

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КОЛЛЕДЖ



ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ БИОПОЛИМЕРОВ

Учебно-методическое пособие



Ростов-на-Дону
2017

УДК 613.2(075.8)
ББК 51.23Я7
Ш-25

Основные классы биополимеров: учеб.-метод. пособие / сост.: А.А. Сатырова; ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, колледж. – Ростов н/Д: Изд-во РостГМУ, 2017. – 48 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.03 Проведение лабораторных биохимических исследований МДК.03.01 Теория и практика лабораторных биохимических исследований.

Предназначено для самоподготовки обучающихся по специальности 31.02.03 Лабораторная диагностика.

Рецензенты:

Нагорная Г.Ю., кандидат медицинских наук, заведующая клинико-диагностической лабораторией ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, председатель Регионального отделения Российской ассоциации медицинской лабораторной диагностики, врач высшей категории.

Михайленко Н.В., преподаватель колледжа ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России.

Утверждено центральной методической комиссией ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России. Протокол № 7 от 11.05.2017г.

Рассмотрено и рекомендовано к печати на заседании методического совета колледжа ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России. Протокол № 3 от 25 января 2017 г.

Одобрено на заседании Цикловой комиссии лабораторной диагностики и фармации колледжа ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России. Протокол № 5 от 21 декабря 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предмет и задачи биохимии.....	3
Глава №1. Основные биомолекулы организма.....	4
Глава №2. Белки.....	5
2.1. Аминокислотный состав белков.....	5
2.2. Определение, функции и классификация белков.....	9
2.3. Уровни структурной организации белков.....	11
2.3.1. Первичная структура белка.....	12
2.3.2. Вторичная структура белка.....	13
2.3.3. Третичная структура белка.....	14
2.3.4. Четвертичная структура белка.....	15
2.4. Физико-химические свойства белков.....	17
Глава №3. Углеводы.....	23
3.1. Строение, функции и классификация углеводов.....	23
3.2. Моносахариды.....	24
3.3. Дисахариды.....	26
3.4. Полисахариды.....	27
Глава №4. Липиды.....	33
4.1. Строение и классификация липидов.....	33
4.2. Функции липидов.....	34
4.3. Высшие жирные кислоты.....	34
4.4. Триацилглицеролы.....	37
4.5. Фосфолипиды.....	38
4.5.1. Глицерофосфолипиды.....	39
4.5.2. Сфингофосфолипиды.....	39
4.6. Гликолипиды.....	40
4.7. Стероиды.....	41
Список рекомендуемой литературы.....	47

Предмет и задачи биохимии

Биохимия – это наука, которая изучает состав, строение, свойства веществ живой природы, а также их превращения в процессе жизнедеятельности живых объектов с целью познания молекулярных основ жизни.

Термин «биохимия» был введен Карлом Нейбергом в 1903 г., что свидетельствует о том, что наука связана, как с биологией, так и с химией. Это химия, поскольку она изучает строение, состав, свойства и превращение веществ, а биологическая потому, что изучает только те вещества, которые встречаются и подвергаются превращениям в живой природе.

В зависимости от подхода к изучению живой материи биохимию делят на статическую, динамическую и функциональную.

1. Статическая биохимия изучает химический состав организмов и структуру составляющих их молекул (белков, аминокислот, нуклеиновых кислот, нуклеотидов, углеводов и их производных, липидов, витаминов, гормонов).

2. Динамическая биохимия изучает химические реакции, представляющие обмен веществ (метаболизм), а именно пути превращения молекул и механизмы происходящих между ними реакций.

3. Функциональная биохимия изучает биохимические реакции, лежащие в основе физиологических функций. Она изучает биохимические основы переваривания питательных веществ в желудочно-кишечном тракте; механизмы мышечного сокращения, проведения нервного импульса, дыхательной функции крови, регуляции кислотно-щелочного равновесия, функции печени и почек, иммунной системы и др.

Все указанные разделы неразрывно связаны друг с другом и являются частями одной и той же науки – современной биохимии.

Биологическая химия решает большое число задач. Поскольку в основе жизнедеятельности здорового организма лежит сложнейшая совокупность биохимических реакций, то при патологии нормальное течение биохимических реакций, как правило, нарушается. В связи с чем, возникает необходимость исследовать состояние обмена веществ не только в норме, но и при патологии. Главные задачи современной биохимии:

1. Познание молекулярных механизмов физиологических, генетических и иммунологических процессов жизнедеятельности в норме и при патологии и действия на организм различных факторов.

2. Совершенствование методов профилактики, диагностики и лечения заболеваний.

3. Разработка новых лекарственных средств, нормализующих обменные процессы.

4. Разработка научных основ, рационального, сбалансированного питания, здорового образа жизни.

Глава 1. Основные биомолекулы организма

Биосфера Земли насчитывает около 1,2 млн. видов животных, в том числе и человека, а также более 500 тыс. видов растений. В живых организмах содержится около 40 различных химических элементов. 99% элементного состава живых организмов представляют такие элементы как углерод (С), кислород (О), водород (Н), азот (N), фосфор (Р) и сера (S). Из этих химических элементов (биоэлементов или органогенов) образуется весь спектр биоорганических соединений. Некоторые элементы входят в состав живых организмов в свободном состоянии в качестве макроэлементов (Na, K, Ca, Mg, Cl), микроэлементов (Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Se, F, Mo), и ультрамикроэлементов (Se, U, Hg, Ra, Au, Ag).

Первое место среди химических соединений занимает вода. В организме человека вода составляет около 60% массы тела. Основная часть макро- и микроэлементов находится в виде водных растворов и в большинстве случаев – в комплексе с органическими соединениями.

Биомолекулы – органические соединения, входящие в состав организмов, образующие клеточные структуры и участвующие в биохимических реакциях обмена веществ. Функции биомолекул в живых организмах:

1) участие в реакциях обмена веществ в роли промежуточных продуктов (метаболитов). Например, аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты и др.;

2) участие в образовании сложных молекул (белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов) или биологических структур (мембран, рибосом, ядерного хроматина и др.);

3) участие в регуляции биохимических процессов и функций отдельных клеток и организма в целом (витамины, гормоны, циклические нуклеотиды цАМФ, цГМФ и др.).

Основные классы биомолекул:

Белки – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом, при синтезе в большинстве случаев используется 20 стандартных аминокислот. Множество их комбинаций создают молекулы белков с большим разнообразием свойств.

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 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Другие представители класса не соответствуют данному соотношению, и даже могут включать атомы азота, серы, фосфора. Углеводы весьма обширный класс

органических соединений, среди них встречаются вещества с сильно различающимися свойствами. Это позволяет углеводам выполнять разнообразные функции в живых организмах.

Липиды – обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества. Молекулы простых липидов состоят из спирта и жирных кислот, сложных – из спирта, высокомолекулярных жирных кислот и других компонентов. Содержатся во всех живых клетках. Будучи одним из основных компонентов биологических мембран, липиды влияют на проницаемость клеток и активность многих ферментов, участвуют в передаче нервного импульса, в мышечном сокращении, создании межклеточных контактов, в иммунохимических процессах.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение биологической химии, назовите ее задачи, объект изучения и задачи, структуру, связь с другими науками.
2. Расскажите о химическом составе живых организмов.
3. Дайте определение понятию биомолекул.
4. Назовите функции основных биомолекул в организме человека.
5. Перечислите и дайте краткую характеристику основным биомолекул.

Глава 2. Белки

2.1. Аминокислотный состав белков

Аминокислоты – органические соединения, являются мономерами белков, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы. Аминокислоты могут рассматриваться как производные карбоновых кислот, в которых один или несколько атомов водорода заменены на аминогруппы (Рис. 1).

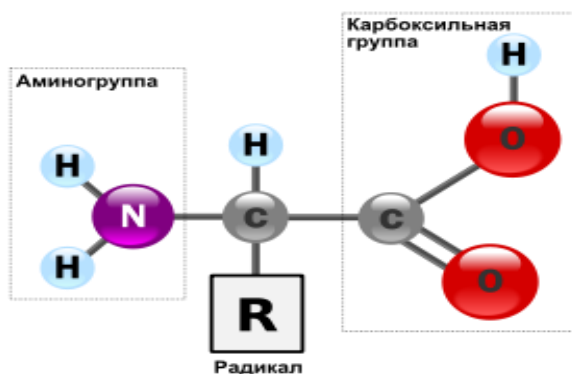


Рисунок 1. Схематическое строение аминокислот

В аминокислотах обязательно присутствует карбоксильная группа (COOH), аминогруппа (NH₂), асимметричный атом α-углерода и боковая цепь (радикал R). Строением боковой цепи аминокислоты и отличаются друг от друга. Именно радикал придает аминокислотам большое разнообразие строения и свойств.

Среди многообразия аминокислот только 20 участвует во внутриклеточном синтезе белков, они называются протеиногенными аминокислотами.

Классификация аминокислот по строению бокового радикала (Табл. 1):

1. алифатические (аланин, валин, лейцин, изолейцин, пролин, глицин),
2. ароматические (фенилаланин, тирозин, триптофан),
3. серосодержащие (цистеин, метионин),
4. содержащие OH-группу (серин, треонин, опять тирозин),
5. содержащие дополнительную COOH-группу (аспарагиновая и глутаминовая кислоты),
6. дополнительную NH₂-группу (лизин, аргинин, гистидин, также глутамин, аспарагин).

Табл. 1 Классификация аминокислот.

неполярные		Полярные	
Алифатические		Незаряженные	Отрицательно заряженные
Аланин Ала, А	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глицин Гли, G	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Валин Вал, V	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Серин Сер, S	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \text{OH} \end{array}$
Лейцин Лей, L	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Треонин Тре, T	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \text{OH} \end{array}$
Изолейцин Иле, J	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Цистеин Цис, C	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{SH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Метионин Мет, M	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глутамин Глн, Q	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Пролин Про, P	$\text{HOOC}-\text{CH} \begin{array}{c} \diagup \\ \text{NH} \\ \diagdown \end{array} \text{C}_4\text{H}_7$	Аспарагин Асн, N	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
			Положительно заряженные
			Лизин Лиз, K
			$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
			Аргинин Арг, R
			$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}(=\text{NH})-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
			Гистидин Гис, H
			$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}_4\text{H}_3\text{N} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
			Ароматические
Фенилаланин Фен, F	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Тирозин Тир, Y	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
		Триптофан Три, W	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

Аминокислоты способны соединяться между собой связями, которые называются пептидными, при этом образуется полимерная молекула. Если количество аминокислот не превышает 10, то новое соединение называется пептид; если от 10 до 50 аминокислот – полипептид, если более 50 аминокислот – белок.

Пептидная связь – это связь между α -карбоксильной группой одной аминокислоты и α -аминогруппой другой аминокислоты (Рис. 2).

