

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»

БИОХИМИЯ

краткий курс лекций

для студентов 2 курса

Направления подготовки

**35.03.07 Технология производства и
переработки сельскохозяйственной продукции**

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Нормативный срок обучения

4 года

Форма обучения

Очная

Саратов 2017

УДК 577.1
ББК 28.072
С48

Биологическая химия: краткий курс лекций для студентов 2 курса
Направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки
С48 сельскохозяйственной продукции / Сост.: П.В. Смутнев //ФГБОУ ВО
«Саратовский ГАУ». – Саратов, 2018. – 58 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Биологическая химия» составлен в соответствие с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам биологической химии, рассмотрены химические закономерности биологически активных веществ, физические и химические основы жизнедеятельности организма. Направлен на формирование у студентов знаний об основных биохимических законах и их использовании их в профессиональной деятельности.

УДК 577.1
ББК 28.072

©Смутнев П.В., 2017
© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2017

Введение

Биологическая химия является одним из важнейших разделов химической науки. В соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООп ВПО по направления подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» дисциплина изучает химические закономерности биологически активных веществ; основные физические, химические основы жизнедеятельности организма и процессы, происходящие в организме с точки зрения общепроцессуальной науки. Современная биологическая химия – настолько обширная область естествознания, что многие ее разделы представляют собой самостоятельные, хотя и связанные между собой научные дисциплины.

Краткий курс лекций по дисциплине «Биологическая химия» раскрывает основные законы биологической химии, на которых базируются последующие химические дисциплины, она включает в себя введение в биологическую химию, изучает основные классы биологически активных соединений, их превращения и связанные с ними превращения энергии в организме животных. Основное назначение биохимии сводится к тому, чтобы решать на молекулярном уровне задачи фундаментальные и общепроцессуальные.

Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, связанных с пониманием основных понятий и законов биологической химии, грамотным подбором условий и химических компонентов для решения профессиональных задач, использованием навыков основных законов естественнонаучных дисциплин для теоретических и экспериментальных исследований в ветеринарии.

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКУЮ ХИМИЮ. ХИМИЯ БЕЛКОВ. ХИМИЯ АМИНОКИСЛОТ, ПЕПТИДОВ

1.1. Предмет биологической химии и его значение

Биологическая химия – это наука о молекулярной сущности жизни. Она изучает химическую природу веществ, входящих в состав живых организмов, их превращения, а также связь этих превращений с деятельностью клеток, органов и тканей и организма в целом.

Главная задача биохимии – установление связи между молекулярной структурой и биологической функцией химических компонентов живых организмов.

Биохимия включает три раздела:

- *Статическая биохимия* изучает количественный и качественный состав живых организмов.
- *Динамическая биохимия* изучает превращения химических соединений и связанные с ними превращения энергии в организме животных.
- *Функциональная биохимия* вскрывает связи между процессами превращения веществ организма и функциями в тканях и органах.

Главными направлениями задач являются:

- Дифференцировка клеток высших организмов (эукариот);
- Организация и механизм функционирования генома;
- Регуляция действия ферментов и теория энзиматического катализа;
- Молекулярные основы соматических и наследственных заболеваний животных, злокачественного роста, иммунитета;
- Рациональное питание;
- Биосинтез белка;
- Биологические мембраны и биоэнергетика.

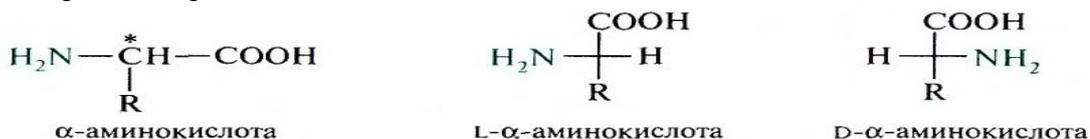
1.2. Классификация, строение и свойства аминокислот

Аминокислотами называются гетерофункциональные органические соединения, молекулы которых содержат одновременно аминную и карбоксильную группы.

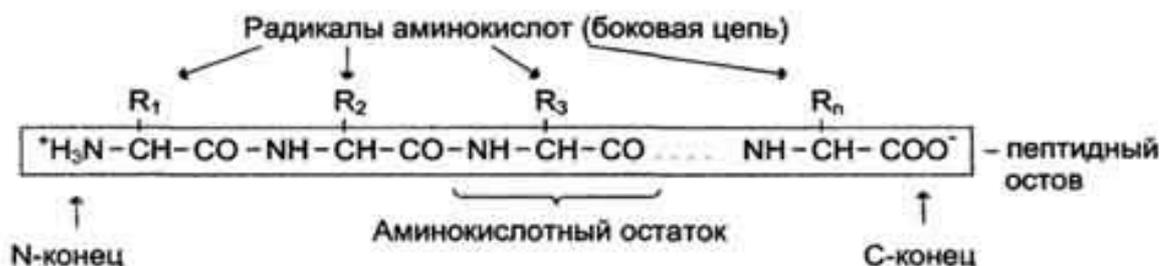
В организме млекопитающих найдено около 70 аминокислот, причем 20 из них входят в состав всех белков (протеиногенные аминокислоты), также имеется ряд минорных аминокислот, являющихся компонентами лишь некоторых белков.

Для протеиногенных аминокислот характерны общие свойства:

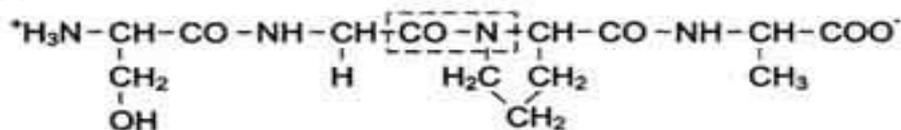
- являются производными карбоновых кислот;
- являются α-аминокислотами;
- в растворах и кристаллическом виде являются амфолитами;
- для всех α-аминокислот (кроме глицина) характерна оптическая активность и могут существовать в виде двух оптических активных энантиомеров (D- и L-ряды) и одного оптически неактивного рацемата. Природные и содержащиеся в организме аминокислоты – это L-стереоизомеры:



Из 20 α-аминокислот, восемь (*вал, лей, изолей, лиз, тре, мет, фен, три*) – являются незаменимыми, т.е. без них не происходит полноценный синтез белков.

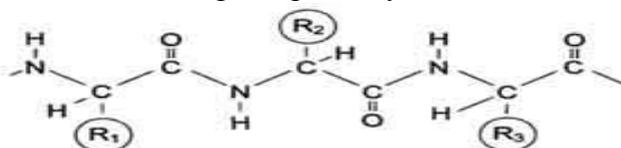


При названии полипептида к сокращённому названию аминокислотных остатков добавляют суффикс **-ил**, за исключением С-концевой аминокислоты:



Тетрапептид: серилглицилпролилаланин

Пептиды различаются по аминокислотному составу, количеству и порядку соединения аминокислот. Пептидная связь имеет характеристику частично двойной связи:



Транс-конфигурация пептидных связей и радикалов

В живых организмах пептидные связи в белках разрываются с помощью специальных протеолитических ферментов (от англ. *protein* - белок, *lysis* - разрушение), называемых протеазами, или пептидгидролазами.

Биологическая роль пептидов: В организме животных вырабатывается множество пептидов, участвующих в регуляции различных биологических процессов и обладающих высокой физиологической активностью. По основному физиологическому действию условно пептиды делят на следующие группы:

- пептиды, обладающие гормональной активностью;
- пептиды, регулирующие процессы пищеварения;
- пептиды, регулирующие тонус сосудов и артериальное давление;
- пептиды, регулирующие аппетит;
- пептиды, обладающие обезболивающим действием
- пептиды, участвующие в регуляции высшей нервной деятельности.

1.4. Характеристика, функции и классификация белков

Белки – высокомолекулярные азотсодержащие органические вещества, состоящие из остатков α-аминокислот, соединенных между собой пептидной связью.

Классификация: Белок, состоящий только из α-аминокислот называется *протеином* (от греч. *protos* – простой); белок, состоящий из α-аминокислот и других органических и неорганических веществ называется *протеидом* (сложный белок).

Простые белки: альбумины, глобулины, гистоны, коллагены, кератины, проламины.

Сложные белки: фосфопротеины, нуклеопротеины, хромопротеины, липопротеины, гликопротеины.

Функции белков: Структурная или опорная, каталитическая, транспортная; сократительная, регуляторная, защитная, энергетическая (при распаде 1г белка образуется 16,8-17,6 кДж энергии), когенетическая, питательная.

1.5. Структурная организация белков

4 уровня структурной организации белков:

Первичная структура – специфический набор и последовательность аминокислот в белковой цепочке. В каждом организме свои белки с разной первичной структурой.

Вторичная структура – это способ скручивания цепи в пространстве за счет водородных связей между группами NH и CO. Различают конформацию: α -спираль и складчатая β -структура (наз. складчатый лист или слой).

Третичная структура – это трехмерная конфигурация закрученной α -спирали или β -структуры в пространстве, приводящая к сгибанию полипептидных цепей и спиралей в агрегаты разнообразной формы. Образуется за счет дисульфидных мостиков -S-S- между цистеиновыми остатками, водородных связей, гидрофобных и ионных взаимодействий разных функциональных групп остатков аминокислот.

Четвертичная структура – агрегаты нескольких белковых макромолекул с небелковыми фрагментами, объединенные в одну субъединицу. Эта структура характерна для сложных белков, а именно нативных белковых тел.

1.6. Физико-химические свойства белков

Физико-химические свойства белков зависят от их класса. Молекулы *фибриллярных* белков вытянуты в длину, нитеобразны и склонны группироваться одна возле другой с образованием волокон – это основной строительный материал сухожилий, мускульных и покровных тканей. Такие белки в воде нерастворимы. *Глобулярные* белки компактны, цепи изогнуты и имеют форму сферы или клубочка, они выполняют ряд жизненных функций, требующих их подвижности, и следовательно, растворимости.

Белки, находящиеся в нативном белковом теле чувствительны к внешним воздействиям, они теряют свои изначальные физико-химические и биологические свойства даже от незначительных изменений температуры, pH-среды, радиации и других воздействий, выпадая в осадок (денатурация, высаливание).

Для белков характерны электрохимические свойства. В электрическом поле белковые молекулы передвигаются к различным полюсам: отрицательно заряженные белки перемещаются к «+» заряженному электроду и наоборот. Белковая молекула, лишенная заряда находится в изоэлектрическом состоянии, а pH при этом называется изоэлектрической точкой (pI). Она является характерной константой и для большинства белков животных тканей лежит в пределах от 5,5 до 7,0, что свидетельствует о частичном преобладании кислых аминокислот. В изоэлектрической точке белки неустойчивы и выпадают в осадок (коагулируют). При добавлении электролита белок может перезарядиться и возвращаться в растворенное состояние – явление *пептизации*.

Более того, белки обладают *специфичностью*, т.е. для каждого живого организма свой набор специфических белков. Для них характерно явление *диффузии* и *осмоса*, обладают определенным *осмотическим давлением*.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое биологическая химия? Что она изучает? Назовите главные направления задач биохимии.
- 2) Какие соединения называются аминокислотами? Приведите классификацию по биологическому значению аминокислот, по полярности радикалов и химическому строению.
- 3) Приведите структурные формулы 20 аминокислот, входящих в состав живого организма. Назовите их.
- 4) Охарактеризуйте физико-химические свойства аминокислот. Напишите соответствующие уравнения реакций.
- 5) Какая связь называется «пептидной»? Строение и биологическая роль пептидов.

6) Напишите образование пептида, состоящего из следующих аминокислот: аланина, валина, тирозина, лейцина, аспарагиновой кислоты, глутамина, лизина, гистидина. Назовите пептид согласно номенклатуре.

7) Какие соединения называются белками? Приведите их классификацию

8) Структурная организация и основные функции белков. Приведите примеры

9) Охарактеризуйте физико-химические свойства белков.

10) Что называется изоэлектрической точкой белка. Приведите примеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.

2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.

3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.

4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.

5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.

2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.

3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.

5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.

6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.

7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.

8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.

9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 2

ФЕРМЕНТЫ

2.1. Характеристика, классификация и номенклатура ферментов

Биохимические реакции, протекающие в живой клетке, требуют участие биокатализаторов – **ферментов** (*энзимы*). Слово "фермент" происходит от лат. *fermentum* - закваска, а "энзим" - от греч. *ειν* - в, внутри. Это вещества сложного строения, белковой структуры. Вещества, которые ферменты подвергают химическому превращению, называются **субстратами**. Большинство ферментов обладает четвертичной структурой. Молекулярная масса ферментов: 12тыс.–1млн. Дальтон. Размеры ферментов значительно превышают размеры субстратов.

Если небелковая часть фермента состоит из неорганических веществ (ионы металлов) ее называют **кофактором**. Если состоит из сложных органических веществ

(водорастворимые витамины) и обуславливает активность фермента, эту часть называют **коферментом** (коэнзимом). Белковую часть в ферменте называют **апоферментом** (апоэнзимом). Весь каталитически активный фермент вместе с небелковой частью называется **холоферментом**.

Установлено, что коэнзим определяет *региоселективность* биохимических процессов по типам реакций, а апоэнзим отвечает за формирование субстратной *специфичности*.

Успешное функционирование некоторых ферментов требует присутствия в организме микродоз некоторых металлов (Mg, Zn, Mo, Cu), которые являются *активаторами* ферментов. Коферменты и ионы металлов – термостабильны, а белковая часть – термолабильна.

Известно более 1 тыс. ферментов. Ферменты имеют тривиальные названия, которые составляются путем прибавления окончания – **аза** к слову, обозначающему субстрат на который действует фермент. Исключения составляют пищеварительные ферменты, для которых укоренились названия, оканчивающиеся на **ин**.

В настоящее время используется схема классификации и рациональной номенклатуры ферментов, принятые в 1961 г. Международным биохимическим союзом. В основу её положен тип химической реакции, катализируемой данным ферментом и его специфичность. При этом каждый фермент обозначается кодом из четырех цифр (например, КФ 1.1.1.27):

1 *цифра* – класс ферментов, она указывает на тип химической реакции, катализируемой ферментами.

2 *цифра* – обозначает подкласс, уточняет действие фермента, указывая на природу химической группы субстрата, атакуемой ферментом;

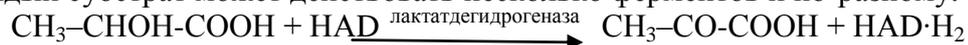
3 *цифра* – подподкласс, еще более конкретизирует действие фермента, уточняя природу атакуемой связи субстрата и природу акцептора;

4 *цифра* – обозначает порядковый номер фермента в данном классе.

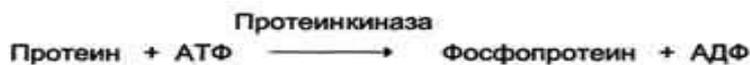
Согласно Международной **классификации** ферменты делят на 6 классов:

1. **Оксидоредуктазы** – катализируют окислительно-восстановительные реакции, лежащие в основе биологического окисления. Они делятся на анаэробные и аэробные дегидрогеназы (оксидазы).

