесную структуру клеточных стенок. Большинство ученых не считают лигнин углеводом. Характеристики лигнина изменяются в зависимости от вида растений, зрелости и способа определения. При этом лигнин явно важен для питания, так как является компонентом, ограничивающим усвояемость источников клетчатки, таких как сено и силос.

Клеточные стенки растений являются сложными образованиями, состоящими из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Этот факт существенно влияет на общую усвояемость клетчатки. Пропорция каждого компонента зависит от вида и возраста растений. Химическое определение структурных углеводов растений обычно включает в себя определение кислотно- или нейтрально-детергентной клетчатки.

У новорожденных телят молочных пород отсутствует микробная популяция в рубце, способная ферментировать целлюлозу и гемицеллюлозу в летучие жирные кислоты, которые могут использоваться как источник энергии. Развитие функции рубца и становление бактериальной популяции играют важную роль в обеспечении возможности использования телятами этих источников углеводов.