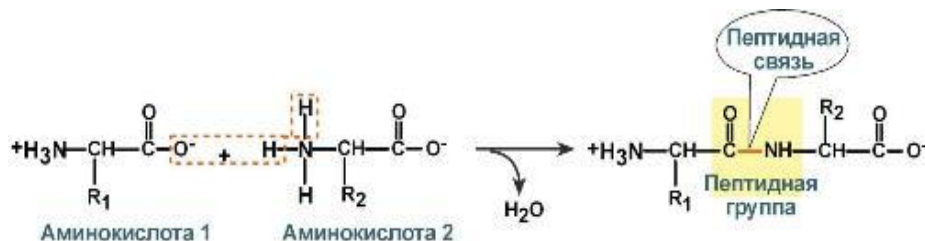


Рисунок 2. Реакция образования дипептида

При необходимости назвать пептид ко всем названиям аминокислот добавляют суффикс «-ил», только последняя аминокислота сохраняет свое название неизменным. Например, аланил-серил-триптофан или глутаминил-цистеинил-глицин.

К свойствам пептидной связи относятся:

1. Копланарность (Рис. 3)

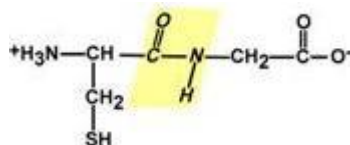


Рисунок 3. Копланарное расположение атомов «Н» и «О» в пептидной группе цистеилглицина

Все атомы, входящие в пептидную группу находятся в одной плоскости, при этом атомы «Н» и «О» расположены по разные стороны от пептидной связи.

2. Транс-положение заместителей (Рис. 4)

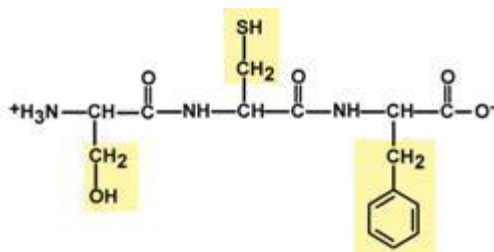


Рисунок 4. Транс-положение радикалов в трипептиде – серилцистеилфенилаланин

Радикалы аминокислот по отношению к оси С-Н связи находятся по «разные» стороны, в транс-положении.

3. Две равнозначные формы (Рис. 5)



Рисунок 5. Кетоформа и енольная форма пептидных связей

4. Способность к образованию водородных связей (Рис. 6).

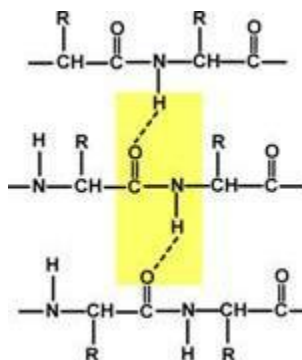


Рисунок 6. Образование водородных связей между различными пептидными группами

Атомы углерода и азота, входящие в пептидную связь обладают способностью образовывать две водородные связи с другими пептидными группами.

5. Пептидная связь имеет частично характер двойной связи (Рис. 7).

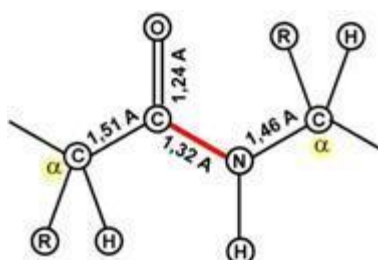


Рисунок 7. Строение пептидной связи в молекулах белков

Длина пептидной связи меньше, чем одинарной связи, она является жесткой структурой, и вращение вокруг нее затруднено. Но так как, кроме пептидной, в белке есть и другие связи, цепочка аминокислот способна вращаться вокруг основной оси, что придает белкам различную конформацию.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что такое аминокислота?
2. Дайте характеристику аминокислот по строению бокового радикала.
3. Дайте определение пептидной связи.
4. Перечислите основные свойства пептидных связей

2.2. Определение, функции и классификация белков

Белки (протеины, полипептиды) – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединённых в цепочку пептидной связью.

Работа и функции белков лежат в основе структуры любого организма и всех протекающих в нем жизненных реакций. Любые нарушения этих белков приводят к изменению самочувствия и нашего здоровья. Необходимость изучения строения, свойств и видов белков кроется в многообразии их функций.

1. Структурная функция. Вещество соединительной ткани и межклеточный матрикс формируют белки коллаген, эластин, кератин, протеогликаны. Непосредственно участвуют в построении мембран и цитоскелета (интегральные, полуинтегральные и поверхностные белки)- спектрин (поверхностный, основной белок цитоскелета эритроцитов), гликофорин (интегральный, фиксирует спектрин на поверхности). К данной функции можно отнести участие в создании органелл – рибосомы.

2. Ферментативная функция. Практически все ферменты являются белками.

3. Гормональная функция. Регуляцию и согласование обмена веществ в разных клетках организма осуществляют гормоны. Такие гормоны как инсулин и глюкагон являются белками, все гормоны гипофиза являются пептидами или небольшими белками.

4. Рецепторная функция. Эта функция заключается в избирательном связывании гормонов, биологически активных веществ и медиаторов на поверхности мембран или внутри клеток.

5. Транспортная функция. Только белки осуществляют перенос веществ в крови, например, липопротеины (перенос жира), гемоглобин (транспорт кислорода), гаптоглобин (транспорт гема), трансферрин (транспорт железа). Белки транспортируют в крови катионы кальция, магния, железа, меди и другие ионы.

Транспорт веществ через мембраны осуществляют белки:

- Na^+ , K^+ -АТФаза (антинаправленный трансмембранный перенос ионов натрия и калия),
- Ca^{2+} -АТФаза (выкачивание ионов кальция из клетки), глюкозные транспортеры.

6. Резервная функция. В качестве примера депонированного белка можно привести производство и накопление в яйце яичного альбумина. У животных и человека таких специализированных депо нет, но при длительном голодании используются белки мышц, лимфоидных органов, эпителиальных тканей и печени.

7. Сократительная функция. Существует ряд внутриклеточных белков, предназначенных для изменения формы клетки и движения самой клетки или ее органелл (актин, миозин).

8. Защитная функция. Защитную функцию, предупреждая инфекционный процесс и сохраняя устойчивость организма, выполняют иммуноглобулины крови, факторы системы комплемента (пропердин), при повреждении тканей работают белки свертывающей системы крови – например, фибриноген, протромбин, антигемофильный глобулин. Механическую защиту в виде слизистых и кожи осуществляют коллаген и протеогликаны. К данной функции также можно отнести поддержание постоянства коллоидно-осмотического давления крови, интерстиция и внутриклеточных пространств, а также иные функции белков крови.

Благодаря необъятному количеству возможных комбинаций при синтезе белка из 20 аминокислот существует множество разнообразных аминокислотных последовательностей, каждая из которых потенциально соответствует определенному белку. Все эти белки легко сгруппировать по отдельным классам, выделяя определенный признак – функцию или особенности строения.

В соответствии с биологическими функциями выделяют:

1. структурные белки (коллаген, кератин),
2. ферментативные (пепсин, амилаза),
3. транспортные (трансферрин, альбумин, гемоглобин),
4. пищевые (белки яйца, злаков),
5. сократительные и двигательные (актин, миозин, тубулин),
6. защитные (иммуноглобулины, тромбин, фибриноген),
7. регуляторные (соматотропный гормон, адренкортикотропный гормон, инсулин).

В зависимости от формы молекулы выделяют глобулярные и фибриллярные белки (Рис. 8). В глобулярных белках соотношение продольной и поперечной осей составляет <10 и в большинстве случаев не более 3-4. Эти белки характеризуются компактной трехмерной укладкой полипептидных цепей. Например: инсулин, альбумин, глобулины плазмы крови.

Фибриллярные белки имеют соотношение осей более 10. Они состоят из пучков полипептидных цепей, спиралью навитых друг на друга и связанные между собой поперечными ковалентными и водородными связями. Выполняют защитную и структурную функции. Например: кератин, миозин, коллаген.

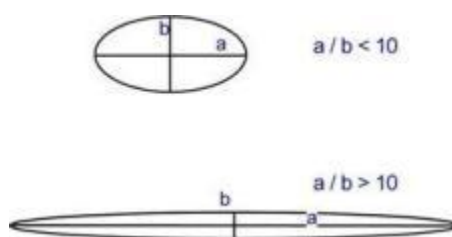


Рисунок 8. Соотношение продольных и поперечных осей в глобулярных и фибриллярных белках

По количеству белковых цепей в одной молекуле выделяют мономерные белки, которые имеют одну субъединицу (протомер) и полимерные белки, имеющие несколько субъединиц. Например, к мономерным белкам относятся альбумины, миоглобин, к полимерным – гемоглобин (4 субъединицы), креатинкиназа (2 субъединицы),

По химическому составу все белки подразделяют на простые и сложные.

Простые белки содержат в структуре только аминокислоты (альбумины, глобулины, гистоны, протамины).

Сложные белки, кроме аминокислот, имеют небелковые компоненты (нуклеопротеины, фосфопротеины, металлопротеины, липопротеины, хромопротеины, гликопротеины).

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение белкам.
2. Назовите функции белков, приведите примеры.
3. Приведите классификацию белков в зависимости от формы.
4. Приведите классификацию белков по химическому составу и по выполняемым функциям.

2.3. Уровни структурной организации белков

Линейная молекула белка, образуемая при соединении аминокислот в цепь, является первичной структурой. Образно ее можно сравнить с обычной нитью, на которую навешено до нескольких сотен бусинок двадцати различных цветов (по числу аминокислот).

Последовательность и соотношение аминокислот в первичной структуре определяет дальнейшее поведение молекулы: ее способность изгибаться, сворачиваться, формировать те или иные связи внутри себя. Формы молекулы, создаваемые при свертывании, последовательно могут принимать вторичный, третичный и четвертичный уровни организации (Рис. 9).



Рисунок 9. Схематическое представление последовательности укладки белков в четвертичную структуру

На уровне вторичной структуры белковые «бусы» способны укладываться в виде спирали (подобно дверной пружине) и в виде складчатого слоя, когда «бусы» уложены змейкой и удаленные части бус оказываются рядом.

Укладка белка во вторичную структуру плавно переходит к формированию третичной структуры. Это отдельные глобулы, в которых белок уложен компактно, в виде трехмерного клубка.

Некоторые белковые глобулы существуют и выполняют свою функцию не поодиночке, а группами по две, три и более штук. Такие группы называются четвертичной структурой белка.

2.3.1. Первичная структура белка

Объединение аминокислот через пептидные связи создает линейную полипептидную цепь, которая называется первичной структурой белка (Рис. 10).

Первичная структура белков, т.е. последовательность аминокислот в нем, программируется последовательностью нуклеотидов в ДНК. Выпадение, вставка, замена нуклеотида в ДНК приводит к изменению аминокислотного состава и, следовательно, структуры синтезируемого белка.