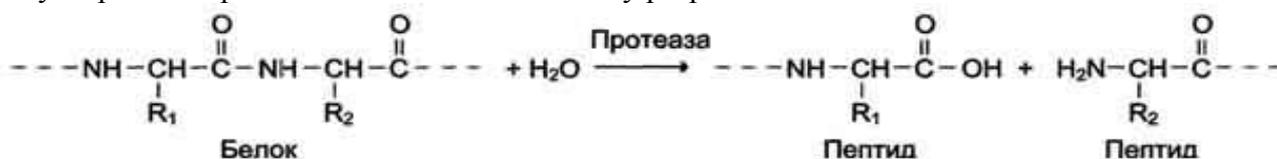
На каждый субстрат может действовать несколько ферментов и по-разному:



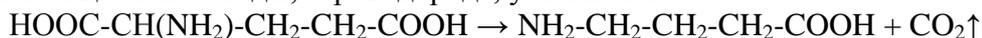
2. **Трансферазы** – обеспечивают перенос целых функциональных групп и остатков (ацильных, фосфатных, гликозидных и др.) от одного субстрата к другому:



3. **Гидролазы** – катализируют разрыв внутримолекулярных связей (кроме –С-С-связи) в субстратах с присоединением воды по месту разрыва:



4. **Лиазы** – катализируют разрыв связей в субстратах без присоединения воды, т.е. осуществляют не гидролитическое расщепление связей –C-C-, -C-O-, C-N, -C-S, а также участвуют в отщеплении воды, сероводорода, углекислого газа.



5. **Изомеразы** – осуществляют внутримолекулярные перегруппировки с образованием изомеров:



6. **Лигазы (синтеказы)** – катализируют образование связей –C-C-, -C-O-, C-N, -C-S, а именно осуществляют синтез соединения двух субстратов, участвуют в расщеплении пирофосфатных связей, чем поставляют энергию для синтеза.



2.2. Структура и механизм действия ферментов

В трехмерной структуре фермента различают несколько функциональных участков. Сочетание функциональных групп определенных аминокислотных остатков, необходимых для осуществления ферментативной реакции, получило название **активного центра фермента**. В нем содержится *контактный* участок, обеспечивающий связывание субстрата ферментом, и *каталитический* центр, принимающий непосредственное участие в осуществлении ферментативной реакции.

Функциональные группы субстратов, участвующие в реакции, аминокислотные остатки и функциональные группы активного центра вследствие наличия вторичной и третичной структуры белка, т.е. изогнутости и скручивания цепи в пространстве, расположены близко друг к другу. Это свойство активного центра называют эффектом *сближения* и *ориентации* реагентов. Такое упорядоченное расположение субстратов вызывает уменьшение энтропии и, как следствие, снижение энергии активации (E_a), что определяет каталитическую эффективность ферментов.

В участке связывания субстрат взаимодействует с ферментом, формируя фермент-субстратный комплекс. В каталитическом участке субстрат претерпевает химическое превращение в продукт, который затем высвобождается из активного центра фермента. Схематично процесс катализа можно представить уравнением:

$E + S \leftrightarrow ES \leftrightarrow EP \leftrightarrow E + P$, где E - энзим, S - субстрат, P - продукт. Данные обозначения общеприняты и происходят от английских слов *enzyme, substrat, product*.

Некоторые ферменты имеют **аллостерический** или **регуляторный центр**. Такие ферменты имеют четвертичную структуру и катализируют важнейшие участки метаболизма. Аллостерический центр удален от активного центра и находится в другом месте молекулы фермента (с греч. *allos* - другой, *stereos* – место). К нему присоединяются вещества, регулирующие активность фермента. Эти вещества называются **аллостерическими эффекторами** или **модуляторами**. Эффекторы, увеличивающие активность фермента и соответственно, ускоряющие скорость реакции называются **активаторами**, а уменьшающие активность и замедляющие скорость реакции –

ингибиторами. Ингибиторы бывают *необратимые* и *обратимые*. По механизму действия они делятся на *конкурентные обратимые ингибиторы* и *неконкурентные*.

2.3. Свойства энзимов

Ферменты - белковые молекулы, они обладают всеми свойствами, характерными для белков, но имеют особенности строения, характеризующие их как катализаторы.

Основные свойства ферментов как биологических катализаторов:

1. Специфичность определяет биологическую значимость ферментов. В зависимости от строения активного центра фермента различают:

А) Субстратная специфичность, которая бывает:

- *Абсолютная субстратная специфичность* – активный центр фермента комплементарен только одному субстрату.

- *Групповая субстратная специфичность* - многие ферменты катализируют однотипные реакции и взаимодействуют с субстратами, имеющими общие структурные особенности.

- *Стереоспецифичность*. При наличии у субстрата нескольких стереоизомеров фермент проявляет абсолютную специфичность к одному из них.

Б) Каталитическая специфичность. Фермент катализирует превращение присоединённого субстрата по одному из возможных путей его превращения. Это свойство обеспечивается строением каталитического участка активного центра фермента и еще называется специфичностью пути превращения субстрата.

2. Активность ферментов. Ее мерой является скорость реакции и зависит от многих факторов: рН среды, температуры, концентрации субстрата (ненасыщенная), и количества фермента: чем больше концентрация фермента в клетке, тем выше скорость реакции.

Вопросы для самоконтроля

1) Общая характеристика ферментов. Что называют: кофактором, коферментом, апоэнзимом и холоферментом.

2) Классификация и номенклатура ферментов. Какие классы ферментов Вы знаете? Приведите примеры реакций.

3) Структура активного центра фермента и механизм действия энзимов.

4) Аллостерический центр фермента. Классификация аллостерических эффекторов.

5) Назовите основные свойства ферментов как биологических катализаторов. Дайте характеристику субстратной и каталитической специфичности.

6) Активность фермента. От каких факторов она зависит?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.

2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.

3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.

4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.

5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.

2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 3

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

3.1. Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот

Нуклеиновые кислоты (НК) – высокомолекулярные, водорастворимые природные полимеры, содержащиеся в ядрах (nucleus – ядро) растительной, живой или бактериальной клеток, клеточной плазме и рибосомах. Полимерные цепи нуклеиновых кислот построены из мономерных единиц – нуклеотидов, которые, связываясь с белками солеобразными и водородными связями, образуют *нуклеопротеиды*.

Делятся на рибонуклеиновые (РНК) и дезоксирибонуклеиновые (ДНК).

ДНК отвечает за хранение и передачу наследственных признаков. Роль посредника между ДНК и местом синтеза белка выполняет РНК. Процесс синтеза белка на основе генетической информации включает две основные стадии: считывание информации (*транскрипция*) и синтез белка (*трансляция*). Клетки содержат 3 типа РНК:

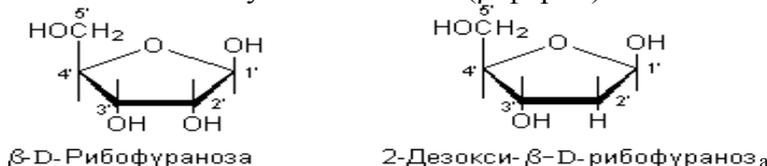
- *информационная* или *матричная* РНК считывает и переносит генетическую информацию от ДНК, содержащихся в хромосомах, к рибосомам.
- *транспортная* РНК переносит аминокислоты к рибосомам, где они соединяются пептидными связями в определенной последовательности, которая задает м-РНК.
- *рибосомальная* РНК непосредственно участвует в синтезе белков на рибосомах.

Также НК выполняют функции кофакторов, аллостерических эффекторов.

3.2. Химический состав нуклеиновых кислот

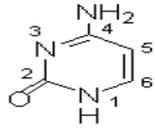
Нуклеотид – представляет собой трехкомпонентное образование, включающее гетероциклическое основание, углеводный остаток и фосфорную кислоту.

Углеводными компонентами служат 2 пентозы (β -форма):

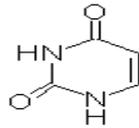


Азотистыми основаниями являются производные пурина (аденин и гуанин) и пиримидина (цитозин, урацил, тимин), которые входят в состав НК в лактамной форме. Причем, А, Г и Ц входят в состав РНК и ДНК. У - только в РНК, а Т – в ДНК:

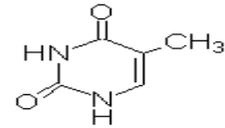
Пиримидиновые основания



Цитозин (Ц)
(4-амино-2-оксопиримидин)

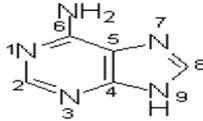


Урацил (У)
(2,4-диоксопиримидин)

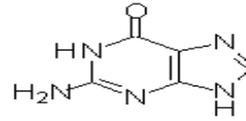


Тимин (Т)
(5-метил-2,4-диоксопиримидин)

Пуриновые основания



Аденин (А)
(6-аминопурин)

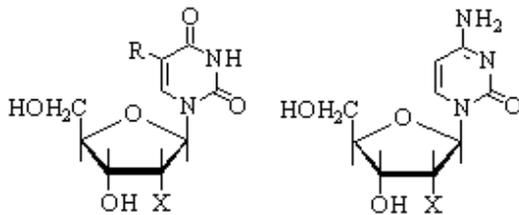


Гуанин (Г)
(2-амино-6-оксопурин)

3.3. Схема образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК

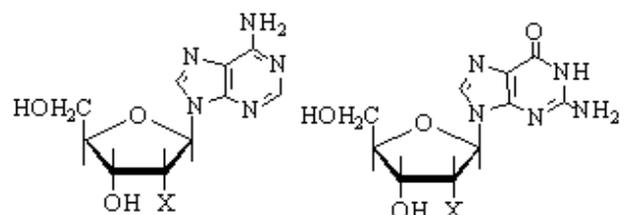
Пентозы, соединяясь с азотистыми основаниями, образуют **нуклеозиды**. Пуриновые основания присоединяются по 9-му, а пиримидиновые - по 1-му атому азота β-N-гликозидной связью:

Пиримидиновые нуклеозиды



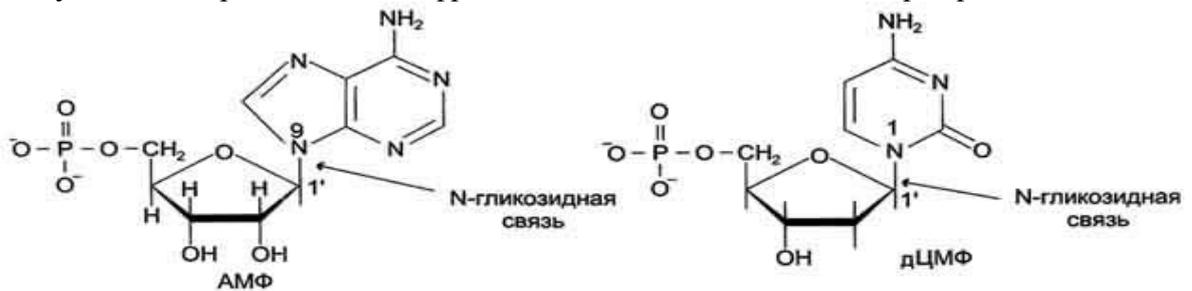
Уридин (R=H, X=OH) Цитидин (X=OH)
Тимидин (R=CH₃, X=H) Дезоксицитидин (X=H)

Пуриновые нуклеозиды

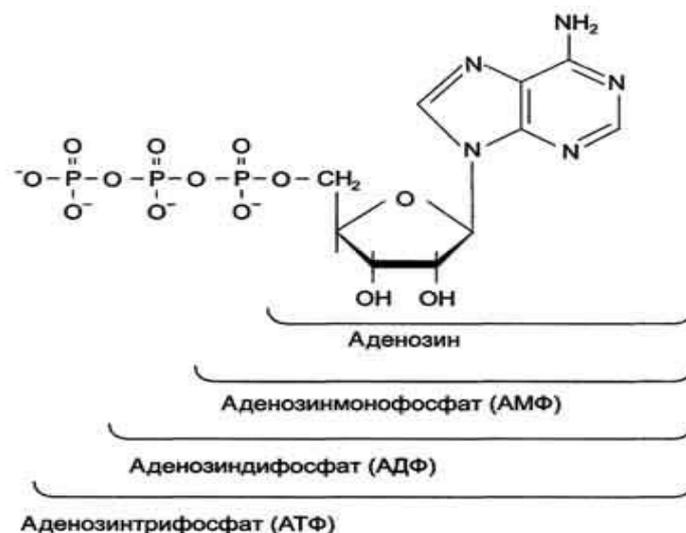


Аденозин (X=OH) Гуанозин (X=OH)
Дезоксиаденозин (X=H) Дезоксигуанозин (X=H)

Нуклеозид взаимодействует с фосфорной кислотой, которая присоединяется по 5 атому углерода пентозы сложноэфирной связью, с образованием **нуклеотида**. При названии мононуклеотида прибавляется цифра 5' или слово «моно» и слово «фосфат»:

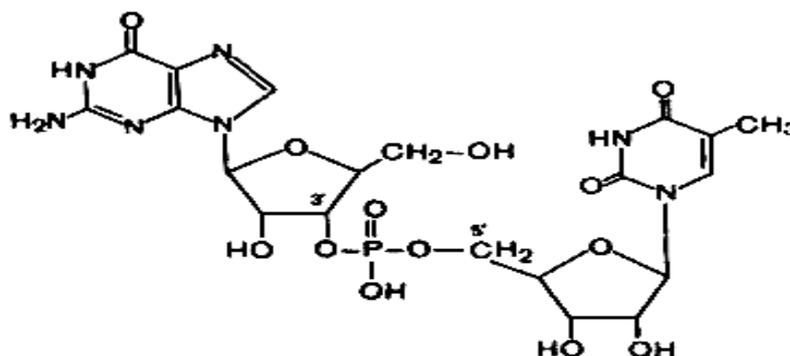


Нуклеозид может присоединять два и три остатка H₃PO₄, образуя ди- и трифосфаты. При этом ангидридная связь между остатками H₃PO₄ является макроэргической:



3.4. Структура нуклеиновых кислот

Первичная структура НК (ДНК и РНК) – специфический порядок чередования мононуклеотидов (АМФ, ТМФ, ЦМФ, УМФ и ГМФ) в длинной цепи. Мононуклеотиды связаны между собой за счет остатков фосфорной кислоты 3,5-сложноэфирной связью:



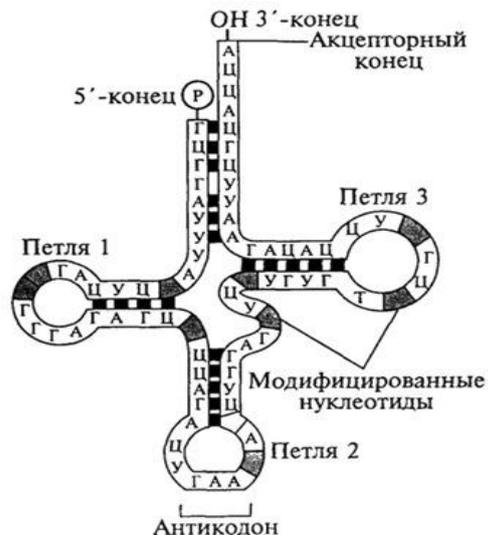
Вторичная структура – это форма молекулы в пространстве.

Вторичная структура ДНК: Д. Уотсон и Ф. Крик в 1953 г предложили пространственную модель молекулы ДНК: макромолекула представляет собой спираль, состоящую из двух полинуклеотидных цепей, закрученных вокруг общей оси. Пуриновые и пиримидиновые основания направлены внутрь спирали. Между пуриновым и пиримидиновым основанием возникают водородные связи: А=Т и Г≡Ц (*правило Чаргаффа*). В каждой паре оснований, связанных водородными связями, одно из оснований пуриновое, другое пиримидиновое. Таким образом, две спирали в молекуле ДНК комплементарны друг другу, последовательность нуклеотидов в одной из них однозначно определяет строение другой.

Двухспиральная структура с комплементарностью цепей обеспечивает возможность самоудвоения (*репликации*) этой молекулы.

Вторичная структура РНК: Макромолекулы представляют собой одну полипептидную цепь, принимающую различные пространственные формы, в том числе и спиралеобразные. Число нуклеотидов может колебаться от сотни до нескольких тысяч, что значительно меньше, чем в ДНК.

Полинуклеотидные цепи т-РНК имеют форму «клеверного листа». В ней различают: *акцепторный конец* – к нему прикрепляется своей -COOH группой аминокислота. *Антикодоновая петля* – содержит специальный триплет нуклеотидов, который кодирует определенную аминокислоту (стандартных триплетов = 64).



Третичная структура РНК – это форма спирали в виде клубка, свернутого листа и др.

3.5. Общая схема биосинтеза белка

Биосинтез белка - циклический энергозависимый многоступенчатый процесс, в котором свободные аминокислоты полимеризуются в генетически детерминированную последовательность с образованием полипептидов. Протекает во всех органах, тканях и клетках. Синтез осуществляется рибосомами, которые представляют собой нуклеопротеины (РНК и белка), состоящие из 2 субчастиц. Другим компонентом белоксинтезирующей системы являются т-РНК.

Общая схема биосинтеза белка: Участок ДНК, содержащий в последовательности своих нуклеотидов информацию о последовательности аминокислотных звеньев в синтезируемом белке, называют **геном**. Информация с ДНК поступает на м-РНК, где идет копирование участка ДНК. Транскрипция - первая стадия реализации генетической информации в клетке. В ходе процесса образуются молекулы м-РНК, служащие матрицей для синтеза белков, а также тРНК, рРНК, выполняющие структурные, адапторные и каталитические функции.

Транскрипция у эукариотов происходит в ядре. Далее м-РНК выходит из ядра в цитоплазму, соединяется с рибосомами и становится р-РНК. В цитоплазме клетки есть свободные аминокислоты, которые соединяются с т-РНК (**антикодон**), переносятся на рибосому, где каждому антикодону соответствует **кодон**. Например: антикодон аминокислоты лизина (УУЦ) комплементарен кодону (ААГ) по правилу Чаргаффа.

В рибосоме т-РНК с аминокислотой своими антикодонами присоединяются к кодонам в порядке, определенном размещением кодонов в р-РНК, создаются условия для синтеза полипептидной цепи, образуется первая пептидная связь (**инициация цепи**). Затем происходит процесс удлинения полипептидной цепи (**элонгация**) в пептидном центре рибосомы, где происходит последовательное присоединение других аминокислот. Рибосома передвигается вдоль полипептидной цепи р-РНК (**трансляция**). Достигает ее конца и «соскакивает» (**терминация**). К противоположному концу р-РНК на ее место присоединяется новая рибосома, начинается синтез новой молекулы полипептидной цепи.

3.6. Биологический код и его свойства

Структура белков определяется набором и порядком расположения аминокислот в их пептидных цепях. Эта последовательность аминокислот в пептидах зашифрована в молекулах ДНК с помощью **биологического (генетического) кода**.

В 1954г. Г.Гамовым было высказано предположение, что кодирование информации в молекулах ДНК должно осуществляться сочетаниями нескольких нуклеотидов. В многообразии белков, существующих в природе, было обнаружено 20 аминокислот. Для

шифровки такого их числа достаточное количество сочетаний нуклеотидов может обеспечить лишь *триплетный код*, в котором каждая аминокислота шифруется тремя стоящими рядом нуклеотидами (это свойство триплетного кода, названное *вырожденностью*). В этом случае из четырех нуклеотидов образуется $4^3 = 64$ триплета. Причем, 61 кодирует различные аминокислоты; оставшиеся 3 получили название бессмысленных, или «нонсенс-триплетов». Они выполняют функцию знаков препинания при считывании наследственной информации. Относятся АТТ, АЦТ, АТЦ.

В процессе изучения свойств генетического кода была обнаружена его *специфичность*. Каждый триплет способен кодировать только одну определенную аминокислоту. *Коллинеарность* – последовательность кодонов соответствует последовательности аминокислот в кодируемом белке.

Интересным фактом является полное соответствие кода у различных видов живых организмов. Такая *универсальность* генетического кода свидетельствует о единстве происхождения всего многообразия живых форм на Земле в процессе биологической эволюции (однако в митохондриях млекопитающих есть исключения).

Важнейшими характеристиками генетического кода также являются его *непрерывность* и *неперекрываемость кодонов при считывании*. Это означает, что последовательность нуклеотидов считывается триплет за триплетом без пропусков или возвратов назад, при этом соседние триплеты не перекрывают друг друга. Однако ясно, что биологический код не может проявить себя без дополнительных молекул, которые выполняют переходную функцию или функцию адаптора (т-РНК).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот.
- 2) Чем отличается химический состав ДНК и РНК. Напишите химическое строение всех компонентов НК.
- 3) Напишите схемы образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК.
- 4) Первичная, вторичная и третичная структуры ДНК.
- 5) Особенности первичной, вторичной и третичной структуры РНК.
- 6) Общая схема биосинтеза белка. Назовите все основные процессы биосинтеза.
- 7) Способ записи генетической информации в ДНК. Биологический код и его свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.

5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 4

ГОРМОНЫ

4.1. Гормоны: общая характеристика классификация и свойства

Гормоны (от греч. *возбуждать*) – биологически активные вещества, образующиеся в результате деятельности желез внутренней секреции и принимающие участие в регуляции физиологических функций организма и обмена веществ. Они являются промежуточным звеном между нервной системой и ферментами. Синтезированные в железах гормоны переносятся с током крови к органам-мишеням и там либо повышают каталитическую активность соответствующих ферментов, либо ускоряют их биосинтез. Вместе с тем существуют тканевые и нейрогормоны, которые, минуя кровяной поток, воздействуют на клетки-мишени расположенные в непосредственной близости от места их синтеза. Гормонпродуцирующие железы локализованы в различных участках организма в условиях жесткой иерархии, обуславливающей контроль одних гормонов за синтезом других. Наука, изучающая действие гормонов на живые системы, называется *эндокринологией*.

Гормонам присущи общие *биологические свойства*:

- дистантность действия, т.е. регулируют обмен и функции эффекторных клеток на расстоянии;
- строгая специфичность биологического действия, т.е. один гормон нельзя целиком заменить другим;
- высокая биологическая активность – для проявления эффекта достаточно малого (десяток микрограмм) количества гормона.

Номенклатура: Химические наименования гормонов точно отражают их структуру, но очень большие, поэтому чаще применяют тривиальные названия. Принятая номенклатура указывает либо на источник гормона, либо отражает его функцию. Для некоторых гормонов гипофиза, гипоталамических гормонов разработаны новые рабочие названия.

Классификация:

1. *Анатомическая* - основана на месте природного синтеза гормонов.
2. По *химической классификации* все гормоны можно разделить на 3 группы:
 - Аминокислоты и продукты их превращений: тироксин и родственные гормоны щитовидной железы, катехоламиновые гормоны.
 - Пептиды и белковые гормоны - наиболее представительная группа гормонов.
 - Стероидные гормоны регулируют процессы обмена веществ, роста, размножения и старения, выделяются половыми железами и корковым веществом надпочечников. Поэтому в зависимости от биологического действия делятся на половые и кортикоидные гормоны (кортикостероиды).
3. По *механизму передачи сигналов*:
 - Пептидные гормоны и адреналин. Они не проникают через мембрану, а связываются с рецепторами мембран. *Рецепторы* – химические белковые структуры клеток-мишеней, содержащие комплементарные участки связывания с гормоном;

- Стероидные гормоны, являясь гидрофобными соединениями, проникают через мембраны и в клетке связываются со своим рецептором.

4. Классификация гормонов по их биологическим функциям:

- Гормоны, регулирующие обмен углеводов, жиров, аминокислот;
- Гормоны, регулирующие водно-солевой обмен;
- Гормоны, регулирующие обмен кальция и фосфатов;
- Гормоны, регулирующие репродуктивную функцию;
- Гормоны, регулирующие функции периферических эндокринных желез.

5. По растворимости гормоны делятся на:

- *Гидрофильные*: имеют пептидную природу или являются производными аминокислот; способны накапливаться в клетках желез; не проникают в клетку; связываются с рецептором, находящимся на мембране; транспортируются в потоке крови без переносчиков.

- *Липофильные*: секретируются в кровь сразу после синтеза; проникают через мембрану; связываются с внутриклеточными рецепторами; регулируют транскрипцию отдельных генов; транспортируются с белками переносчиками.

4.2. Механизм действия гормонов и виды мембраносвязанных рецепторов

Различают варианты действия гормонов: *1. Мембрано-опосредованный механизм*. Он характерен для водорастворимых гормонов, которые не проникают в клетку и поэтому влияют на обмен веществ опосредовано, через химические посредники (дискриминатор, преобразователь, усилитель), находящиеся в клетке:

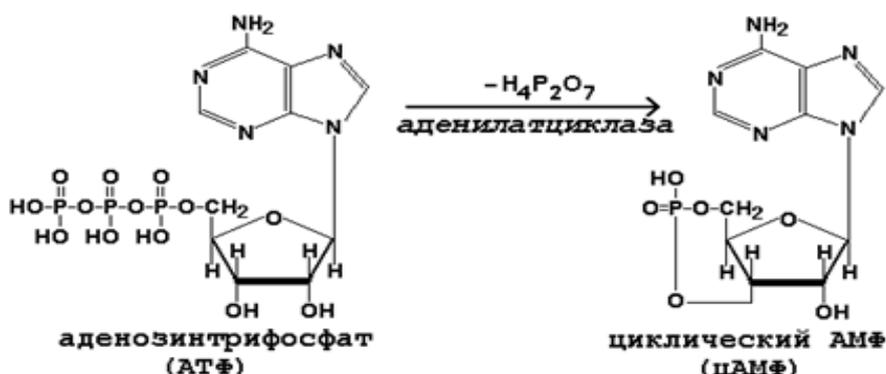
Входящий сигнал → *дискриминатор* → *преобразователь* → *усилитель* → *выходящий сигнал*

Схема 1 – Передача информационного сигнала по M.Rodbell

Дискриминатор (рецептор) – селекционирует и узнает соответствующий гормон и создает условия для каскадного усиления гормонального сигнала.

Усилитель (фермент аденилатциклаза) – компонент рецепторной системы, который воспринимает и многократно усиливает гормональный сигнал.

Преобразователь (регулятор) – это два белка, имеющие сродство с гуанозинтрифосфатом (ГТФ) и называются G-белки. Они связаны с рецептором и аденилатциклазой. Один из белков является активатором аденилатциклазы (G_{st}), другой – ингибитором (G_{ing}). При трансляции и усилении сигнала гормон, взаимодействуя с рецептором, изменяет его конформацию, при этом происходит диссоциация комплекса G_{st} -белок-ГДФ. Этот комплекс взаимодействует с сульфгидрильной группой аденилатциклазы и активирует данный фермент. Активная аденилатциклаза катализирует процесс синтеза цАМФ (вторичный посредник) из АТФ.



Циклические нуклеотиды далее активируют протеинкиназы - это тетрамеры, состоящие из двух каталитических (C_2) и двух регуляторных (R_2) субъединиц, локализованные во всех отсеках цитоплазмы и ядре. Разные протеинкиназы фосфорилируют разные белки. Поэтому биологические эффекты окажутся разными, что и

позволяет определять нормальную жизнедеятельность клетки.

К таким вторичным мессенджерам относятся и цГМФ, только гуанилатциклазная система основана на активизации гуанилатциклазы и образовании цГМФ.

2. Мембранный тип. Гормон действует как аллостерический эффектор транспортных систем мембран. Этот тип действия гормонов встречается редко.

3. Цитозольный механизм действия. Характерен для липофильных гормонов, способных проникать через липидный слой плазматической мембраны. Такие гормоны (стероидные, йодтиронины) проникают внутрь клетки и образуют комплекс с цитозольными рецепторами. Этот комплекс влияет на активность генов, регулирует количество ферментов, а значит обмен веществ и функции клетки.

Виды мембраносвязанных рецепторов

1. Рецепторы, обладающие каталитической активностью – при взаимодействии лиганда с рецептором активируется внутриклеточная часть (домен) рецептора, имеющий тирозинкиназную или тирозинфосфатазную или гуанилатциклазную активность. Так действуют СТГ, инсулин, пролактин, ростовые факторы, интерфероны.

2. Каналообразующие рецепторы – присоединение лиганда к рецептору вызывает открытие ионного канала на мембране. Так действуют нейромедиаторы.

3. Рецепторы, связанные с G-белками – передача сигнала от гормона происходит при посредстве G-белка, который влияет на ферменты, образующие вторичные посредники, которые передают сигнал на внутриклеточные белки. Так действуют большинство.

4.3. Гормоны центральных желез

Гормоны гипоталамуса: В нервных клетках гипоталамуса вырабатываются нейрогормоны (релизинг-факторы, от англ. release – освобождение), которые по системе капилляров достигают гипофиза, регулируя секрецию гипофизарных гормонов.

Открыто 7 стимуляторов (*либерины*) и 3 ингибитора (*статины*) секреции гормонов гипофиза: кортиколиберин, тиреолиберин, люлиберин, фоллиберин, соматолиберин, соматостатин, пролактостатин и меланостатин. По химическому строению гормоны гипоталамуса являются низкомолекулярными пептидами (олигопептиды).

Гормоны гипофиза: Синтезируются гормоны белковой и пептидной природы. В зависимости от места синтеза различают гормоны передней, задней и промежуточной долей гипофиза.

В передней доле вырабатываются *тропные* гормоны, которые стимулируют действие других эндокринных желез. По механизму их синтеза и биологическим функциям делят на 3 группы:

1. Гормон роста, пролактин.

2. Тиреотропин, лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормон.

3. Группа гормонов, образующихся из проопиомеланокортина (ПОМК) синтезируется в передней и промежуточной долях гипофиза и в некоторых других тканях (кишечнике, плаценте). Функции всех продуктов разрушения ПОМК недостаточно изучены.