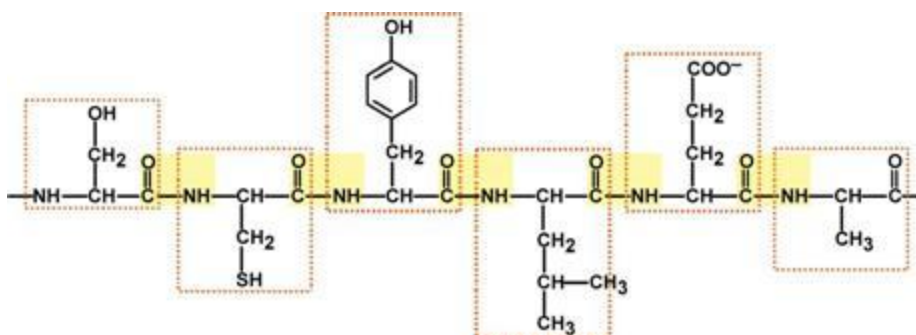


Рисунок 10. Участок белковой цепи длиной в 6 аминокислот (Сер-Цис-Тир-Лей-Глу-Ала) (пептидные связи выделены желтым фоном, аминокислоты - рамкой)

Если изменение последовательности аминокислот носит не летальный характер, а приспособительный или хотя бы нейтральный, то новый белок может передаваться по наследству и остаться в популяции. В результате возникают новые белки с похожими функциями. Такое явление называется полиморфизм белков.

2.3.2. Вторичная структура белка

Вторичная структура белка – это способ укладки полипептидной цепи в более компактную структуру, при которой происходит взаимодействие пептидных групп с образованием между ними водородных связей.

Формирование вторичной структуры вызвано стремлением пептида принять конформацию с наибольшим количеством связей между пептидными группами. Тип вторичной структуры зависит от устойчивости пептидной связи, подвижности связи между центральным атомом углерода и углеродом пептидной группы, размером аминокислотного радикала.

Можно выделить два возможных варианта вторичной структуры: α -спираль (α -структура) и β -складчатый слой (β -структура). В одном белке, как правило, присутствуют обе структуры, но в разном доленом соотношении. В глобулярных белках преобладает α -спираль, в фибриллярных – β -структура.

Вторичная структура образуется только при участии водородных связей между пептидными группами: атом кислорода одной группы реагирует с атомом водорода второй, одновременно кислород второй пептидной группы связывается с водородом третьей (Рис. 11).

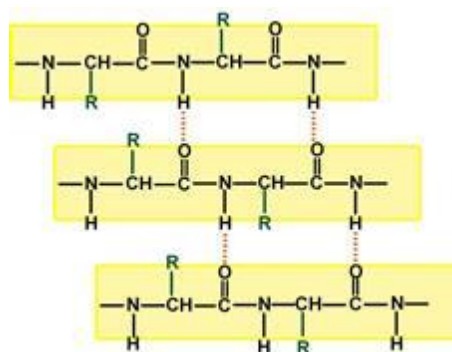


Рисунок 11. Участие водородных связей в формировании вторичной структуры α -Спираль является правозакрученной спиралью, образуется при помощи водородных связей между пептидными группами 1-го и 4-го, 4-го и 7-го, 7-го и 10-го и так далее аминокислотных остатков (Рис. 12). Формированию спирали препятствуют пролин и гидроксипролин, которые из-за своей структуры обуславливают «перелом» цепи,

ее резкий изгиб. Высота витка спирали составляет 0,54 нм и соответствует 3,6 аминокислотных остатков, 5 полных витков соответствуют 18 аминокислотам и занимают 2,7 нм.

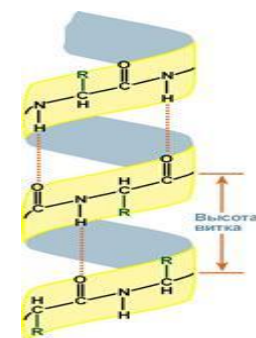


Рисунок 12. Укладка белка в виде α -спирали

В β -складчатом слое белковая молекула лежит «змейкой», удаленные отрезки цепи оказываются поблизости друг от друга. В результате пептидные группы ранее удаленных аминокислот белковой цепи способны взаимодействовать при помощи водородных связей (Рис. 13).

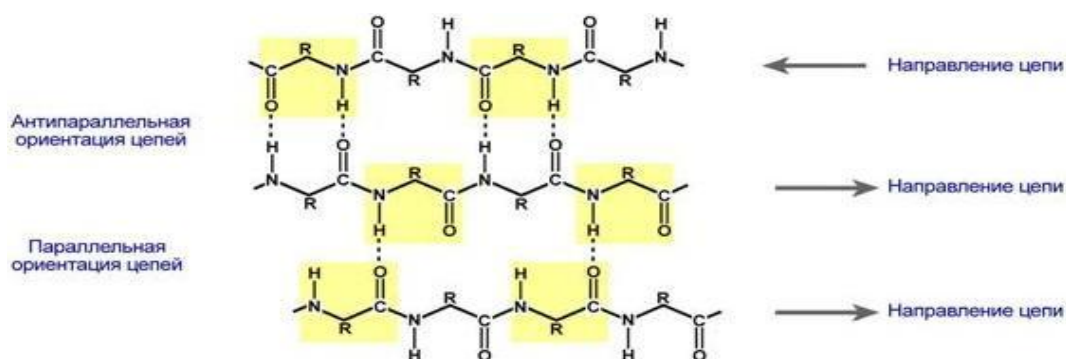


Рисунок 13. Укладка белка в виде β -складчатого слоя

Ориентация реагирующих участков может быть параллельна (когда соседние цепи идут в одном направлении) или антипараллельна (цепи идут в противоположном направлении). Таких взаимодействующих друг с другом участков одного белка может быть от двух до пяти.

2.3.3. Третичная структура белка

Третичная структура – пространственное строение полипептидной цепи. Структурно состоит из элементов вторичной структуры, стабилизированных различными типами взаимодействий, в которых гидрофобные взаимодействия играют важнейшую роль (Рис. 14). В стабилизации третичной структуры принимают участие:

1. ковалентные связи (между двумя остатками цистеина – дисульфидные мостики);

2. ионные связи между противоположно заряженными боковыми группами аминокислотных остатков;
3. водородные связи;
4. гидрофобные взаимодействия. При взаимодействии с окружающими молекулами воды белковая молекула сворачивается так, чтобы неполярные боковые группы аминокислот оказались изолированы от водного раствора; на поверхности молекулы оказываются полярные гидрофильные боковые группы.

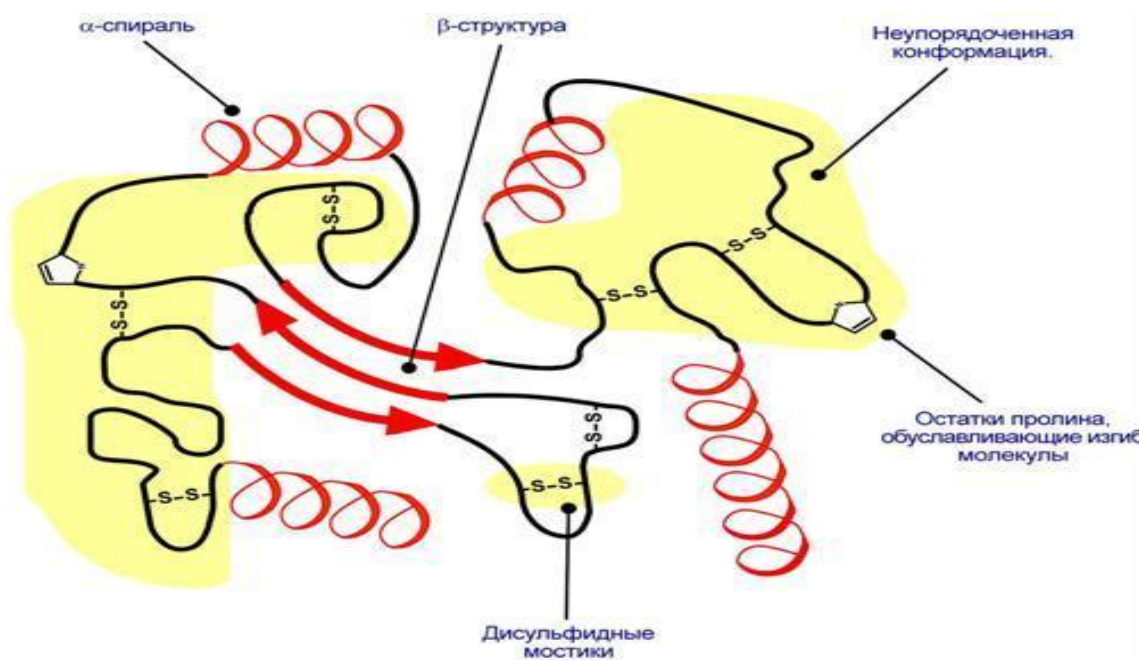


Рисунок 14. Схематическое представление укладки белка в третичную структуру

Наряду с α -спиралью и β -структурой в третичной структуре обнаруживается так называемая неупорядоченная конформация, которая может занимать значительную часть молекулы. В разных белках наблюдается разное соотношение типов структур. Например, инсулин содержит 52% α -спирали и 6% β -структуры, трипсин – 14% α -спирали и 45% β -структуры.

2.3.4. Четвертичная структура белка

Если белки состоят из двух и более полипептидных цепей, связанных между собой нековалентными связями, то говорят, что они обладают четвертичной структурой.

Такие агрегаты стабилизируются водородными связями, ионными связями и электростатическими взаимодействиями между остатками аминокислот, находящимися на поверхности глобулы.

Подобные белки называются олигомерами, а их индивидуальные цепи – протомерами (мономерами, субъединицами). Если белки содержат 2 протомера, то они называются димерами, если 4, то тетрамерами и т.д.

Гемоглобин – белок эритроцитов, переносящий кислород, состоит из 4 гемсодержащих субъединиц – 2 α -субъединицы и 2 β -субъединицы в гемоглобине взрослых, 2 α -субъединицы и 2 γ -субъединицы в фетальном гемоглобине.

Лактатдегидрогеназа – фермент, принимающий активное участие в окислении глюкозы при мышечном сокращении, также включает 4 субъединицы – H (heart) и M (muscle) в разных сочетаниях: H₄, H₃M₁, H₂M₂, H₁M₃, M₄. Всего 5 изоферментов.

Креатинкиназа – фермент, участвующий в регенерации АТФ при мышечном сокращении, состоит из 2 субъединиц – B (brain) и M (muscle) в разных сочетаниях: BB, BM, MM. Всего 3 изофермента.

Взаимодействие протомеров друг с другом осуществляется по принципу комплементарности, т.е. их поверхность подходит друг другу по геометрической форме и по функциональным группам аминокислот (возникновение ионных и водородных связей).

Так как субъединицы в олигомерах очень тесно взаимодействуют между собой, то любое изменение конформации какой-либо одной субъединицы обязательно влечет за собой изменение других субъединиц. Этот эффект называется кооперативное взаимодействие.

Например, в легких у гемоглобина кооперативное взаимодействие субъединиц в 300 раз ускоряет присоединение кислорода к гемоглобину (Рис. 15). В тканях отдача кислорода также ускоряется в 300 раз.