К гормонам задней доли гипофиза условно относят *вазопрессин* и *окситоцин*, синтезируются они в особых нейронах гипоталамуса, отсюда переносятся разными нейронами в заднюю долю и поступают непосредственно в кровь. Основная биологическая функция окситоцина связана со стимуляцией сокращения гладкой мускулатуры матки при родах и сокращения мышечных волокон, расположенных вокруг альвеол молочных желез, вызывающего секрецию молока. Вазопрессин стимулирует и регулирует минеральный обмен и баланс жидкости. Оба гормона являются *нонапептидами*.

4.4. Гормоны периферических эндокринных желез

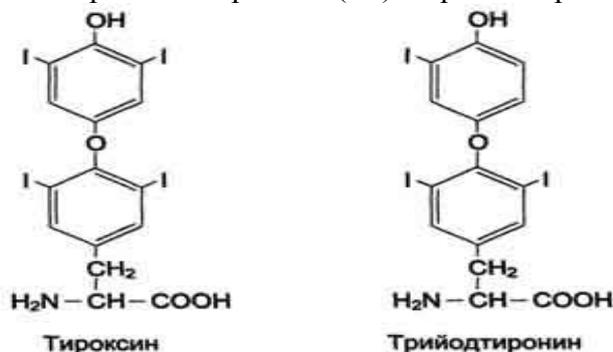
Гормоны поджелудочной железы. Относится к железам со смешанной (внешней и внутренней) секрецией, выделяющая поджелудочный (панкреатический) сок и гормоны. В островках поджелудочной железы образуются: глюкагон (источники: α-клетки), инсулин (β-клетки) и соматостатин (δ-клетки), поступающие непосредственно в кровь и регулирующие углеводный и жировой обмен.

- *инсулин* – ответственный за регуляцию метаболизма углеводов, жиров и белков. Стимулирует процессы клеточного дыхания и его сопряжение с фосфорилированием. Состоит из 2 полипептидных цепей, состоящих из аминокислот.

- *глюкагон* – 29 аминокислотных остатков – одна полипептидная цепь. Гормон активирует фосфорилазу печени, липазы тканей, вместе с инсулином образует единую систему регуляции сопряжения глюкозы в организме.

- *соматостатин* угнетает выделение соматотропина гипофизом, тормозит секрецию глюкагона, регулирует освобождение инсулина и гастрина.

Гормоны щитовидной железы. Вырабатываются два активных гормона, производные аминокислоты тирозина: тироксин (Т4) и трийодтиронин (Т3).



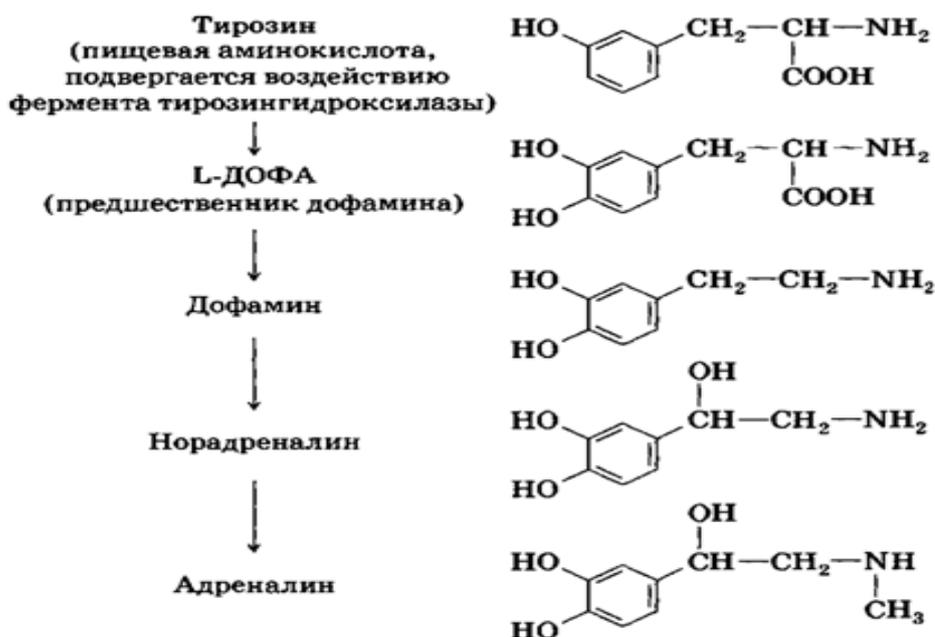
Высокая их гидрофобность является основанием для действия этих гормонов по цитозольному механизму.

Отмечают 3 основных эффекта гормонов:

- регуляция деления и дифференцировки клеток;
- регуляция энергетического обмена (калоригенное действие);
- индукция процессов транскрипции в биосинтезе многих белков.

Гормоны паращитовидной железы. Образуется два белковых гормона – кальцитонин (КТ) и паратгормон (ПТГ, паратиреоидный). Они регулируют в организме баланс ионов кальция и неорганического фосфата. ПТГ действует на клетки-мишени по мембрано-опосредованному механизму, причем это действие реализуется в почках, костной ткани и кишечнике. Кальцитонин является антагонистом паратгормона и ингибирует резорбцию костной ткани; уменьшает концентрацию кальция в плазме крови; способствует транспорту фосфора из крови в костную ткань; оказывает выраженное действие на почки, подавляя канальцевую реабсорбцию Са и Р.

Гормоны надпочечников. В надпочечниках различают мозговую и корковую слои. В мозговом слое образуются катехоламины: адреналин, норадреналин и их предшественники (дофамин). Они являются производными ароматической аминокислоты – тирозина:



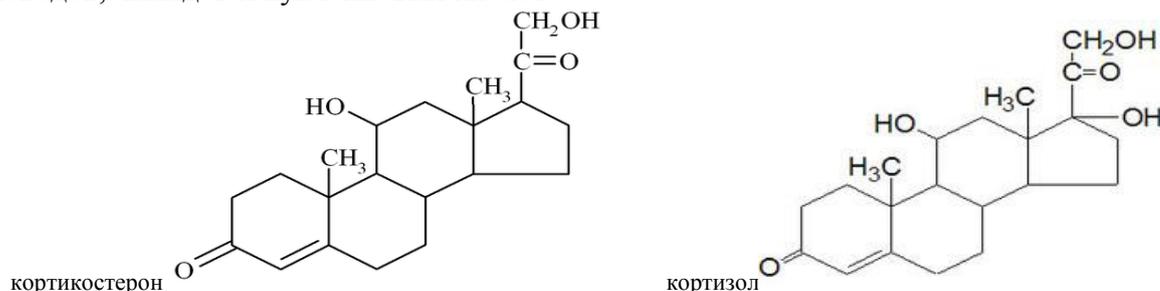
Адреналин участвует в регуляции сердечно-сосудистой системы, обмена углеводов (гликогенолиза и глюконеогенеза в печени и мышцах). При физиологических стрессах выделяется в кровь («гормон страха»).

Норадреналин отличается от адреналина более сильным сосудосуживающим и прессорным действием, меньшим стимулирующим влиянием на сокращения сердца, слабым действием на гладкую мускулатуру бронхов и кишечника, слабым влиянием на обмен веществ.

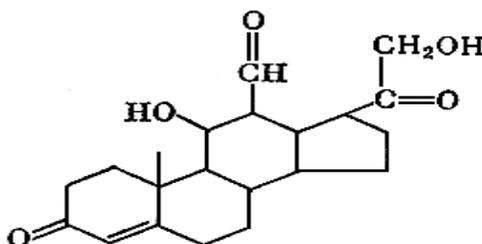
В *корковой части* эндокринной железы из холестерина образуются две группы **стероидных гормонов**. Основу структуры составляет углеводород прегнан.

1. **Кортикоиды** – известно 46 гормонов, недостаток любого из них приводит к нарушению обмена веществ. Боковая цепь в кортикостероидах у атома С-17 включает два атома углерода в виде группировки -CO-CH₂OH. Делят на две группы:

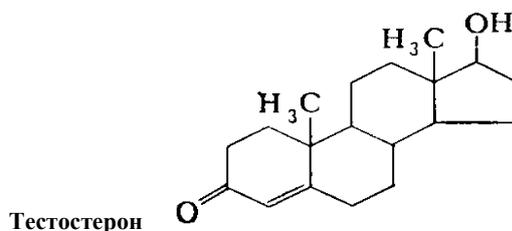
а. Глюкокортикоиды (кортизол, кортикостерон) контролируют многие стороны обмена углеводов, липидов и нуклеиновых кислот.



б. Минералокортикоиды участвуют в регуляции водного и солевого обмена (альдостерон):



2. **Половые гормоны** - выделяются гипофизом и половыми железами, от них зависит развитие специфических мужских и женских половых признаков и нормальное функционирование органов размножения. Относят женские гормоны (гестагены и эстрогены) и мужские (андрогены).



Вопросы для самоконтроля

- 1) Гормоны: общая характеристика, классификация и свойства.
- 2) Назовите белковые и пептидные гормоны. Дайте им характеристику.
- 3) Биологическое действие гормонов передней, промежуточной и задней доли гипофиза.
- 4) Гормоны щитовидной железы и её гипо- и гиперфункция.
- 5) Гормоны поджелудочной железы и мозгового вещества надпочечников.
- 6) Стероидные гормоны (коркового вещества надпочечников и половые гормоны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 5

ВИТАМИНЫ

5.1. Характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо- и гипервитаминозов

Витамины (от лат. «vita» - жизнь) - низкомолекулярные органические и биокоординационные вещества, присутствие которых необходимо в небольшом количестве в пище человека и животных для их нормальной жизнедеятельности.

Витамины являются регуляторами обмена веществ, многие из них - составные части ферментов. В отличие от других пищевых веществ: витамины не включаются в структуру тканей и не используются организмом в качестве источника энергии.

Каждый витамин имеет *три названия*: по наименованию того заболевания, которое развивается при отсутствии данного витамина в пище с приставкой **анти-**; обозначают буквой латинского алфавита; химическое название.

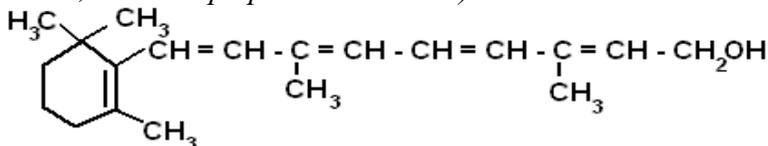
Заболевания, развивающиеся при полном отсутствии витаминов в пище, называется *авитаминоз*, при недостаточном поступлении - *гиповитаминоз*, при избыточном - *гипервитаминоз*. Причины а- и гиповитаминозов бывают экзогенные и эндогенные

Классификация: в зависимости от *растворимости* различают: жирорастворимые и водорастворимые витамины.

Помимо главных групп витаминов различают группу витаминоподобных веществ - это разнообразные химические вещества, обладающие витаминными свойствами. К ним относят: холин, липоевая кислота, витамин В₁₅, инозит, убихинон, парааминобензойная кислота, карнитин, ряд факторов роста и т.д.

5.2. Жирорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники

Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический)



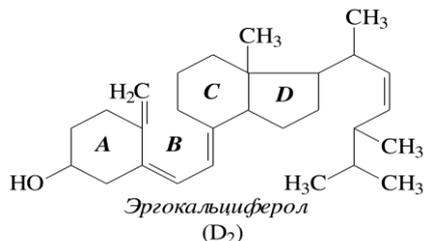
Различают А₁, А₂ и цис-форма витамина А₁. Биологическая роль заключается в его влиянии на барьерную функцию кожи, слизистых оболочек, проницаемость клеточных мембран, биосинтез их компонентов.

При *недостатке витамина* сухость кожи, себоррейный дерматит, повышенная чувствительность зубной эмали (гиперестезия), нарушение структуры покровных тканей и ороговение эпителия. Одним из основных симптомов является ксерофтальмия. К наиболее ранним симптомам относится куриная слепота (гемералопия).

Гипервитаминоз - воспаления глаз, мелкие трещины на губах и в уголках рта, сухость и пигментация кожи, выпадение волос, суставные боли, диффузное утолщение костей, общее истощение организма и т.д.

Источники: печень к.р.с. и свиней, яичный желток, молоко, сливки, рыбий жир. В растениях витамин содержится в виде своего предшественника - провитамина каротина, пастбищная трава, зеленый клевер, люцерна.

Витамин D (кальциферол, антирахитический). Существует в виде нескольких соединений, основе структуры которых лежит конденсированная кольцевая система циклопентанпергидрофенантрена. Для животных активными витаминомерами считаются витамины D₂ (эргокальциферол) и D₃ (холекальциферол).



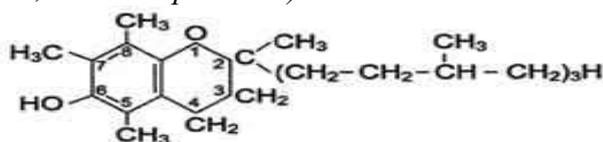
Витамин участвует в регуляции процессов всасывания Ca и P в кишечнике. Усиливает ДНК-зависимый синтез рибонуклеиновой кислоты, реакции

окислительного фосфорилирования. Способствует реабсорбции фосфатов, аминокислот, ионов Ca из первичной мочи в кровь. При недостатке у молодняка развивается рахит, у взрослых - остеомаляция, старых животных - остеопороз. У кур-несушек D-авитаминоз приводит к снижению яйценоскости и истончению яичной скорлупы.

Гипервитаминоз приводит к развитию гиперкальциемии, возникают боли в суставах и мышцах, нарушается пищеварение, сердечная деятельность, заболевания почек.

Источники: рыбий жир, печень, желток яиц, растительные масла, дрожжи. С профилактической и лечебной целью используется препарат витамина D в сочетании с ультрафиолетовым облучением животных.

Витамин E (токоферол, антистерильный):

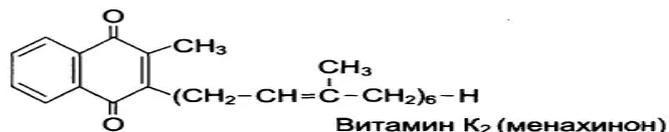
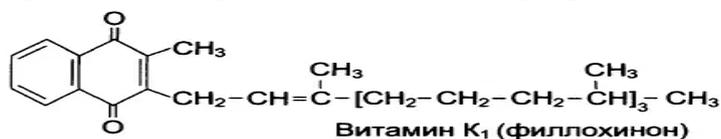


С витамином E связана активность ферментов содержащих серу, клеточное дыхание, необходим для образования креатинина, фосфатидов. В качестве антиоксиданта витамин защищает клетки от повреждения, замедляя окисление жиров и формирование свободных радикалов. Он защищает другие жирорастворимые от разрушения кислородом, способствует усвоению витамина A.

При недостатке в кормах витамина нарушаются функции размножения, развивается мышечная дистрофия, дегенерация спинного мозга и паралич конечностей. Авитаминоз чаще наблюдается у свиней, кур, уток, индеек.

Источники: растительные масла, семена злаков (особенно проросшие), мясо, сливочное масло, яичный желток.

Витамин K (производные нафтохинона, антигеморрагический). В растениях содержится - K₁, у животных и бактерий - K₂. Витамин способствует синтезу протромбина. Дефицит в организме приводит к развитию геморрагического синдрома. У животных проявляется различными кровотечениями, гипопротромбинемией.



Наиболее чувствительны к недостатку молодые птицы (цыплята гибнут через 2-3 недели после начала авитаминоза). У жвачных животных и взрослой птицы авитаминоз реже, это связано с тем, что витамин частично синтезируется микрофлорой кишечника. Причинами также являются прием антикоагулянтов, "кроверазжижающих", противосудорожных препаратов, антибиотикотерапия, желудочно-кишечные расстройства и заболевания, сопровождающиеся нарушением всасывания жиров кишечной стенкой.

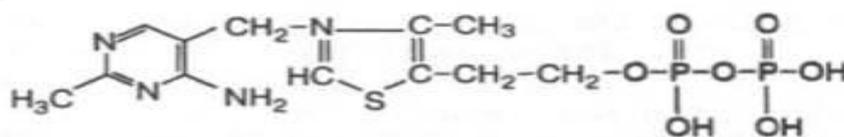
Источники: зеленые части растений: листья крапивы, шпината, капуста, плоды шиповника, хвоя, овес, пшеница, люцерна. В животных продуктах: печень свиньи.

Витамин F – это комплекс ненасыщенных жирных кислот. Витамин необходим для синтеза липидов, простогландинов в организме, обладает липотропным действием, способствует выделению холестерина из организма. Гиповитаминоз возникает при недостатке жирных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой) в кормах. При этом развивается сухость и шелушение кожи, появляется кольчатое отложение перхоти на лапах, ушах, хвоста, происходит омертвление кончика хвоста, нарушается лактация и воспроизводительная функция. В крови повышается содержание холестерина.

Источники витамина: растительные масла, животные жиры и жиры бобовых культур.

5.3. Водорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники

Витамин В₁ (тиамин, антиневритный). Тиамин, присоединяя две молекулы фосфорной кислоты, превращается в кофермент тиаминпирофосфат (кокарбоксилаза), который необходим для окислительного декарбоксилирования кетокислот (ПВК и молочной), участвует в углеводном обмене и связанных с ним энергетическом, жировом, белковом, водно-солевом обмене, оказывает регулирующее воздействие на трофику и деятельность нервной системы.

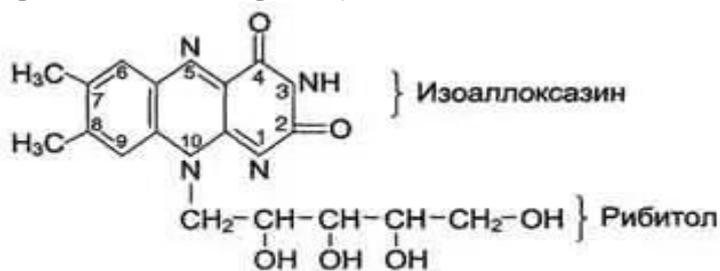


Тиаминпирофосфат (тиаминдифосфат)

При недостатке развивается заболевание «бери-бери». В организме нарушается углеводный обмен, накапливается молочная и ПВК. В зависимости от формы заболевания поражаются периферическая нервная система, сердечно-сосудистая система, атония кишечника. У птицы на ранних стадиях развития авитаминоза возникают судороги мышц шеи, при острой форме голова запрокидывается на спину.

Источники: дрожжи, хлеб из муки грубого помола, необработанный рис, бобовые (соя, фасоль, горох). Из продуктов животного происхождения – мясо, печень, почки, мозг. Много в пшеничных отрубях (6 мг/кг), в кукурузе, ячмене, овсе - до 4 мг/кг.

Витамин В₂ (рибофлавин, витамин роста).



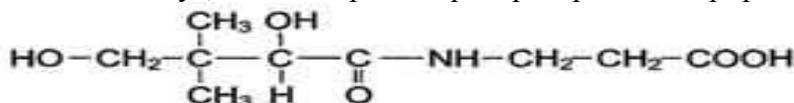
Витамин В₂

Входит в состав коферментов ФМН (флавинмоноклеотид) и ФАД (флавинадениндуклеотид), участвующих в переносе атомов водорода, необходим для дыхания клеток, роста, для образования красных кровяных телец и антител, способен ускорять в организме превращение пиридоксина в его активную форму.

Недостаток рибофлавина проявляется в остановке роста, воспалении слизистой оболочки языка, губ в уголках рта. Наиболее характерны изменения со стороны глаз - светобоязнь, кератиты, катаракта, развивается общая сердечная и мышечная слабость. У молодняка животных наблюдается высокая смертность, у птиц - слабость ног, искривление и скручивание пальцев.

Источники: Витамин распространен в природе, в организм поступает с мясными и молочными продуктами (сыворотка молока - 30 мг/кг сухой массы), содержат яйца, дрожжи, хлеб из муки грубого помола, семена злаков, свежие овощи, люцерновая и рыбная мука.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота, антидерматитный). Название получил от греч. "пантотен", что означает "всюду", из-за широкого распространения в природе.



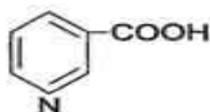
Пантотеновая кислота, попадая в организм, превращается в пантетин и входит в состав коэнзима А, который участвует в ферментативных реакциях окисления и ацилирования, а

именно в активировании и переносе остатков кислот в метаболизме белков, жиров, углеводов.

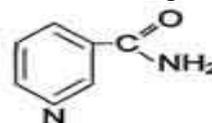
При недостатке развиваются дерматиты, дистрофические изменения желез внутренней секреции (надпочечники) и нервной системы (параличи), депигментация и выпадение шерсти, перьев, нарушение координации движения, общее истощение.

Источники: печень, яичный желток, икра рыб, дрожжи, зеленые части растений, пшеничные отруби (25мг/кг), жмых подсолнечника (15мг/кг), люцерна.

Витамин B₅ (PP) (никотиновая кислота, никотинамид, антипеллагрический).



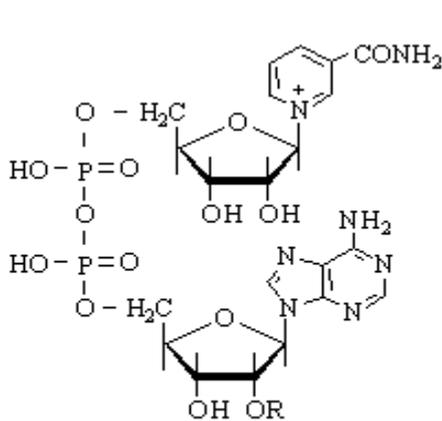
Никотиновая кислота



Никотинамид

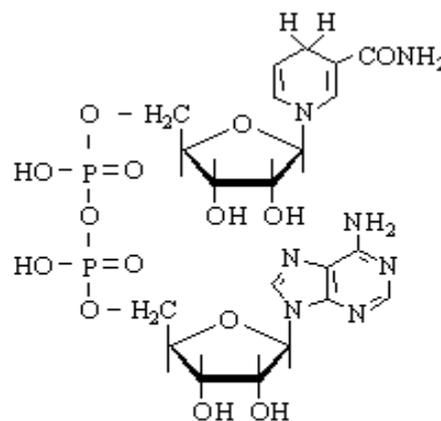
Витамин PP

Входит в состав коферментов НАД и НАДФ, которые являются переносчиками водорода к флавопротеиновым ферментам, тем самым, регулируя окислительно-восстановительные процессы в организме.



НАД⁺ (R=H); НАДФ⁺ (R=PO₃H₂)

Окисленная форма



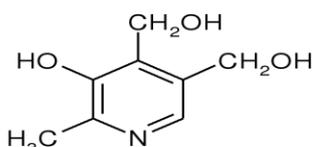
НАД·Н

Восстановленная форма

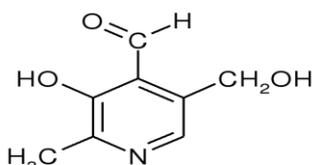
При недостатке развивается *пеллагра* (от итал. шершавая кожа), дерматит, чаще всего поражаются участки кожи, подверженные влиянию прямых солнечных лучей. Специфическим являются стоматиты, гингивиты, поражения языка с вздутиями и трещинами, нарушения желудочно-кишечного тракта и нервной деятельности. У животных чаще болеет молодняк. У свиней появляются дерматиты на ушах, у собак темнеет слизистая оболочка языка (черный язык), у птицы замедляется оперяемость, снижается яйценоскость, массовая гибель.

Источники: мясо, печень, рыба, яйцо, молоко, хлеб, картофель, морковь, пивные дрожжи, пшеничные отруби, ячмень, рис.

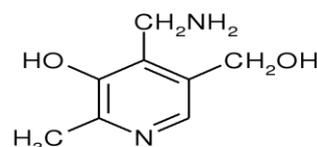
Витамин B₆ (антидерматитный). Объединяет три соединения - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин.



пиридоксол



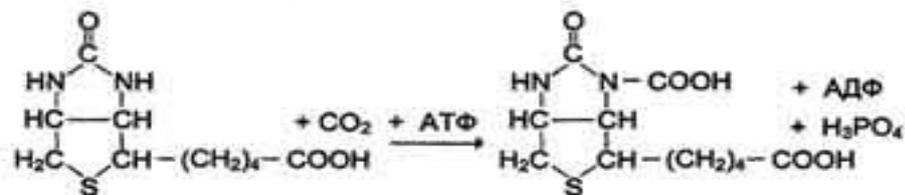
пиридоксаль



пиридоксамин

Витамин необходим для нормального функционирования центральной и периферической нервной системы, участвует в синтезе нейромедиаторов. В фосфорилированной форме входит в состав коферментов трансфераз и обеспечивает

Витамин Н (биотин, антисеборейный).



Биотин выполняет коферментную функцию в составе карбоксилаз: он участвует в образовании активной формы CO_2 .

При недостатке развивается себорея: воспаление кожных покровов, усиленное выделение жира сальными железами, вокруг глаз формируются отежные ободки, отекают конечности, спина становится кенгурообразной.

Бактерии кишечника способны синтезировать биотин в достаточном количестве. К снижению синтеза биотина может привести прием сульфаниламидных препаратов и антибиотиков, подавляющих рост микроорганизмов в кишечнике.

Источники: богаты пивные дрожжи, печень, почки, молоко, желток, картофель. Много в зерне ячменя, овса, кукурузы.

Витамин В_с (В₉, фолиевая кислота, антианемический).



Является коферментом многих ферментов, катализирующих реакции переноса одноуглеродных остатков.

Недостаточность фолиевой кислоты трудно вызвать даже у животных без предварительного подавления в кишечнике роста микроорганизмов, которые синтезируют ее в необходимых количествах. Это достигается скормливанием антибиотиков. Недостаточность проявляется в развитии анемии, «красный язык», у животных замедляется рост, снижается продуктивность, у молодняка птицы нарушается рост перьев, наступают параличи шеи.

Источники: зеленые части растений, листовые овощи, дрожжи, печень, почки, мясо, картофель, люцерновая мука.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо-, гипervитаминозов.
- 2) Жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К, F). Строение. Биологическое значение.
- 3) Водорастворимые витамины (В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, В_с, С, Н, Р). Строение. Биологическое значение. Коферментная функция витаминов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.

4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.

5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.

2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.

3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.

5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.

6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.

7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.

8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.

9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 6

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

6.1. Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм

Живые организмы находятся в постоянной и неразрывной связи с окружающей средой. Эта связь осуществляется в процессе обмена веществ. Обмен веществ включает 3 этапа: поступление веществ в организм, метаболизм и выделение конечных продуктов из организма. Поступление веществ в организм происходит в результате дыхания (кислород) и питания. В ЖКТ продукты питания перевариваются в процессе гидролиза полимеров до мономеров, которые всасываются в кровь и включаются в промежуточный обмен.

Промежуточный обмен (*внутриклеточный метаболизм*) - это совокупность химических реакций, протекающих в живых клетках и обеспечивающих организм веществами и энергией для его жизнедеятельности, роста и размножения. Включает 2 типа реакций: катаболизм и анаболизм.

- **Катаболизм** – процесс расщепления сложных органических макромолекул (белки, жиры, углеводы) до простых конечных продуктов (CO_2 , H_2O и мочевины). Распад сопровождается выделением свободной энергии (т.е. экзергонические реакции).

- **Анаболизм** – это биосинтез из малых молекул (аминокислот, моносахаридов, глицерина, азотистых оснований, жирных кислот) сложных макромолекул. Биосинтез связан с увеличением размеров молекул и усложнением их структуры, поэтому требует затрат энергии, которая освобождается при катаболизме (т.е. эндергонические реакции).

Катаболизм и анаболизм протекают в клетке одновременно и тесно связаны между собой.

Кормление – это составная часть обмена веществ, поскольку основным источником энергии для живых организмов является энергия, запасенная в химических связях компонентов пищи.

Проявления жизнедеятельности и синтез веществ, входящих в состав тела, обеспечиваются за счет химической энергии, освобождающейся при распаде (окислении)

сложных органических веществ. В связи с этим, растения, не использующие для своей жизнедеятельности вещества органической природы, называются *аутотрофными организмами*, животные являются *гетеротрофными*. Микроорганизмы бывают как аутотрофы, так и гетеротрофы и для них характерным признаком считается наличие специфических химических веществ и реакций, не встречающихся в клетках животных и растений.

6.2. Обмен энергии. Биологическое окисление

Процессы катаболизма в клетках животных сопровождаются потреблением кислорода, который необходим для реакций окисления. В результате этих реакций происходит освобождение энергии. Небиологические системы могут совершать работу за счёт тепловой энергии, биологические системы функционируют в изотермическом режиме и для осуществления процессов жизнедеятельности используют химическую энергию. Изучением превращений энергии, сопровождающих химические реакции, занимается биоэнергетика, или биохимическая термодинамика. Живые организмы с точки зрения термодинамики - открытые системы. Между системой и окружающей средой возможен обмен энергии, который происходит в соответствии с *законами термодинамики*:

Первый закон - закон сохранения энергии. Внутри рассматриваемой системы энергия может переходить от одной её части к другой или превращаться из одной формы в другую.

Второй закон - все физические и химические процессы в системе стремятся к необратимому переходу полезной энергии в хаотическую, неуправляемую форму. Мерой перехода служит величина, называемая энтропией (S), она достигает максимума, когда система приходит в истинное равновесие с окружающей средой.

Каждое органическое соединение, поступающее в организм извне или входящее в состав живой материи, обладает определённым запасом внутренней энергии (E). Часть этой внутренней энергии может быть использована для совершения полезной работы. Такую энергию системы называют свободной энергией (G).