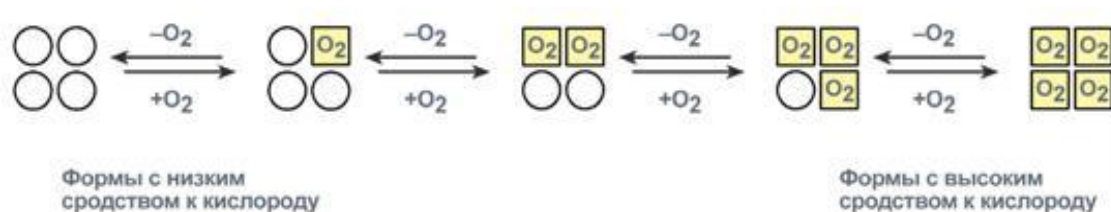


Рисунок 15. Схема кооперативного взаимодействия субъединиц в гемоглобине

Присоединение в легких первой молекулы кислорода к одной из субъединиц гемоглобина изменяет ее конформацию. В результате она начинает влиять на следующую субъединицу, облегчая присоединение к ней кислорода. После этого они вдвоем влияют на третью субъединицу и так далее. В тканях первая молекула кислорода отделяется от своей субъединицы не очень легко, вторая уже быстрее и так далее.

Вопросы для самоподготовки:

1. Опишите первичную структуру белков, назовите связи удерживающие ее.
2. Приведите примеры заболеваний, которые вызывают полиморфизм белков.
3. Опишите вторичную структуру белков, назовите связи удерживающие ее.
4. Дайте краткую характеристику α -спирали белка.
5. Дайте краткую характеристику β -складчатому слою белков.
6. Опишите третичную структуру белков, назовите связи удерживающие ее.
7. Опишите четвертичную структуру белков, назовите связи, удерживающие ее; приведите примеры белков, имеющих данную структуру.

2.4. Физико-химические свойства белков

К физико-химическим свойствам белков относят амфотерность, растворимость, способность к денатурации, коллоидные свойства.

Амфотерность. Так как белки содержат кислые и основные аминокислоты, то в их составе всегда имеются свободные кислые (COO^-) и основные (NH_3^+) группы.

Заряд белка зависит от соотношения количества кислых и основных аминокислот. Поэтому, аналогично аминокислотам, белки заряжаются положительно при уменьшении рН, и отрицательно при его увеличении. Если рН раствора соответствует изоэлектрической точке белка, то заряд белка равен 0.

Если в пептиде или белке преобладают кислые аминокислоты (глутамат и аспаргат), то белок кислый, при нейтральных рН заряд белка отрицательный и изоэлектрическая точка находится в кислой среде. Для большинства природных белков изоэлектрическая точка находится в диапазоне рН 4,8-5,4, что свидетельствует о преобладании в их составе глутаминовой и аспарагиновой аминокислот.

Если в белке преобладают основные аминокислоты (лизин и аргинин) – то при нейтральных рН заряд белка положительный и обусловлен этими, положительно заряженными, аминокислотами.

Амфотерность имеет значение для выполнения белками некоторых функций. Например, буферные свойства белков, т.е. способность поддерживать неизменным рН крови, основаны на способности присоединять ионы H^+ при закислении среды или отдавать их при защелачивании.

С практической стороны наличие амфотерности позволяет разделять белки по заряду (электрофорез) или использовать изменение величины рН раствора для осаждения какого-либо известного белка. Наличие как положительных, так и

отрицательных зарядов в белке обуславливает их способность к высаливанию, что удобно для выделения белков в нативной (живой) конформации.

Влияние рН на заряд белка. При смещении рН в растворе изменяется концентрация ионов H^+ (Рис. 16). При закислении среды (при снижении рН) ниже изоэлектрической точки ионы H^+ присоединяются к отрицательно заряженным группам глутаминовой и аспарагиновой кислот и нейтрализуют их. Заряд белка при этом становится положительным.

При увеличении рН в растворе выше изоэлектрической точки концентрация ионов H^+ снижается и положительно заряженные группы белка (NH_3^+ -группы лизина и аргинина) теряют протоны, их заряд исчезает. Суммарный заряд белка становится отрицательным.

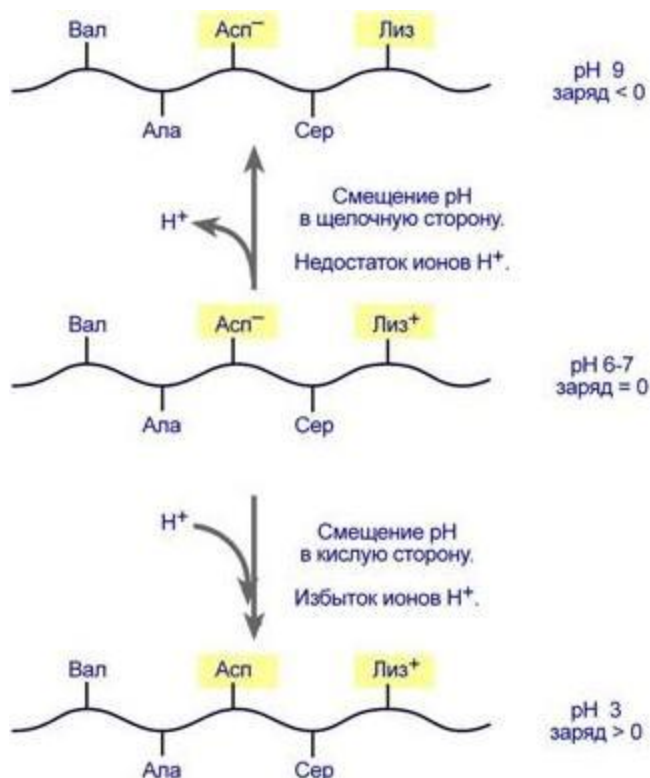


Рисунок 16. Изменение заряда белковой цепи при изменении рН

Растворимость. Так как большинство белков несет много заряженных групп, то в целом они водорастворимы. Растворимость объясняется:

- наличием заряда и взаимотталкиванием заряженных молекул белка,
- наличием гидратной оболочки – чем больше полярных и/или заряженных аминокислот в белке, тем больше гидратная оболочка (Рис. 17).

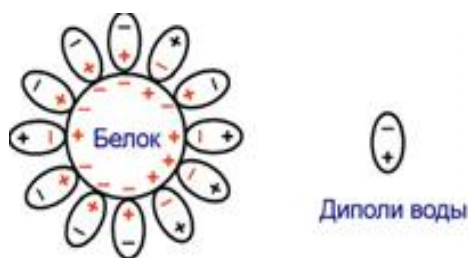


Рисунок 17. Формирование гидратной оболочки вокруг молекулы белка

Водорастворимые белки называются альбуминами, к ним относятся белки крови и молока. К нерастворимым белкам относятся, например, кератин (белок, из которого состоят волосы, шерсть млекопитающих, перья птиц и т. п.) и фиброин, который входит в состав шёлка и паутины. Растворимость белка определяется не только его структурой, но внешними факторами, такими как природа растворителя, ионная сила и рН раствора.

К гидрофильным относится большинство белков цитоплазмы, ядра и межклеточного вещества, в том числе нерастворимые кератин и фиброин. К гидрофобным относится большинство белков, входящих в состав биологических мембран, – интегральных мембранных белков, которые взаимодействуют с гидрофобными липидами мембраны (у этих белков, как правило, есть и гидрофильные участки).

Денатурация. Денатурация – необратимое осаждение белка из-за разрыва связей, стабилизирующих четвертичную, третичную, вторичную структуры белка, сопровождаемое изменением растворимости, вязкости, химической активности, снижением или полной потерей биологической функции.

1. Физическая денатурация: вызывается повышением температуры, ультрафиолетовым и микроволновым излучением, механическими воздействиями, ионизацией заряженными частицами.

2. Химическая денатурация: Зависит от природы денатурирующего реагента:

- кислоты и щелочи образуют водородные связи с пептидными группами,
- органические растворители образуют водородные связи и вызывают дегидратацию,
- алкалоиды образуют связи с полярными группами и разрывают систему водородных и ионных связей,
- тяжелые металлы взаимодействуют с заряженными радикалами, нейтрализуют отрицательные заряды и разрывают систему водородных и ионных связей.

Высаливание. Высаливание – это добавление к раствору белка нейтральных солей (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Механизм высаливания заключается во взаимодействии анионов (SO_4^{2-}) и катионов (Na^+ , NH_4^+) с зарядами белка (группы NH_4^+ и COO^-). В результате заряд исчезает, и соответственно, исчезает взаимоотталкивание молекул. Одновременно резко уменьшается гидратная оболочка. Все это приводит к "слипанию" молекул и осаждению.

Соли в низких концентрациях способны взаимодействовать с ионными группами белков, отвечающих за внутримолекулярные взаимодействия, приводить к их раскрытию и повышать растворимость.

Так как белки плазмы крови отличаются по размерам, заряду, строению, то можно подобрать такие количества соли, которые вызовут осаждение менее устойчивых белков, пока другие еще будут растворены.

Осаждение водоотнимающими средствами. При добавлении водоотнимающих средств (ацетон, этанол) происходит отнятие у белка гидратной оболочки, но не заряда. Растворимость несколько снижается, но денатурации не наступает. Например, в этом заключается антисептическое действие этанола.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте характеристику амфотерным свойствам белка.
2. Дайте характеристику растворимости белков.
3. Дайте характеристику влияния pH на заряд белка.
4. Дайте определение понятия денатурации, виды денатурации.
5. Дайте характеристику высаливания белков.

Задания в тестовой форме для самоконтроля №1 Белки

Выберите все правильные ответы.

1. Компоненты молекулы пептида
 - 1) глюкоза
 - 2) нуклеотиды
 - 3) аминокислоты
 - 4) жирные кислоты
2. Количество аминокислот, входящее в состав природных белков
 - 1) 600
 - 2) 400
 - 3) 100
 - 4) 20
3. Связь, которой соединены аминокислоты в молекуле белка
 - 1) ионная
 - 2) пептидная
 - 3) водородная
 - 4) дисульфидная
4. Типы связей, характерные для первичной структуры белка
 - 1) гидрофобные взаимодействия
 - 2) дисульфидная
 - 3) водородная
 - 4) пептидная

5. Разновидности вторичной структуры белка

- 1) глобула
- 2) спираль
- 3) фибрилла
- 4) субъединица

6. Разновидности третичной структуры белка:

- 1) субъединица
- 2) фибрилла
- 3) спираль
- 4) глобула

7. Фибриллярный белок

- 1) инсулин
- 2) коллаген
- 3) альбумин
- 4) гемоглобин

8. Глобулярный белок

- 1) миоглобин
- 2) фиброин
- 3) эластин
- 4) миозин

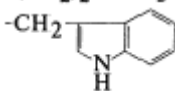
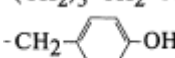
9. Простой белок

- 1) протамин
- 2) глутамин
- 3) гистидин
- 4) глютелин

10. Сложные белки

- 1) склеропротеины
- 2) липопротеины
- 3) гемоглобин
- 4) глютелины

11. Соотнесите аминокислоты и соответствующие им радикалы

- | | |
|--|--------|
| 1. $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CONH}_2$ | А. Лей |
| 2. $-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ | В. Лиз |
| 3. $-(\text{CH}_2)_2-\text{S}-\text{CH}_3$ | С. Тир |
| 4.  | Д. Глн |
| 5. $-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ | Е. Мет |
| 6.  | Ф. Три |

12. Установите соответствие

Метод разделения и очистки белков	Свойства белков, на которых основан данный метод
1. Гель-фильтрация	А. Используется для отделения белка от соли
2. Аффинная хроматография	В. Метод основан на присоединения белка к иммобилизованному лиганду

3. Электрофорез в полиакриламидном геле	С. В основе метода лежит использование различий в молекулярной массе и заряде белков
---	--

Закончите определение:

13. Биополимер, мономерами которого являются аминокислоты – это

14. Разрушение нативной конформации, вызванное разрывом слабых связей, стабилизирующих пространственные структуры, вызванных различными агентами называется

Практические задания для самоконтроля №1 Белки

Напишите формулу ди- и трипептидов Ала-Глу, Три-Мет, Гис-Цис, Лей-Про-Вал, Асп-Сер-Фен.