Для биологических систем при постоянных температуре (25 °C) и давлении (в 1 атм.) соотношение между изменением свободной энергии системы (ΔG) и изменением энтропии (ΔS) можно представить следующим уравнением:

$$\Delta G = \Delta H - T \times S,$$

где ΔH - изменение энтальпии (внутренней энергии или теплоты, содержащейся в системе); T - абсолютная температура. В условиях, при которых протекают биохимические реакции, ΔH приблизительно равно ΔE (изменению внутренней энергии системы в результате реакции).

Направление химической реакции определяется значением свободной энергией (G). Если эта величина отрицательна, то реакция протекает самопроизвольно и сопровождается уменьшением свободной энергии. Такие реакции называют *экзергоническими*. Если ΔG положительно, то реакция будет протекать только при поступлении свободной энергии извне; такие реакции называют *эндергоническими*. Если абсолютное значение ΔG велико, то система устойчива, и реакция в таком случае практически не осуществляется. При ΔG , равном нулю, система находится в равновесии.

В биологических системах эндергонические реакции могут протекать лишь за счёт энергии экзергонических реакций. Такие реакции называют *энергетически сопряжёнными*. Многие из этих реакций происходят при участии аденозинтрифосфата (АТФ), играющего роль сопрягающего фактора.

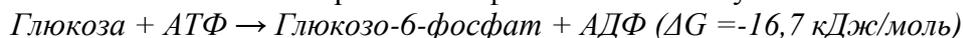
Рассмотрим энергетику сопряжённых реакций на примере реакции *фосфорилирования глюкозы* свободным фосфатом с образованием глюкозо-6-фосфата (эндергоническая реакция):



Для протекания такой реакции в сторону образования глюкозо-6-фосфата необходимо её сопряжение с другой реакцией, величина свободной энергии которой больше, чем требуется для фосфорилирования глюкозы.



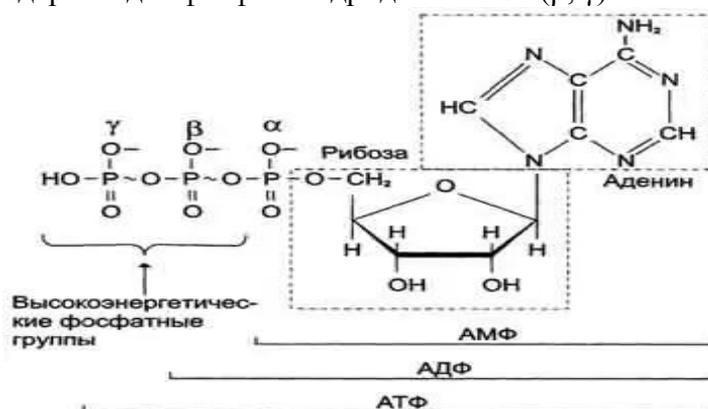
При сопряжении процессов (1) и (2) в реакции, катализируемой гексокиназой, фосфорилирование глюкозы легко протекает в физиологических условиях:



6.3. Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме

В живых организмах существует целая группа органических фосфатов (АТФ, енолфосфаты, ангидриды и фосфогуанидины), гидролиз которых приводит к освобождению большого количества свободной энергии. Такие соединения называют **высокоэнергетическими фосфатами**.

Центральное место среди этих соединений занимает АТФ - молекула, богатая энергией, т.к. она содержит две фосфоангидридные связи (β , γ).



При гидролизе концевой фосфоангидридной связи АТФ превращается в АДФ и ортофосфат P_i . При этом изменение свободной энергии составляет - 7,3 ккал/моль. При условиях, существующих в клетке в норме (рН 7,0, $t = 37^\circ\text{C}$), фактическое значение ΔG^0 для процесса гидролиза составляет около - 12 ккал/моль. Величина свободной энергии гидролиза АТФ делает возможным его образование из АДФ за счёт переноса фосфатного остатка от других высокоэнергетических фосфатов.

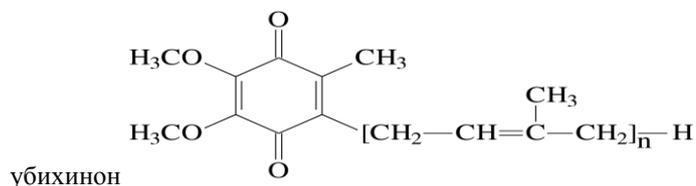
АТФ участвует в эндергонических реакциях: фосфорилирование глюкозы или глицерина; выступает в роли донора энергии в анаболических процессах. Некоторые биосинтетические реакции в организме могут протекать при участии других нуклеозидтрифосфатов, аналогов АТФ, к ним относят гуанозинтрифосфат (ГТФ), уридинтрифосфат (УТФ) и цитидинтрифосфат (ЦТФ). Все эти нуклеотиды, в свою очередь, образуются при использовании свободной энергии концевой фосфатной группы АТФ. Наконец, за счёт свободной энергии АТФ совершаются различные виды работы, лежащие в основе жизнедеятельности организма, например, мышечное сокращение или активный транспорт веществ.

Таким образом, АТФ - главный, непосредственно используемый донор свободной энергии в биологических системах. В клетке молекула АТФ расходуется в течение одной минуты после её образования. У млекопитающих количество АТФ, равное массе тела, образуется и разрушается каждые 24 ч.

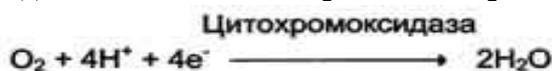
Использование АТФ как источника энергии возможно только при условии непрерывного синтеза АТФ из АДФ за счёт энергии окисления органических соединений. Цикл АТФ-АДФ - основной механизм обмена энергии в биологических системах, а АТФ - универсальная "энергетическая валюта".

6.4. Организация и функционирование дыхательной цепи

В процессе ферментативного окисления метаболитов специфическими дегидрогеназами освобождается энергия. Электроны, обладающие высоким энергетическим потенциалом, передаются от восстановленных коферментов НАДН и ФАДН₂ к кислороду через цепь *переносчиков*, локализованных во внутренней мембране митохондрий (убихинон или коэнзим Q; сложные белки, в состав которых входят небелковые компоненты: ФМН, Fe в составе железо-серных белков и порфириновых колец, ионы Cu).



Каждый переносчик способен присоединять электроны от предыдущего компонента и передавать следующему. Так возникает цепь окислительно-восстановительных реакций, в результате которых происходит восстановление O₂ и синтез H₂O:



Окисление органических веществ в клетках, сопровождающееся потреблением кислорода и синтезом воды, называют *тканевым дыханием*, а цепь переноса электронов (ЦПЭ) - *дыхательной цепью*.

Электроны, поступающие в ЦПЭ, по мере их продвижения от одного переносчика к другому теряют свободную энергию. Значительная часть этой энергии запасается в форме АТФ, а часть энергии рассеивается в виде тепла. Кроме того, электроны с высоким энергетическим потенциалом, возникающие при окислении различных субстратов, могут быть использованы в реакциях биосинтеза.

Цитохромы (гемопротеины) присутствуют во всех типах организмов. Известно около 30 различных цитохромов. Все цитохромы в качестве простетической группы содержат гем. В зависимости от способности поглощать свет в определённой части спектра цитохромы делят на группы а, b, с. Внутри каждой группы отдельные виды с уникальными спектральными свойствами обозначают цифровыми индексами (b, b₁, b₂). Структурные особенности разных видов цитохромов определяют различие в их окислительно-восстановительных потенциалах. В дыхательной цепи участвуют 5 типов цитохромов (а, а₃, b, с, с₁). За исключением цитохрома с, все цитохромы находятся во внутренней мембране митохондрий в виде сложных белковых комплексов.

Общая схема и функционирование дыхательной цепи:



1 комплекс. имеет название НАДН-КоQ-оксидоредуктаза или НАДН-дегидрогеназа. Содержит ФМН, 22 белковых молекулы, из них 5 железосерных белков.

Функция: принимает электроны от НАДН и передает их на коэнзим Q; переносит 4 иона H^+ на наружную поверхность внутренней митохондриальной мембраны.

2 комплекс. ФАД-зависимые дегидрогеназы. Данный комплекс выделяют условно. Включает ферменты: ацил-SКоА-дегидрогеназу, сукцинатдегидрогеназу, митохондриальную глицерол-3-фосфат-дегидрогеназу. *Функция:* восстановление ФАД в окислительно-восстановительных реакциях; обеспечение передачи электронов от ФАДН₂ на железосерные белки внутренней мембраны митохондрий; далее эти электроны попадают на коэнзим Q.

3 комплекс. КоQ-цитохром-с-оксидоредуктаза: включает цитохромы b и c₁, 2 железо-серных белка. *Функция:* принимает электроны от коэнзима Q и передает их на цитохром c; переносит 2 иона H^+ на наружную поверхность мембраны.

4 комплекс. Цитохром-с-кислород-оксидоредуктаза (цитохромоксидаза): находятся цитохромы a и a₃, содержит 6 полипептидных цепей, имеется 2 иона меди. Комплекс цитохромов a-a₃ непосредственно реагирует с молекулярным кислородом.

Функция: принимает электроны от цитохрома c и передает их на кислород с образованием воды; переносит 4 иона H^+ на поверхность мембраны.

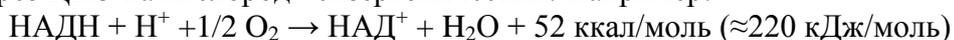
5 комплекс – это фермент АТФ-синтаза, состоящий из множества белковых цепей, подразделенных на две большие группы: одна группа формирует субъединицу F₀ (олигомицин-чувствительная) – ее функция каналобразующая, по ней выкачанные наружу протоны водорода устремляются в матрикс. Другая группа образует субъединицу F₁ – ее функция каталитическая, именно она, используя энергию протонов, синтезирует АТФ. Упрощенно считают, что для синтеза 1 молекулы АТФ необходимо прохождение приблизительно 3-х протонов H^+ .

6.5. Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием

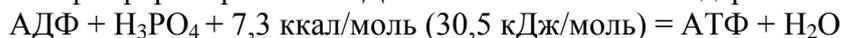
Транспорт электронов по ЦПЭ к кислороду сопровождается снижением свободной энергии. Снижение свободной энергии происходит на каждом этапе ЦПЭ, и энергия электронов выделяется порциями.

Вместе с тем в дыхательной цепи можно выделить 3 участка, в которых перенос электронов сопровождается относительно большим снижением свободной энергии. Эти этапы способны обеспечить энергией синтез АТФ, так как количество выделяющейся свободной энергии приблизительно равно энергии, необходимой для синтеза АТФ из АДФ и фосфата. Экспериментально было подтверждено, что процесс переноса электронов по ЦПЭ и синтез АТФ энергетически сопряжены.

Первый процесс - перенос электронов от восстановленных коферментов НАДН и ФАДН₂ через ЦПЭ на кислород - экзергонический. Например:



Второй процесс - фосфорилирование АДФ или синтез АТФ - эндергонический:



Синтез АТФ из АДФ и H_3PO_4 за счёт энергии переноса электронов по ЦПЭ называют **окислительным фосфорилированием**.

Окисление молекулы НАДН в ЦПЭ сопровождается образованием 3 молекул АТФ; электроны от ФАД-зависимых дегидрогеназ поступают в ЦПЭ на КоQ, минуя первый пункт сопряжения. Поэтому образуются только 2 молекулы АТФ. Отношение количества фосфорной кислоты (P), использованной на фосфорилирование АДФ, к атому кислорода (O), поглощённого в процессе дыхания, называют коэффициентом окислительного фосфорилирования и обозначают P/O. Следовательно, для НАДН P/O = 3, для сукцината (или флавопротеида) P/O = 2. Эти величины отражают теоретический максимум синтеза АТФ, фактически эта величина меньше.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм.
- 2) Обмен энергии. Экзер- и эндергонические реакции и их значение.
- 3) Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме.
- 4) Организация и функционирование дыхательной цепи.
- 5) Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 7

ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКОВ

7.1. Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс

Выполняя ряд уникальных функций белки определяют не только микро- и макроструктуру отдельных субклеточных образований, специфику организации клеток, органов и целостного организма, но и в значительной степени динамическое состояние между организмом и окружающей его средой. Белковый обмен строго специфичен, направлен на обеспечение непрерывности воспроизводства и обновления белков организмов.

В животных организмах из белков состоит мышечная ткань, эпидермис, гладкая мускулатура, форменные элементы крови, хрящи. Все необходимые аминокислоты

получают с белковой пищей. В процессе пищеварения, разлагая белки пищи до исходных аминокислот, используют их для создания своих специфических белков.

Кроме того, как известно, при сгорании белков освобождается энергия, которая может быть заменена энергией окисления углеводов и липидов.

Азотистый баланс. Поскольку часть пищи представлена белками (в 100г белка – 16г азота) считают, что критериями правильной оценки состояния обмена белков является определение *азотистого баланса* – количественная разница между введением с пищей азота и выделением его в виде конечного продукта.

Если в организме за сутки выводится меньше азота, чем было введено его с пищей, то такой баланс называют *положительный азотистый баланс*. При нем преобладают процессы анаболизма. Характерен для растущих организмов и периода беременности.

Если количество азота, принятого с пищей, оказывается меньше выводимого, то баланс называется *отрицательным*, при нем усиливаются процессы распада белков органов и тканей. Наблюдается при голодании, инфекциях, тяжелых заболеваниях и у старых животных. В состоянии *азотистого равновесия* количество азота, выделившегося организмом равно количеству получаемого с пищей. Характерно для взрослых животных, находящихся на здоровой полноценной диете.

7.2. Переваривание белков и всасывание продуктов распада в желудочно-кишечном тракте

В желудке имеются все условия для переваривания белков: активный фермент *пепсин* и *свободная соляная кислота*, которая переводит неактивный пепсиноген в активный пепсин и создает оптимальные условия для его действия (рН 1,5-2,5). Она стимулирует выработку секретина в двенадцатиперстной кишке, ускоряет всасывание железа и оказывает бактерицидное действие.

Пепсин, катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных остатками ароматических аминокислот, расщепляет практически все природные белки, исключение составляют некоторые кератины, проламины, гистоны и мукопротеины. У молодняка эту функцию выполняет белок – *ренин*.

Дальнейшее превращение белков пищи осуществляется в тонкой кишке под действием ферментов панкреатического и кишечного соков. *Трипсин* и *химотрипсин* действуют в слабнокислой среде (рН 7,2-7,8) разрывают другие пептидные связи, образуя различной длины пептиды и свободные аминокислоты. Далее действуют ферменты – *пептидазы*, которые отщепляют по одной аминокислоте от полипептида, образуя вначале дипептиды, затем аминокислоты. Свободные аминокислоты всасываются через мембраны стенки кишечника в кровь. Часть не расщепившихся белков и не всосавшихся аминокислот подвергаются в толстом кишечнике гниению, под действием микроорганизмов, ферменты которых способствуют катаболизму и образованию 4 видов газов: метана, сероводорода, аммиака и углекислого газа, а также ядовитых веществ: фенола, индола, скатола, крезола и других. После всасывания эти продукты через воротную вену попадают в печень, где подвергаются обезвреживанию с образованием нетоксических веществ, которые выделяются с мочой.

7.3. Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях

Аминокислоты с кровью доносятся до всех органов и тканей. Здесь они используются либо для синтеза белка, либо сгорают или расщепляются до конечных продуктов. Условно промежуточный обмен аминокислот можно разделить на общие пути обмена и индивидуальные превращения отдельных аминокислот.

Общие пути обмена аминокислот: 1. **Дезаминирование** – это отщепление аминогруппы от аминокислоты в виде аммиака. Различают 4 вида:

Восстановительное: $R-CH(NH_2)-COOH + H_2 \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CH_2-COOH$

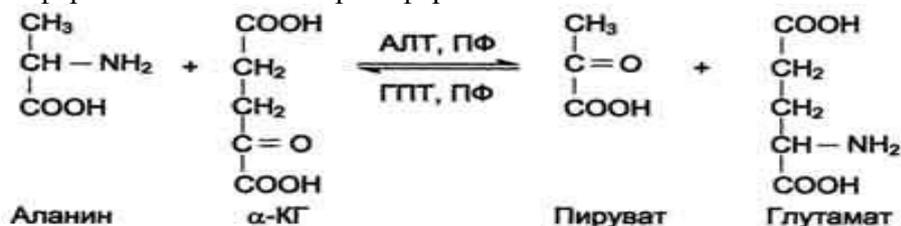
Гидролитическое: $R-CH(NH_2)-COOH + H_2O \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CHOH-COOH$

Внутримолекулярное: $R-CH_2-CH(NH_2)-COOH \rightarrow NH_3\uparrow + R-CH=CH-COOH$

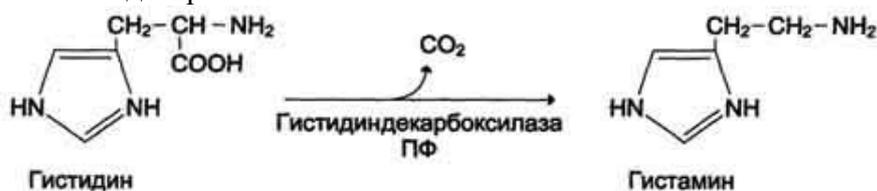
Окислительное: $R-CH(NH_2)-COOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NH_3\uparrow + R-CO-COOH$

Помимо аммиака продуктами дезаминирования являются жирные кислоты, окси- и кетокислоты, которые затем поступают в соответствующие циклы или цепи биохимических реакций.

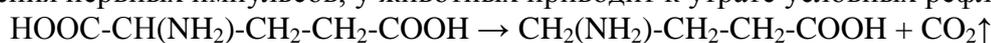
2. Трансаминирование аминокислот – это реакции межмолекулярного переноса аминогруппы от аминокислоты на кетокислоту без промежуточного образования аммиака. Это обратимые реакции, в ходе которых образуются новые аминокислоты и кетокислоты, катализируются ферментами – аминотрансферазами:



3. Декарбоксилирование – отщепление карбоксильной группы в виде углекислого газа. В результате этих реакций образуются биогенные амины, оказывающие сильное фармакологическое действие на организм. В отличие от других процессов промежуточного обмена аминокислот они являются необратимыми и происходят под действием ферментов – декарбоксилаз:



При декарбоксилировании глутаминовой кислоты образуется α -аминомасляная кислота (ГАМК), которая накапливается в мозговой ткани и тормозит скорость прохождения нервных импульсов, у животных приводит к утрате условных рефлексов:

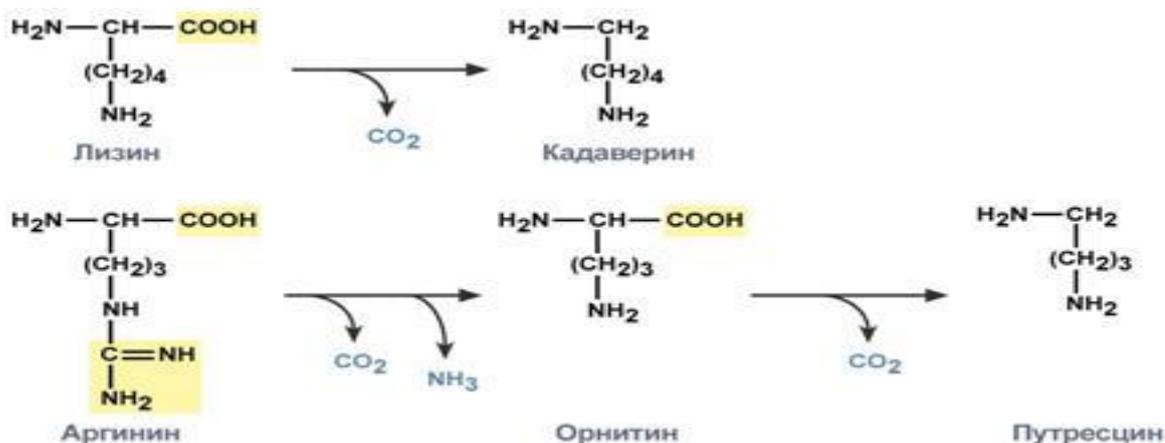


7.4. Гниение белков в кишечнике

В соке толстого отдела кишечника содержатся карбонаты, создаются условия для микробиологических процессов. Гнилостные микроорганизмы кишечника для своего роста и размножения используют различные аминокислоты, располагают набором ферментных систем, катализирующих разнообразные превращения пищевых аминокислот с образованием ядовитых продуктов их распада: фенола, индола, крезола, скатола, сероводорода, метилмеркаптана, а также нетоксичных для организма соединений: спиртов, аминов, жирных кислот, кетокислот, оксикислот.

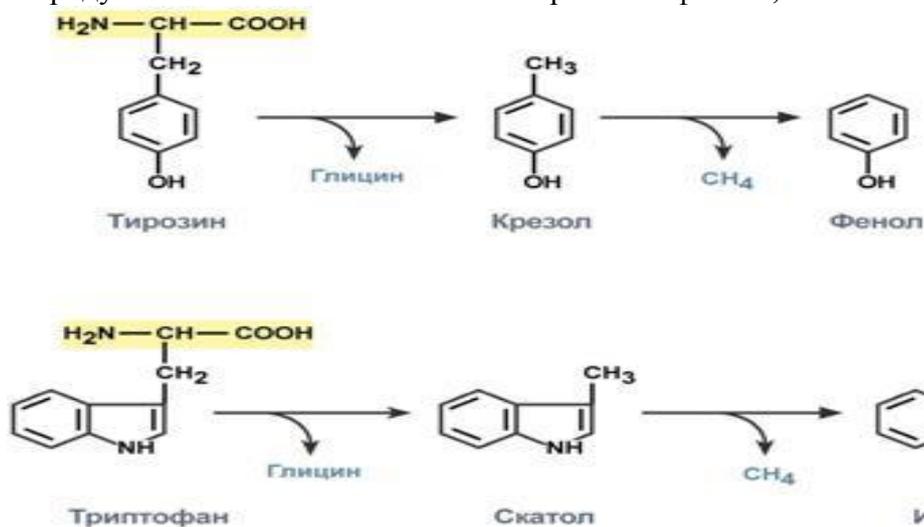
Все эти превращения аминокислот, вызванные деятельностью микроорганизмов кишечника, получили общее название «гниение белков в кишечнике». Так, в процессе распада серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина) в кишечнике образуются сероводород H_2S и метилмеркаптан CH_3SH .

Диаминокислоты – орнитин и лизин – подвергаются процессу декарбоксилирования под действием декарбоксилаз с образованием токсичных аминов – путресцина и кадаверина, которые называют трупными ядами:



Из ароматических аминокислот: фенилаланин, тирозин и триптофан – при бактериальном декарбоксилировании образуются соответствующие амины: фенилэтиламин, параоксифенилэтиламин (тирамин) и индолилэтиламин (триптамин).

Кроме того, микробные ферменты кишечника вызывают постепенное разрушение боковых цепей циклических аминокислот (тирозина и триптофана), с образованием ядовитых продуктов обмена – соответственно крезола и фенола, скатола и индола.

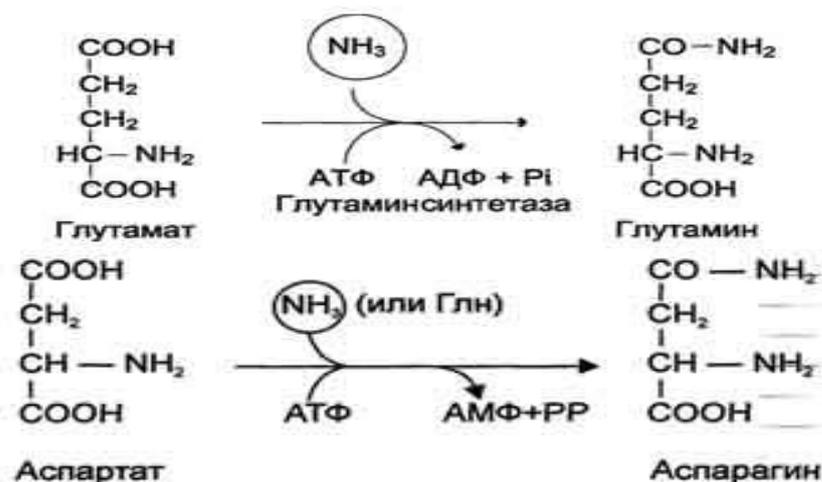


После всасывания эти продукты через воротную вену попадают в печень, где подвергаются обезвреживанию путем химического связывания с серной или глюкуроновой кислотой с образованием нетоксичных, так называемых парных, кислот (фенолсерная или скатоксилсерная кислота), которые выделяются с мочой.

7.5. Конечные продукты белкового обмена

Млекопитающие и человек выводят аммиак в виде мочевины и называются *уреотелическими* организмами. Птицы и наземные рептилии выделяют полужидкую мочу, в которой содержатся кристаллы мочевой кислоты и называются *урикотелическими* организмами. Следовательно, аммиак, мочевина, мочевая кислота являются конечными продуктами белкового обмена.

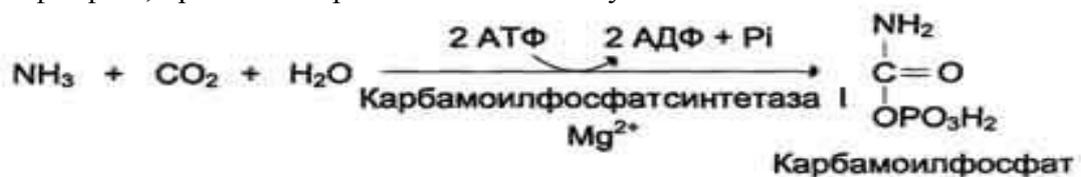
Аммиак является мощным цитотоксическим ядом. Одним из путей связывания и обезвреживания аммиака в организме, в частности в мозге, сетчатке, почках, печени и мышцах является биосинтез глутамина и аспарагина (*процесс амидирования*):



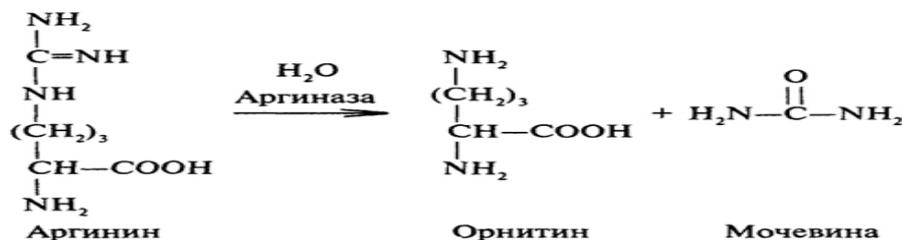
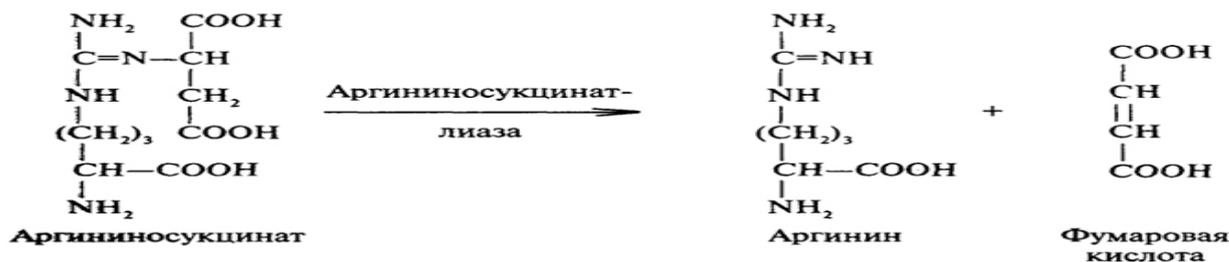
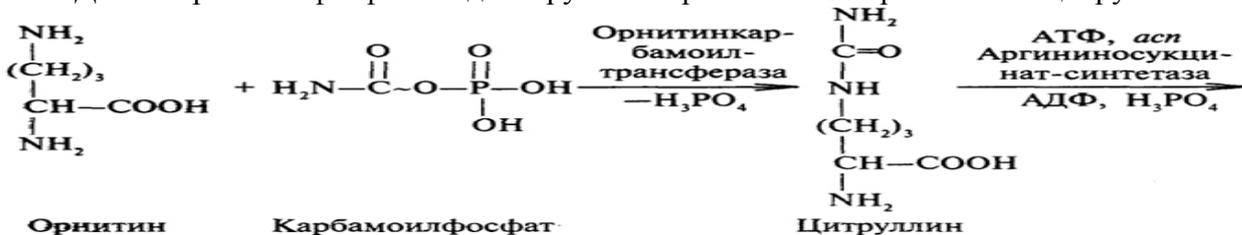
Наиболее значительные количества аммиака обезвреживаются в печени путём **синтеза мочевины**. В норме с мочой млекопитающие выделяют за счет солей мочевины $\approx 90\%$ азота, солей аммония – 4%, креатинина – 5% и мочевой кислоты – 1%.

В 40-х годах XX века немецкие биохимики Г. Кребс и К. Гензелейт установили, что синтез мочевины представляет собой циклический процесс, состоящий из нескольких стадий, ключевым соединением которого, замыкающим цикл, является орнитин. Поэтому процесс синтеза мочевины получил название "**орнитинный цикл**", или "**цикл Кребса-Гензелейта**".

В первой реакции процесса аммиак связывается с диоксидом углерода с образованием карбамоилфосфата, при этом затрачиваются 2 молекулы АТФ:



Далее карбамоилфосфат конденсируется с орнитином с образованием цитруллина.



Образующийся орнитин взаимодействует с новой молекулой карбамоилфосфата, и цикл замыкается.

Первые две реакции процесса происходят в митохондриях гепатоцитов. Затем цитруллин, транспортируется в цитозоль, где и осуществляются дальнейшие превращения. В цикла расходуется 3 молекулы АТФ на каждый оборот цикла.