Выделите пептидную связь, радикалы, N- и С- конец.

Глава №3 Углеводы

3.1.Строение, функции и классификация углеводов

По своему строению углеводы являются многоатомными спиртами с альдегидной или кетонной группой (полигидроксиальдегиды и полигидроксикетоны). Наиболее известные углеводы (крахмал, глюкоза, гликоген) обладают эмпирической формулой $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Другие представители класса не соответствуют данному соотношению, и даже могут включать атомы азота, серы, фосфора.

Углеводы являются наиболее распространенным классом органических соединений природы и, благодаря их функции, углеводы можно рассматривать как основу существования растительных и животных организмов. Необходимость изучения углеводов заключается в широком спектре их функций.

1. Энергетическая – преимущество углеводов состоит в их способности окисляться как в аэробных, так и в анаэробных условиях (глюкоза).
2. Защитно-механическая – основное вещество трущихся поверхностей суставов, находятся в сосудах и слизистых оболочках (гиалуроновая кислота и другие гликозаминогликаны).
3. Опорно-структурная – целлюлоза в растениях, гликозаминогликаны в составе протеогликанов, например, хондроитинсульфат в соединительной ткани.
4. 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.
5. Кофакторная – гепарин является кофактором липопротеинлипазы плазмы крови и ферментов свертывания крови (инактивирует тромбокиназу).

Согласно современной классификации углеводы подразделяются на три основные группы: моносахариды, олигосахариды и полисахариды (Рис. 18).



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, тетрасахариды и т.д.

Полисахариды подразделяют на гомополисахариды, т.е. состоящие из одинаковых моносахаров, и гетерополисахариды, состоящие из различных моносахаров.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение углеводам.
2. Приведите классификацию углеводов.
3. На какие группы можно разделить моно-, олиго- и полисахариды.

3.2. Моносахариды

Моносахариды – это простые углеводы, которые в растворе не гидролизуют, или это многоатомные альдегидо- или кетоспирты.

Для моносахаридов характерна оптическая изомерия. Это способность углеводов вращать плоскость поляризованного света. Она обусловлена присутствием асимметрического атома С, или хирального центра. Асимметрический атом С имеет 4 разных заместителя и находится в sp^3 гибридизации. Ациклическая форма глюкозы имеет 4 асимметрических атома С (2,3,4,5) и по правилу Вант-Гоффа – $2^n = 2^4 = 16$ оптических изомеров. Конфигурацию моносахаридов определяют по расположению ОН-группы возле последнего хирального центра. Все углеводы, которые входят в состав организма человека, относятся к D – стереохимическому ряду.

Все моносахариды подразделяются:

1. на стереоизомеры по конформации асимметричных атомов углерода – например, L- и D-формы,
2. в зависимости от конформации ОН-группы первого атома углерода – α - и β -формы,
3. в зависимости от числа содержащихся в их молекуле атомов углерода – триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы,
4. в зависимости от присутствия альдегидной или кетонной группы – кетозы и альдозы (Табл. 2).

Таблица 2. Структура и классификация моносахаридов

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

В природе существуют многочисленные производные как перечисленных выше моносахаров, так и других. К ним, например, относятся:

Уроновые кислоты – дериваты гексоз, имеющие в 6 положении карбоксильные группы, например, глюкуроновая, галактуриновая, идуроновая, аскорбиновая кислоты (Рис. 19). Они часто входят в состав протеогликанов.

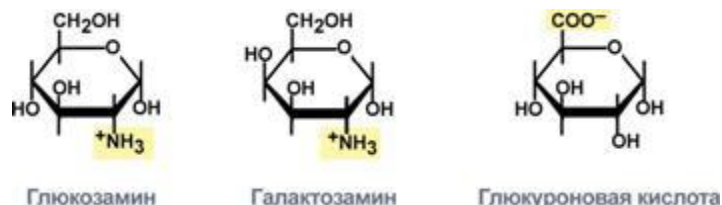


Рисунок 19. Структура представителей уроновых кислот

Аминосахара – производные моносахаров, содержащие аминогруппы, например, глюкозамин или галактозамин. Эти производные обязательно входят в состав

дисахаридных компонентов гетерополисахаридов. Ряд антибиотиков (эритромицин, карбомицин) содержат в своем составе аминсахара.

Сиаловые кислоты являются N- или O-ацилпроизводными нейраминовой кислоты, которую можно рассматривать как производное глюкозы. Они, наряду с аминсахарами, входят в состав гликопротеинов и гликолипидов (ганглиозидов).

Гликозиды – соединения, образующиеся путем конденсации моносахарида (свободного или в составе полисахарида) с гидроксильной группой другого соединения, которым может быть любой моносахарид или вещество неуглеводной природы (агликон), например, метанол, глицерол, стерол, фенол.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение моносахаридов.
2. Приведите классификацию моносахаридов.
3. В чем отличие альдоз и кетоз
4. Изобразите циклическую и линейную формулу рибозы, α - и β -глюкозы
5. В чем отличие α - и β -глюкозы
6. Приведите примеры производных моносахаридов, приведите их функции

3.3. 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 злаков (Рис. 20).



Рисунок 20. Строение мальтозы и сахарозы

Лактоза – молочный сахар, остаток галактозы связан с глюкозой β 1,4-гликозидной связью, содержится в молоке. В некоторых ситуациях (например, беременность) может появляться в моче.

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 микроорганизмами, либо всасывается в кровь (Рис. 21).

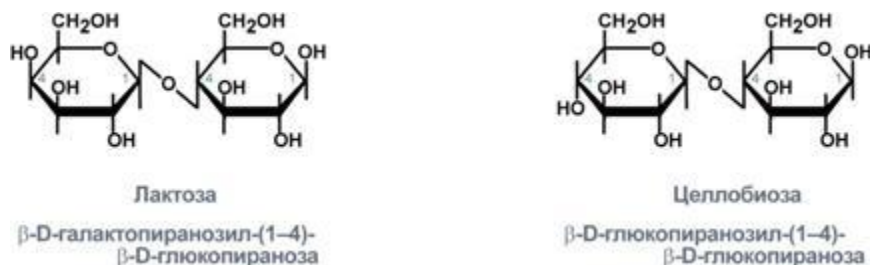


Рисунок 21. Строение лактозы и целлобиозы

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение дисахаридов.
2. Перечислите известные вам дисахариды, изобразите их формулы, опишите их строение и функции.

3.4. Полисахариды

Полисахариды (гликаны, полигликозиды) – это биополимеры, которые состоят из большого количества моносахаридных остатков. Делятся на:

Гомополисахариды – это биополимеры, которые состоят из большого количества одинаковых моносахаридных остатков. Представители: крахмал, гликоген (животный крахмал), клетчатка (целлюлоза), декстран, инсулин, пектин.

Крахмал – белое, гигроскопическое вещество, продукт фотосинтеза растений (Рис. 22). Империческая формула $(C_6H_{10}O_5)_n$. Структурной единицей является α ,D-глюкоза, остатки которой связаны между собою α -1,4 и 1,6 гликозидными связями. Имеет две фракции:

а) амилоза – до 20% (линейный полимер) – представляет собой неразветвленную цепь с молекулярной массой от 5 до 500 кДа, в которой остатки глюкозы соединены исключительно α -1,4-гликозидными связями.

б) амилопектин – 80% (разветвленный полимер) – содержит α -1,4- и α -1,6-гликозидные связи, имеет массу не менее 1 млн. Да и является разветвленной молекулой, причем ветвление происходит за счет присоединения небольших глюкозных цепочек к основной цепи посредством α -1,6-гликозидных связей. Каждая ветвь имеет длину 24-30 остатков глюкозы, веточки возникают примерно через 14-16 остатков глюкозы в цепочке.

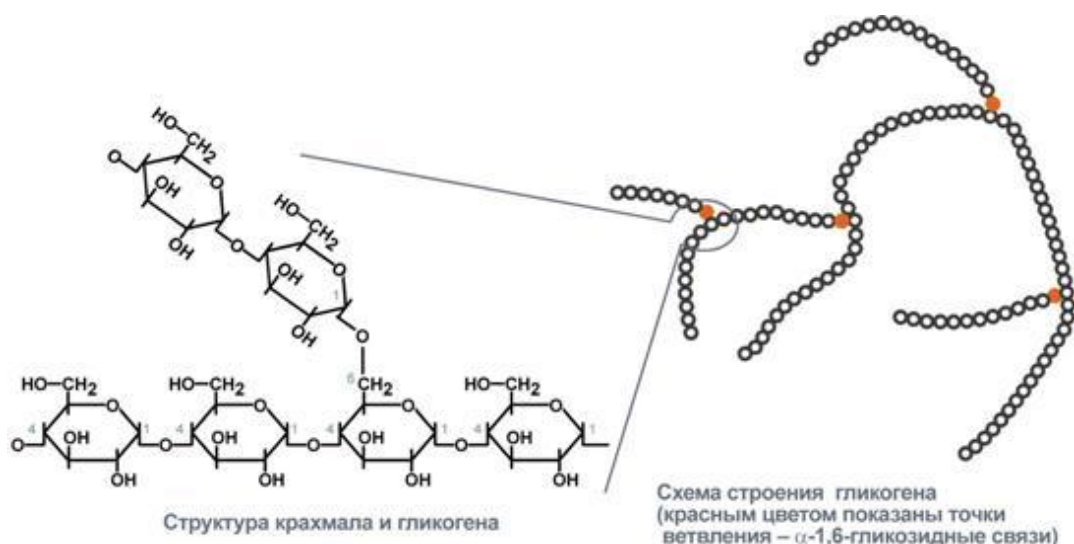


Рисунок 22. Строение крахмала и гликогена

Гликоген – резервный полисахарид животных тканей, в наибольшей мере содержится в печени и мышцах. Структурно он схож с амилопектином, 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.

Целлюлоза является наиболее распространенным органическим соединением биосферы (Рис. 23). 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.

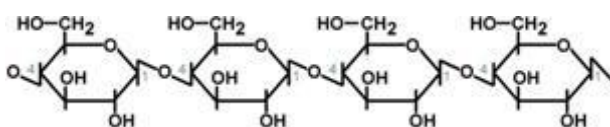


Рисунок 23. Строение целлюлозы

Декстран – полисахарид бактериального происхождения. Используется в медицине как плазмо- и кровозаменитель (фармпрепараты: полиглюкин и реополиглюкин) и в биохимических исследованиях как гель для хроматографии.

Инулин – растительный ПС линейного строения, состоит из остатков β ,D-фруктозы, используется в физиологии для определения скорости клубочковой фильтрации почек.

Пектин (пектиновые вещества) – мономером является полигалактуроновая кислота. Синтезируется высшими растениями и некоторыми водорослями. Пектин является основой лекарственных препаратов.

Гетерополисахариды – (гетерогликаны, мукополисахариды) – это биополимеры, характеризующиеся наличием повторяющихся дисахаридных остатков. Эти дисахариды

включают в себя урановую кислоту и аминсахар. Дублируясь, они образуют олиго- и полисахаридные цепи – гликаны.

Гиалуроновая кислота – состоит из β ,D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина, которые связаны β -1,3-гликозидной связью (Рис. 24). Дисахаридный фрагмент повторяется многократно и образует гиалуроновую кислоту.

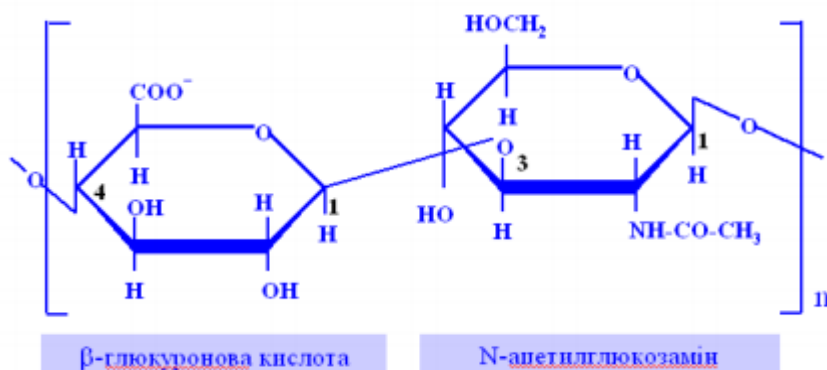


Рисунок 24. Дисахаридный фрагмент гиалуроновой кислоты

Имеет линейную структуру, среди полисахаридов наибольшую молекулярную массу 107 Д.

Выполняет следующие функции:

1. биологический «цемент», который заполняет межклеточное пространство. Много гиалуроновой кислоты находится в коже, стекловидном теле глаза, пуповине новорожденных, хрящах и синовиальной жидкости суставов.

2. в тканях она образует комплексы с белками – протеогликаны, углеводно-белковые комплексы выполняют функцию механической защиты клеток.

3. высокая вязкость и слизеподобная консистенция протеогликанов позволяет им выполнять функцию биологических масел. Они выстилают поверхности сосудов, слизистой носа, трахеи, бронхов и тем самым предотвращают их механическое повреждение.

4. удержание и связывание воды и катионов, благодаря чему регулируется межклеточное осмотическое давление.

Гепарин и гепатансульфат – в отличие от других полисахаридов не входят в состав компонентов межклеточного вещества, циркулирует в крови в свободном состоянии (Рис. 25). Гепарин синтезируется тучными клетками соединительной ткани в печени.

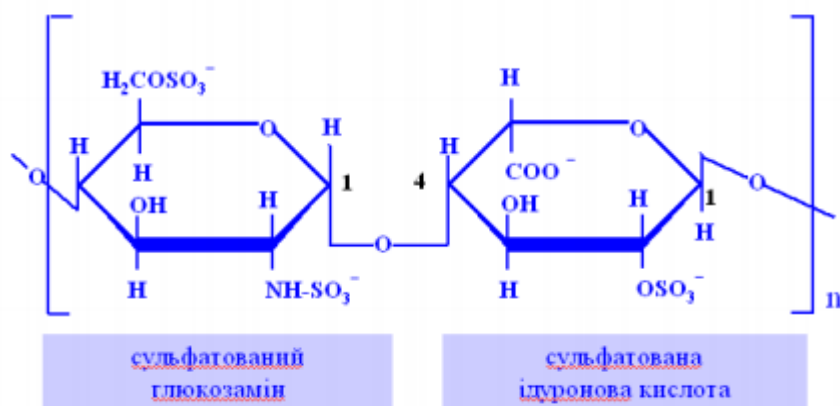


Рисунок 25. Дисахаридный фрагмент гепарина

Основная функция гепарина – антикоагулянт крови, который блокирует действие антитромбина III.

Мурамин – гетерополисахарид клеточной стенки бактерий, представляющий собой неразветвленную механически прочную цепь. Клеточная стенка защищает мембрану бактерий от внешних повреждений. В целом структурным материалом клеточной стенки бактерий является протеогликановый комплекс – муреин, в состав которого входит мурамин. Муреин – это смешанный биополимер, протеогликан или пептидогликан, состоящий из небольших пептидных цепей (4 аминокислоты). Муреиновая оболочка является субстратом для фермента – лизоцима (мурамидазы). Лизоцим входит в состав пищеварительных соков ЖКТ человека и гидролитически расщепляет гликозидные связи муреиновой оболочки бактерий, размещенные ближе к пептидным цепям. За эту способность лизоцим относят к неспецифическим факторам иммунологической защиты организма человека.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение полисахаридов.
2. Дайте определение гомополисахаридам. Назовите основных представителей
3. Опишите строение, функции и свойства крахмала.
4. Опишите строение, функции и свойства гликогена.
5. Опишите строение, функции и свойства целлюлозы.
6. Опишите строение, функции и свойства декстрана, инулина и пектина.
7. Дайте определение гетерополисахаридам. Назовите основных представителей
8. Опишите строение и функции гиалуроновой кислоты.
9. Что такое мурамин и муреин?
10. Опишите строение и функции хондроитинсульфатов и гепарина.

Тестовые задания для самоконтроля №2 Углеводы

Выберите все правильные ответы.

1. Какая молекула не относится к гексозам?

- 1) глюкоза
- 2) фруктоза
- 3) рибулоза
- 4) галактоза

2. К гомополисахаридам относятся:

- 1) гепарин
- 2) целлюлоза
- 3) кератансульфат
- 4) гиалуроновая кислота

3. К гетерополисахаридам относятся:

- 1) хондроитинсерная кислота
- 2) глюкуроновая кислота
- 3) целлюлоза
- 4) гликоген

4. Функции углеводов в организме человека:

- 1) сократительную
- 2) энергетическая
- 3) транспортная
- 4) экскреторная

5. В состав лактозы входят:

- 1) фруктоза
- 2) галактоза
- 3) сахароза
- 4) глюкоза

6. В состав мальтозы входят:

- 1) лактоза
- 2) глюкоза
- 3) фруктоза
- 4) галактоза

7. В состав сахарозы входят:

- 1) галактоза
- 2) мальтоза
- 3) фруктоза
- 4) глюкоза

8. В состав лактозы входят:

- 1) глюкоза
- 2) фруктоза
- 3) мальтоза
- 4) галактоза

9. Продукты, содержащие крахмал

- 1) молоко и молочные продукты
- 2) картофель
- 3) печень
- 4) мясо

10. Нормальное содержание глюкозы в крови (в ммоль/л)

- 1) 1,5 – 2,5
- 2) 3,3 – 6,4
- 3) 4,0 – 8,0
- 4) 7,5 – 12,5

11. Установите соответствие

Название углевода	Формула углевода
1. Лактоза	А. Глю-(α 1,6)-Глю
2. Сахароза	В. Глю-(α 1,2)-Фру
3. Мальтоза	С. Глю-(α 1,4)-Глю
4. Изомальтоза	Д. Фру-(β 1,6)-Гал
5. Ни один из этих углеводов	Е. Гал-(β 1,4)-Глю

Закончите определение:

12. Простые углеводы, которые в растворе не гидролизуются

13. Биополимеры, которые состоят из большого количества одинаковых моносакхаридных остатков

Практические задания для самоконтроля №2 Углеводы

Заполните таблицу

Название	Строение (формула)
Моносахариды: - α -глюкоза - α -галактоза - α -фруктоза	
Дисахариды: - мальтоза - сахароза - лактоза	
Полисахариды: - крахмал (фрагмент, содержащий α 1,4 и α 1,6-гликозидные связи	

Глава №4 Липиды

4.1. Строение и классификация и липидов

Липиды (от греч. *λιπος* – жир) – это низкомолекулярные органические соединения, полностью или почти полностью нерастворимые в воде, могут быть извлечены из клеток неполярными органическими растворителями (бензол, эфир, хлороформ).

Классификация липидов сложна, так как в этот класс входят вещества весьма разнообразные по своему строению. В их состав входят спирты, высшие жирные кислоты, азотистые соединения, фосфорная кислота, углеводы и другие соединения. Их объединяет только одно свойство – гидрофобность (или липофильность). По отношению к гидролизу в щелочной среде все липиды подразделяют на две большие группы: омыляемые и неомыляемые.

Омыляемые липиды – при гидролизе в щелочной среде образуют спирт и соли высших жирных кислот. Среди омыляемых липидов существуют простые липиды, т.е. состоящие только из спирта и жирных кислот (воска, триацилглицеролы), и сложные липиды, включающие, кроме спирта и жирных кислот, вещества иного строения (фосфолипиды, гликолипиды).

Неомыляемые липиды – не гидролизуются в щелочной и кислой среде. Среди неомыляемых определена большая группа стероидов, в состав которой входят холестерол и его производные: стероидные гормоны, стероидные витамины, желчные кислоты.

Все липиды в организме находятся в двух формах:

1. В форме протоплазматического жира, являющегося структурным компонентом клеток, имеет постоянный химический состав и содержится в тканях в определенном количестве, не изменяется в течении всей жизни;
2. В форме запасного, резервного жира, запасается в организме и его количество меняется в зависимости от условий.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение липидам.
2. Какое общее свойство объединяет группу липидов?
3. Какие липиды относятся к омыляемым и к неомыляемым?
4. Какие липиды относятся к протоплазматическим и чем характеризуется эта группа?
5. Какие липиды относятся к резервным и чем характеризуется эта группа?

4.2. Функции липидов

Функции липидов существенно зависят от их вида:

1. Резервно-энергетическая функция – триацилглицеролы подкожного жира являются основным энергетическим резервом организма при голодании. В адипоцитах жиры могут составлять 65-85% веса. Для поперечно-полосатой мускулатуры, печени и почек они являются основным источником энергии.

2. Структурная функция – мембраны клеток состоят из фосфолипидов, обязательным компонентом являются гликолипиды и холестерол. Основным компонентом сурфактанта легких является фосфатидилхолин.

3. Сигнальная функция – гликолипиды выполняют рецепторные функции и задачи взаимодействия с другими клетками. Фосфатидилинозитол непосредственно принимает участие в передаче гормональных сигналов в клетку. Производные жирных кислот – эйкозаноиды – являются "местными гормонами", обеспечивая регуляцию функций клеток. Т.к. активность мембранных ферментов зависит от состояния и текучести мембран, то жирнокислотный состав и наличие определенных видов фосфолипидов, количество холестерола влияет на активность мембранных липидзависимых ферментов (например, аденилатциклаза, Na^+, K^+ -АТФаза, цитохромоксидаза).

4. Защитная функция – подкожный жир является хорошим термоизолирующим средством, наряду с брыжеечным жиром он обеспечивает механическую защиту внутренних органов. Фосфолипиды играют определенную роль в активации свертывающей системы крови.

Вопросы для самоподготовки:

1. Перечислите основные функции липидов.
2. Охарактеризуйте резервно-энергетическую функцию липидов
3. Как проявляется сигнальная функция липидов?

4.3. Высшие жирные кислоты

Общая формула высших жирных кислот – R-COOH , где R – углеводородный радикал. Жирные кислоты входят в состав практически всех указанных классов липидов, кроме производных холестерола. У человека жирные кислоты характеризуются следующими особенностями:

- четное число углеродных атомов в цепи;
- отсутствие разветвлений цепи;
- наличие двойных связей только в цис-конформации.

Природные жирные кислоты содержат от 4 до 24 атомов углерода.

В свою очередь, по строению жирные кислоты неоднородны и различаются длиной цепи и количеством двойных связей.

К насыщенным жирным кислотам относятся пальмитиновая ($C_{15}H_{31}COOH$), стеариновая ($C_{17}H_{35}COOH$) и арахидиновая ($C_{19}H_{39}COOH$) жирные кислоты (Табл. 3).

Таблица 3. Некоторые физиологически важные насыщенные жирные кислоты

Число атомов С	Тривиальное название	Систематическое название	Химическая формула соединения
6	Капроновая	Гексановая	$CH_3-(CH_2)_4-COOH$
8	Каприловая	Октановая	$CH_3-(CH_2)_6-COOH$
10	Каприновая	Декановая	$CH_3-(CH_2)_8-COOH$
12	Лауриновая	Додекановая	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$
14	Миристиновая	Тетрадекановая	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$
16	Пальмитиновая	Гексадекановая	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
18	Стеариновая	Октадекановая	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
20	Арахидиновая	Эйкозановая	$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH$

К мононенасыщенным – олеиновая ($C_{17}H_{33}COOH$, Δ^9).

Указанные жирные кислоты находятся в большинстве пищевых жиров и в жире человека.

Полиненасыщенные жирные кислоты содержат от 2-х и более двойных связей, разделенных метиленовой группой. Кроме отличий по количеству двойных связей, кислоты различаются их положением относительно начала цепи (обозначается через греческую букву Δ "дельта") или последнего атома углерода цепи (обозначается буквой ω "омега").

По положению двойной связи относительно последнего атома углерода полиненасыщенные жирные кислоты делят на ω -6 и ω -3-жирные кислоты (Табл. 4).

1. ω -6 – жирные кислоты, эти кислоты объединены под названием витамин F, и содержатся в растительных маслах.

- линолевая ($C_{17}H_{31}COOH$, $\Delta^9,12$),

- арахидиновая (эйкозотетраеновая, $C_{19}H_{31}COOH$, $\Delta^5,8,11,14$).

2. ω -3 – жирные кислоты:

- линоленовая ($C_{17}H_{29}COOH$, $\Delta^9,12,15$).

Итак, структурную формулу высших жирных кислот, можно изобразить несколькими способами. Например, линолевая кислота может быть представлена следующими формулами:

1. $C_{17}H_{31}COOH$

2. $C_{18:2} \omega$ -6 (положение первой двойной связи, считая от метильного конца кислоты);

3. $C_{18:2} \Delta^9,12$ ($\Delta^9,12$ – положение двойных связей, считая от карбоксильного С-атома).

Таблица 4. Некоторые физиологически важные ненасыщенные жирные кислоты

Число атомов С	Тривиальное название	Систематическое название, включая местонахождение двойных связей	Химическая формула соединения
Моноеновые кислоты			
16	Пальмитиновая	9-гексадеценвая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
18	Олеиновая	9-октадеценвая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
22	Эруковая	13-докозеновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$
Диеновые кислоты			
18	Линолевая	9,12-октадекадиеновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Триеновые кислоты			
18	Линоленовая	9,12,15-октадекатриеновая	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
Тетраеновые кислоты			
20	Арахидоновая	5,8,11,14-эйкозатетраеновая	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$

Наиболее значительным источником кислот ω -3-группы служит жир рыб холодных морей. Исключением является линоленовая кислота, имеющаяся в конопляном, льняном, кукурузном маслах.

Линолевая и линоленовая жирные кислоты не синтезируются в организме, они поступают только с пищей, являются незаменимыми факторами питания и называются эссенциальными.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какая общая формула высших жирных кислот?
2. Какие особенности высших жирных кислот у человека?
3. На какие две группы делятся жирные кислоты в зависимости от наличия двойных связей?
4. Какие высшие жирные кислоты относятся к насыщенным?
5. Какие бывают полиненасыщенные жирные кислоты по положению двойной связи относительно последнего атома углерода?
6. Какие жирные кислоты относятся к эссенциальным и почему?

4.4. Триацилглицеролы

Триацилглицеролы (ТАГ) – сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и остатков высших жирных кислот. Являются наиболее распространенными липидами в организме человека. В среднем доля их составляет 16-23% от массы тела взрослого человека.

Основные функции:

- резервно-энергетическая – у среднего человека запасов подкожного жира хватает на поддержание жизнедеятельности в течение 40 дней полного голодания;
- теплосберегающая – за счет толщины подкожного жира;
- в составе подкожной и брыжеечной жировой ткани механическая защита тела и внутренних органов.

В состав ТАГ входит трехатомный спирт глицерол и три жирные кислоты (Рис. 26). Жирные кислоты могут быть насыщенные (пальмитиновая, стеариновая) и мононенасыщенные (пальмитолеиновая, олеиновая).

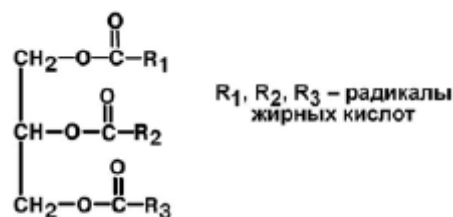


Рисунок 26. Строение триацилглицеринов

По строению можно выделить простые и сложные ТАГ. В простых ТАГ все жирные кислоты одинаковые, например трипальмитат, тристеарат. В сложных ТАГ жирные кислоты отличаются, например, дипальмитилолстеарат, пальмитилолеилстеарат.

Животным жирам характерны насыщенные или мононенасыщенные жирные кислоты. Наиболее ненасыщенные жирные кислоты располагаются в β-положении (2) глицерина. Растительные масла содержат больше полиненасыщенных жирных кислот и являются жидкими.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение триацилглицеринам.
2. Какие основные функции выполняют триацилглицерины?
3. Какие соединения входят в состав ТАГ?
4. Напишите общую формулу ТАГ
5. Какие триацилглицерины относятся к простым, а какие к сложным?

4.5. Фосфолипиды

Фосфолипиды – это группа сложных липидов, в которых содержатся спирт глицерола или сфингозина, высшие жирные кислоты, остатки фосфорной кислоты и дополнительная группа атомов, во многих случаях содержащая азот. Жирные кислоты, входящие в состав этих фосфолипидов, неравноценны. Ко второму атому углерода присоединена, как правило, полиненасыщенная жирная кислота. При первом атоме углерода находятся любые кислоты, чаще мононенасыщенные или насыщенные.

Все фосфолипиды в зависимости от наличия в их составе спиртов глицерина или сфингозина делятся на глицерофосфолипиды и сфингофосфолипиды. Имеют в своем составе гидрофобную и гидрофильную области, поэтому обладают амфифильными свойствами.

Молекулы как глицерофосфолипидов, так и сфингофосфолипидов состоят из полярной головы (образована фосфорной кислотой и полярной группировкой) и двух углеводородных неполярных хвостов. У глицерофосфолипидов оба неполярных хвоста являются радикалами жирных кислот, у сфингофосфолипидов – один хвост является радикалом жирных кислот, другой – углеводородной цепочкой спирта сфингазина (Рис. 27).

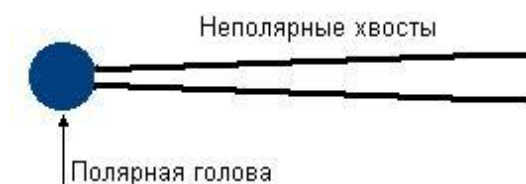


Рисунок 27. Схематическое изображение молекулы фосфолипида

При встряхивании в воде фосфолипиды спонтанно формируют мицеллы, в которых неполярные хвосты собираются внутри частицы, а полярные головы располагаются на ее поверхности, взаимодействуя с молекулами воды. Фосфолипиды способны образовывать также бислои и липосомы – замкнутые пузырьки, окруженные непрерывным бислоем (Рис. 28).

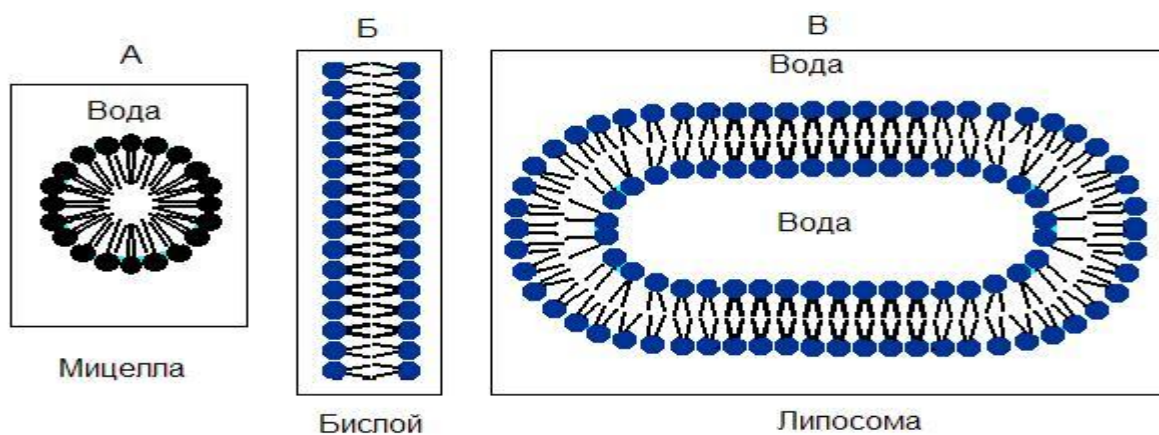


Рисунок 28. Структуры, образуемые фосфолипидами

Способность фосфолипидов, образовывать бислои, лежит в основе формирования клеточных мембран.

4.5.1. Глицерофосфолипиды

В основе строения молекулы глицерофосфолипидов лежит фосфотидная кислота, образованная глицерином, двумя остатками жирных кислот и фосфорной кислотой (Рис.29).

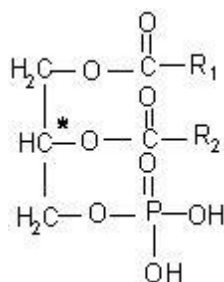


Рисунок 29. Схематическое строение фосфотидной кислоты

Фосфатидилсерин (ФС), фосфатидилэтаноламин (ФЭА, кефалин), фосфатидилхолин (ФХ, лецитин) – структурные фосфолипиды, вместе с холестерином формируют липидный бислой клеточных мембран, регулируют активность мембранных ферментов, вязкость и проницаемость мембран (Рис. 30).



Рисунок 30. Строение основных представителей глицерофосфолипидов

4.5.2. Сфингофосфолипиды

По составу сходны с глицерофосфолипидами, но вместо глицерина содержат аминокспирт сфингозин (Рис. 31).

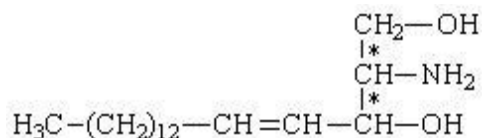


Рисунок 31. Строение спирта сфингозина

Основным представителем у человека являются сфингомиелины – основное их количество расположено в сером и белом веществе головного и спинного мозга, в оболочке

аксонов периферической нервной системы, есть в печени, почках, эритроцитах и других тканях (Рис. 32). В качестве жирных кислот выступают насыщенные и мононенасыщенные.

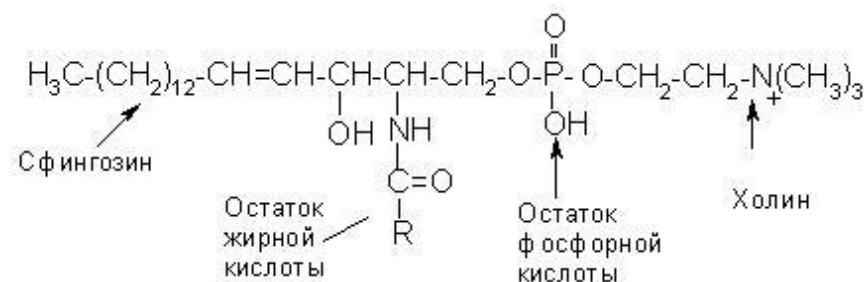


Рисунок 32. Структура молекулы сфингомиелина

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение фосфолипидам.
2. С чем связаны амфифильные свойства фосфолипидов.
3. Что лежит в основе строения фосфотидной кислоты?
4. Перечислите основных представителей глицерофосфолипидов.
5. В чем состоит отличие в строение глицерофосфолипидов и сфингофосфолипидов?

4.6. Гликолипиды

Гликолипиды – группа сложных липидов, образующиеся в результате соединения липидов с углеводами (Рис. 33). В молекулах выделяют полярную часть – «голову» (углевод), и неполярную – «хвост» (остатки жирных кислот). Благодаря этому гликолипиды, как и фосфолипиды входят в состав клеточных мембран. Они широко представлены в нервной ткани и мозге.



Рисунок 33. Схематическое строение гликолипидов

Большую часть гликолипидов составляют гликосфинголипиды, включающие церамид (соединение аминок спирта сфингозина с длинноцепочечной жирной кислотой) и один или несколько остатков сахаров. В нервной ткани главным цереброзидом является галактозилцерамид. Для других тканей более характерны глюкозилцерамиды.

Еще одна группа гликолипидов, широко представленных в мозге – ганглиозиды (Рис. 34). Они образуются из глюкозилцерамидов и дополнительно содержат одну или несколько молекул сиаловой кислоты, моносахаров и их производных (сульфосахаров и

аминосахаров). Если моносахариды несут на себе сульфогруппу, то такие гликолипиды называют сульфолипидами.

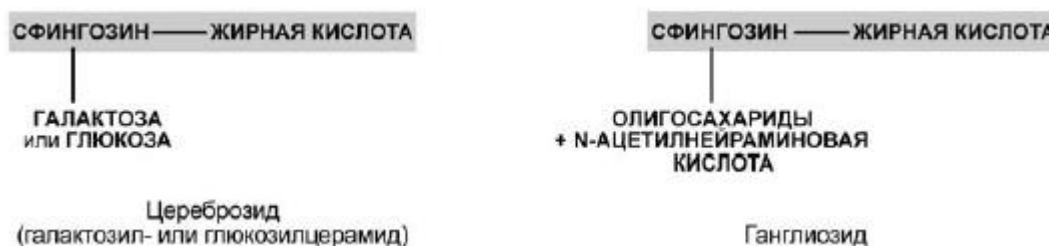


Рисунок 34. Схематическое строение цереброзидов и ганглиозидов

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение гликолипидам.
2. Какие две группы выделяют в гликолипидах?
3. Перечислите представителей ганглиозидов и цереброзидов
4. Что входит в состав гликолипидов?

4.7. Стероиды

Стероиды являются группой высокомолекулярных циклических спиртов, образующих с высшими жирными кислотами сложные эфиры – стериды. Один из важнейших представителей стероидов – холестерол (холестерин), является производными циклопентанпергидрофенантрена (Рис. 35). Впервые был выделен из желчных камней в 1775г. профессором Конради. В организме он встречается как в свободном состоянии, так и в связанном. Находится во всех клетках организма. Один из главных компонентов плазматической мембраны, содержится в желчи и плазме крови (в норме 3,9-6,5 ммоль/л).

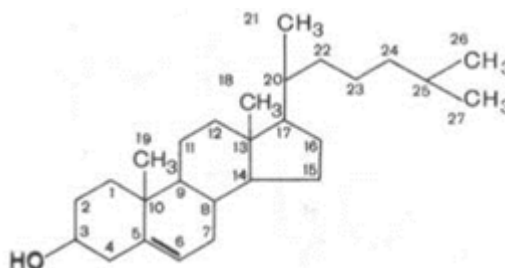


Рисунок 35. Структура холестерола

Выполняет функции:

- структурная – входит в состав мембран, обуславливая их вязкость и жесткость,
- переносит полиненасыщенные жирные кислоты между органами и тканями в составе липопротеинов низкой и высокой плотности;
- является предшественником желчных кислот, стероидных гормонов и витамина D.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определение стероидов
2. Какой основной представитель стероидов
3. Какая структура лежит в основе холестерина?
4. В каких формах холестерол встречается в организме?
5. Какие основные функции холестерина?

Тестовые задания для самоконтроля №3 Липиды

Выберите все правильные ответы.

1. Общее свойство липидов
 - 1) Растворяются в неполярных органических растворителях
 - 2) Гидролизуются панкреатическими липазами
 - 3) Имеют четное число углеродных атомов
 - 4) Растворяются в воде.
2. Жирная кислота, поступающая в организм с пищей (не синтезируемая в организме)
 - 1) Пальмитиновая
 - 2) Стеариновая
 - 3) Олеиновая
 - 4) Линолевая
3. Для резервных липидов характерно
 - 1) содержатся в жировой ткани
 - 2) содержатся в мембранах клеток
 - 3) содержатся в мембранах клеток
 - 4) не расходуются для энергетических нужд организма
4. Для протоплазматических липидов характерно
 - 1) их количество не зависит от режима питания
 - 2) составляют 15% от массы тела человека
 - 3) содержатся в мембранах клеток
 - 4) содержатся в жировой ткани
5. К резервным липидам относятся
 - 1) холестерин
 - 2) триглицериды
 - 3) сфингофосфолипиды
 - 4) глицерофосфолипиды
6. К протоплазматическим липидам относятся:
 - 1) воски
 - 2) терпеноиды
 - 3) триглицериды
 - 4) глицерофосфолипиды
7. В состав триглицеридов входят
 - 1) глицерин
 - 2) жирные кислоты
 - 3) спирт сфингозин
 - 4) фосфорная кислота

8. В состав гликолипидов входят

- 1) глицерин
- 2) спирт сфингозин
- 3) фосфорная кислота
- 4) углеводный компонент

9. В состав глицерфосфолипидов входят

- 1) глицерин
- 2) жирные кислоты
- 3) желчные кислоты
- 4) углеводный компонент

10. В основе структуры холестерина лежит

- 1) Фенантрен
- 2) Циклопентан
- 3) Пентофенантрен
- 4) Циклопентанпергидрофенантрен

11. Установите соответствие

Название липида	Характеристика липида
1. Триацилглицерины	А. Расщепляются при голодании в адипоцитах, образуя жирные кислоты – источники энергии
2. Фосфотидилхолин	В. Не содержит в своем составе глицерина
3. Оба	С. Один из компонентов мембран
4. Ни один	Д. Нерастворим в воде

12. Установите соответствие

Название жирной кислоты	Структурная формула жирной кислоты
1. Пальмитиновая	А. $C_{17}H_{35}COOH$
2. Арахидоновая	В. $C_{17}H_{31}COOH$
3. Линоленовая	С. $C_{15}H_{31}COOH$
4. Стеариновая	Д. $C_{19}H_{31}COOH$
5. Линолевая	Е. $C_{17}H_{29}COOH$

Закончите определение:

13. Группа сложных липидов, образующаяся в результате соединения липидов с углеводами – это
14. Сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и остатков высших жирных кислот – это

Практические задания для самоконтроля №3 Липиды

1. Напишите формулы триацилглицеринов:

- 1-пальмитоил-2-линоленоил-3-стеароилглицерина;
- 1,2-арахидоноил-3-линоилглицерина, используя первый вариант изображения структуры жирных кислот.

Какой из данных ТАГ характерен для животных жиров, а какой для растительных масел?
Почему?

Эталон ответов на задания в тестовой форме

Эталон ответов на задания в тестовой форме №1 Белки

№ вопроса	Ответ
1	3
2	4
3	2
4	2
5	3
6	2,4
7	2
8	1
9	1,4
10	2,3
11	1-А, 2-С, 3-Д, 4-В
12	1-С, 2-Д, 3-В, 4-А, 5-Е
13	Белок Денатурация

Эталон ответов на задания в тестовой форме №2 Углеводы

№ вопроса	Ответ
1	3
2	2
3	1
4	2
5	2, 4
6	2
7	3, 4
8	1, 4
9	2
10	2
11	1-F, 2-B, 3-C, 4-A, 5-D
12	Моносахарид Гомополисахарид

Эталон ответов на задания в тестовой форме №3 Липиды

№ вопроса	Ответ
1	1
2	4
3	1
4	1, 3
5	2
6	4
7	1, 2
8	1, 3
9	1, 2
10	4
11	1-С, 2-D, 3-B, 4-A, 5-E
12	1-A, 2-B, 3-C
13	Гликолипиды Триацилглицерины

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

основной:

1. Пустовалова Л.М. Теория лабораторных биохимических исследований: учебное пособие/ Л.М. Пустовалова. – Изд. 6-е, перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 395с.
2. Пустовалова Л.М. Практика лабораторных биохимических исследований: учебное пособие/ Л.М. Пустовалова. – Изд.а 6-е, перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 332с.

дополнительной:

1. Березов Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2008. – 704 с.
2. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 624 с.
3. Биохимия: учебник / под ред. Е.С. Северина. – 5-е изд., испр. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 768с.
4. Марри Р. Биохимия человека / Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейес. – М.: Мир, 1993. – Т. 1-2.
5. Николаев А.Я. Биологическая химия / А.Я. Николаев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МИА, 2004. – 556с.