Биологическая роль цикла: в печени выполняет 2 функции: 1) превращение азота аминокислот в мочевины, которая экскретируется и предотвращает накопление токсичных продуктов (NH_3); 2) синтез аргинина и пополнение его фонда в организме.

Эффективность работы орнитинового цикла при нормальном питании и умеренных физических нагрузках составляет примерно 60% его мощности. Увеличение скорости синтеза мочевины происходит при длительной физической работе; голодании и некоторых патологических состояниях, характеризующихся интенсивным распадом белков тканей. Также при избыточном белковом питании количество ферментов орнитинового цикла в печени увеличивается, что приводит к интенсификации синтеза мочевины.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс.
- 2) Переваривание белков и всасывание продуктов распада в желудочно-кишечном тракте.
- 3) Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях. Дезаминирование и трансаминирование аминокислот.
- 4) Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях. Декарбоксилирование аминокислот.
- 5) Гниение белков в кишечнике. Напишите соответствующие реакции.
- 6) Конечные продукты белкового обмена. Пути утилизации аммиака в организме. Процесс амидирования.
- 7) Орнитиновый цикл мочевинообразования и его биологическая роль. Напишите реакцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.

7. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 8

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ. ОБМЕН ЛИПИДОВ

8.1. Общая характеристика обмена углеводов

Обмен углеводов складывается из следующих процессов:

- Расщепление в желудочно-кишечном тракте поступивших с пищей полисахаридов и дисахаридов до моносахаридов.
- Синтез и распад гликогена в тканях, прежде всего в печени.
- Анаэробное и аэробное расщепление глюкозы. Пентозофосфатный путь распада глюкозы.
- Аэробный метаболизм пировиноградной кислоты (окислительное декарбоксилирование ПВК, цикл трикарбоновых кислот). Этот процесс выходит за рамки углеводного обмена, однако может рассматриваться как завершающая его стадия.
- Глюконеогенез – синтез глюкозы из неуглеводных соединений (ПВК, молочной кислоты, глицерина, аминокислот).

8.2. Переваривание и всасывание углеводов в ЖКТ

Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте осуществляют ферменты - гликозидазы. Полисахариды под влиянием амилазы слюны начинают частично расщепляться уже в ротовой полости. Однако здесь пища находится короткое время (1-5 мин), поэтому большинство полисахаридов остаются неизменными. Затем пища поступает в желудок, в соке которого нет ферментов, расщепляющих углеводы. Однако благодаря протеолитическому ферменту – пепсину, происходит распад сложных белков – гликопротеинов.

Переваривание углеводов заканчивается в тонком кишечнике. Здесь кормовые массы пропитываются панкреатическим и кишечным соком, превращаются в жидкую кашицу – *химус*. Крахмал и гликоген под действием амилазы поджелудочной железы в тонком кишечнике распадается до α -глюкозы. Клетчатка, у жвачных животных гидролизуется ферментами микроорганизмов (целлюлазой) в рубце и толстого отдела кишки до β -глюкозы. Гидролиз полисахаридов процесс ступенчатый, вначале образуются олигосахариды – мальтоза, изомальтоза, которые вместе с сахарозой и лактозой пищи формируют основной фонд дисахаридов. На последние действуют высокоспецифичные ферменты щетинистого эпителия тонкого кишечника (*мальтаза, изомальтаза, сахараза, лактаза*) с образованием трех моносахаридов – глюкозы, фруктозы, галактозы, которые не перевариваются, а всасываются в кровь с помощью облегченной диффузии или за счет активного транспорта, используя энергию АТФ и работу натриевого насоса. Затем с кровью поступают в печень, где начинается их сортировка. Одна часть глюкозы (3%) под действием ферментов превращается в гликоген и откладывается в печени в виде небольших глыбок, 30% - превращается в жиры, другая часть глюкозы (67%) с током крови поступает в органы и ткани, где окисляется до оксида углерода и воды.

Окисляется 2 путями: 1) *анаэробный гликолиз* – происходит в цитоплазме, без доступа кислорода, характерен эритроцитам, идет в сердечной мышце, мозге, почках. Он является источником малой энергии (2 молекулы АТФ), молочной кислоты.

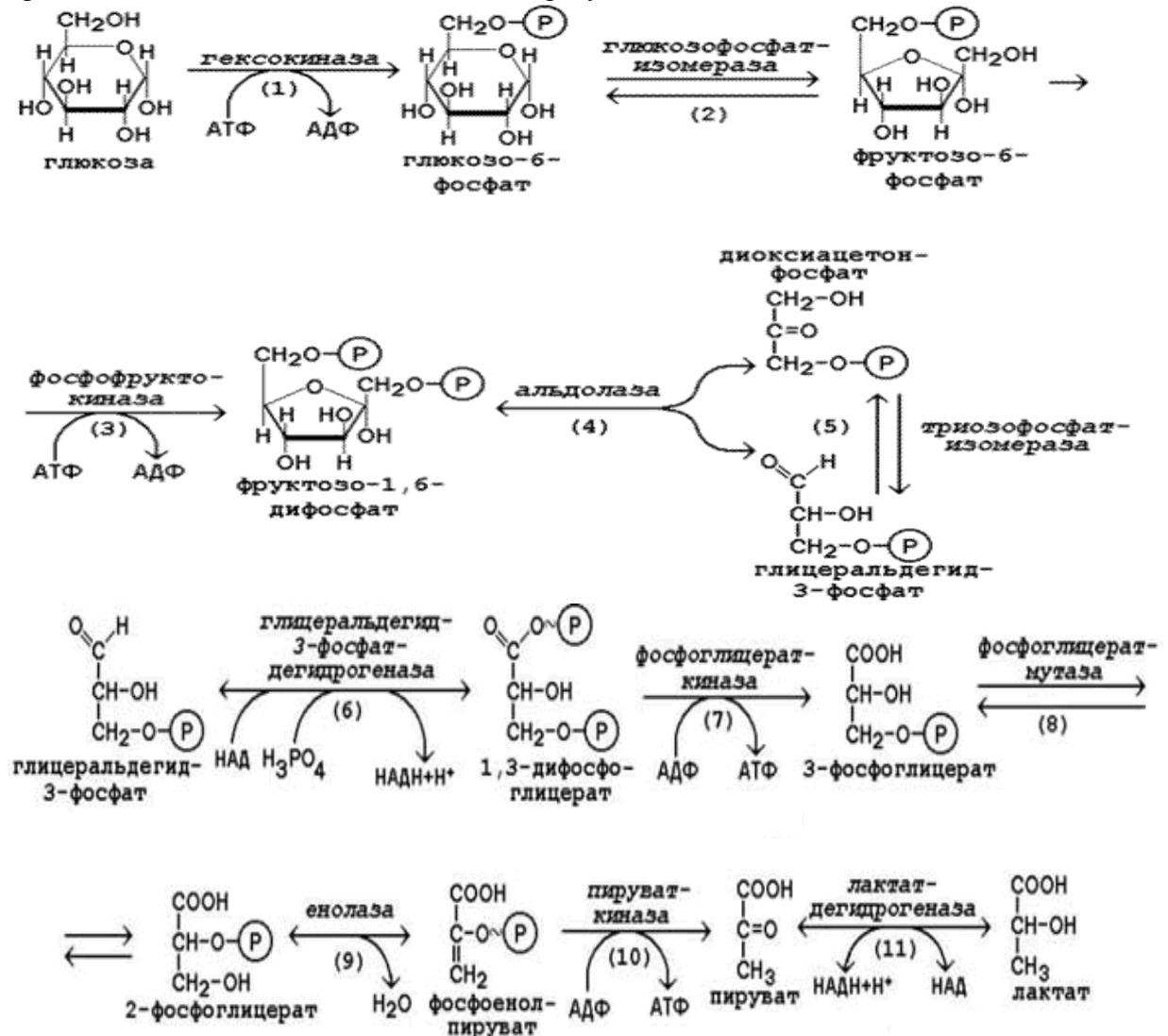
При отсутствии работы анаэробного гликолиза вступает в силу *пентозофосфатный путь* окисления глюкозы, который является источником энергии (1 молекула глюкозы – 36 АТФ), поставщиком материала для синтеза нуклеиновых кислот, желчных кислот и холестерина. У млекопитающих активность этого цикла относительно высока в печени, надпочечниках, эмбриональной ткани и молочной железе в период лактации.

2) *аэробный гликолиз* – когда в организме достаточно кислорода идет распад глюкозы до пировиноградной кислоты, которая в дальнейшем окисляется до CO_2 и H_2O в ЦТК с образованием 38 молекул АТФ, для организма это энергетически выгодный процесс, происходящий в митохондриях клеток.

Клетчатка у моногастричных животных не распадается, она метаболизируется в толстом отделе под влиянием ферментов микроорганизмов.

8.3. Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение

Анаэробный гликолиз (от греч. glucys – сладкий и lysis – распад) – сложный ферментативный процесс последовательных превращений глюкозы, протекающий в тканях человека и животных без потребления кислорода. Конечным продуктом этого процесса является молочная кислота и образуется АТФ.



Процессы гликолиза интенсивны в работающей мышечной ткани, за счет энергии гликолиза существуют эритроциты, у которых нет митохондрий и, следовательно, невозможен аэробный распад.

Биологическое значение: заключается в образовании богатых энергией фосфатных соединений. На первой стадии затрачивается 2 молекулы АТФ (1 и 3 реакция). На второй

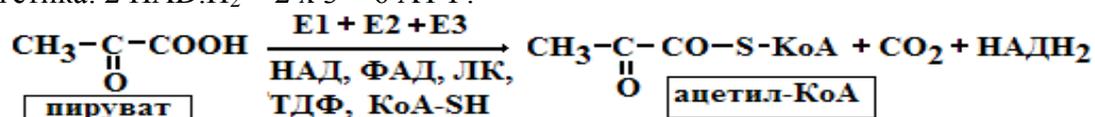
стадии образуется 4 АТФ (7 и 10 реакция), таким образом, энергетическая эффективность гликолиза в анаэробных условиях составляет $4 \cdot 2 = 8$ молекул АТФ на 1 молекулу глюкозы. Известно, что изменение свободной энергии при расщеплении глюкозы до 2 молекул лактата составляет примерно 210 кДж/моль. Некоторое количество энергии (≈ 126 кДж/моль) рассеивается в виде тепла, а ≈ 84 кДж/моль накапливается в форме макроэргических связей АТФ, таким образом, коэффициент полезного действия анаэробного гликолиза = 0,4 (84:210).

8.4 Аэробный распад глюкозы (непрямой путь окисления)

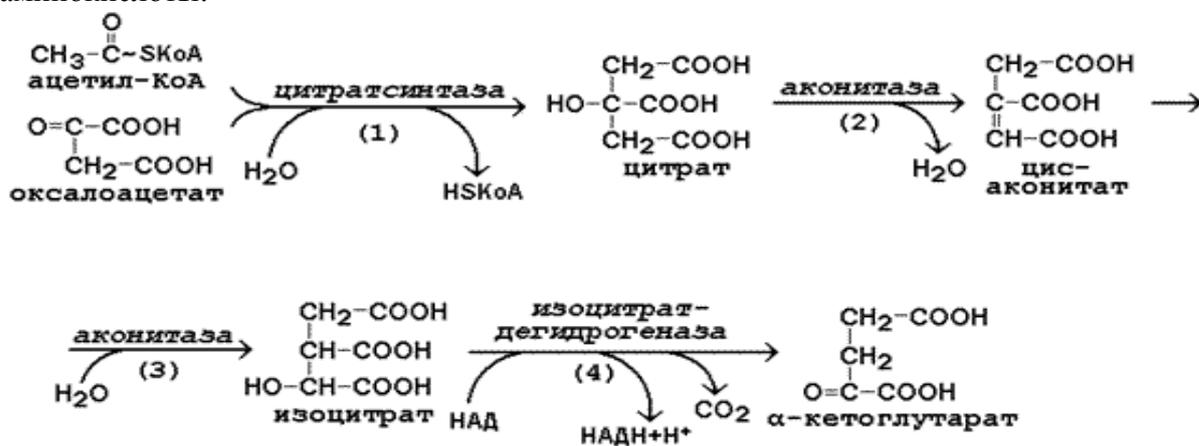
В норме у здоровых животных преобладает аэробный распад глюкозы до CO_2 и H_2O . Аэробные процессы могут идти прямым (пентозофосфатный путь) или косвенным путем через ЦТК. В последнем сложном процессе можно условно выделить 3 этапа:

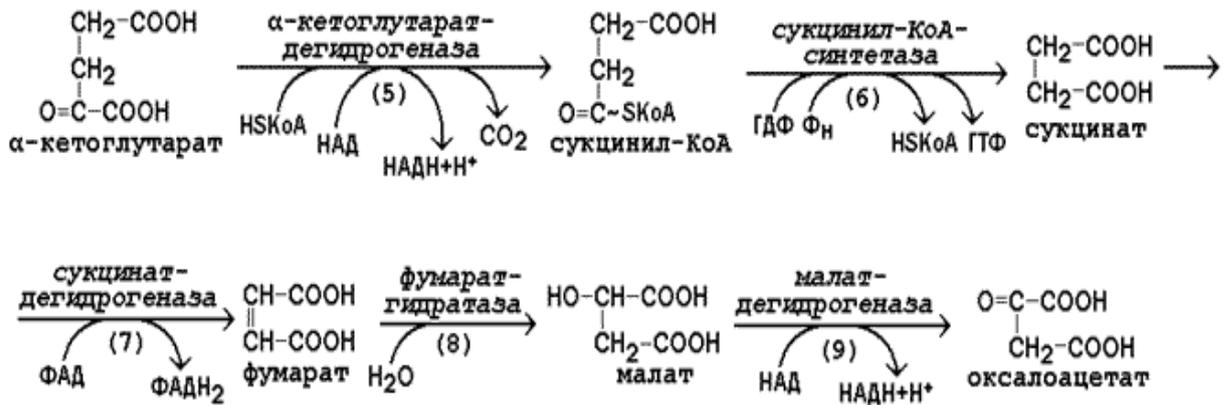
1 этап. Глюкоза расщепляется до двух молекул ПВК (как и в анаэробном распаде), включает 10 реакций. Затраты в 1 и 3 реакции две молекулы АТФ. Образуется АТФ в 7 и 10 реакции по 2 АТФ, в 6 - 2 НАД \cdot Н $_2$ = 3 АТФ \cdot 2 = 6 АТФ. Выход АТФ = 8 АТФ.

2 этап. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, происходит в несколько стадий при участии сложного пируватдегидрогеназного комплекса фермента. Энергетика: $2 \text{НАД}\cdot\text{H}_2 = 2 \times 3 = 6$ АТФ:



3 этап. Цикл трикарбоновых кислот (ЦТК, цикл лимонной кислоты или Кребса, 1953г) - это циклический, ферментативный процесс, в ходе которого ацетил-КоА подвергается дальнейшему окислению с образованием CO_2 и H_2O . Процесс происходит в митохондриях и характеризуется как общий конечный путь окисления ацетильных групп, в которые превращаются в процессе катаболизма углеводы, жирные кислоты, аминокислоты:





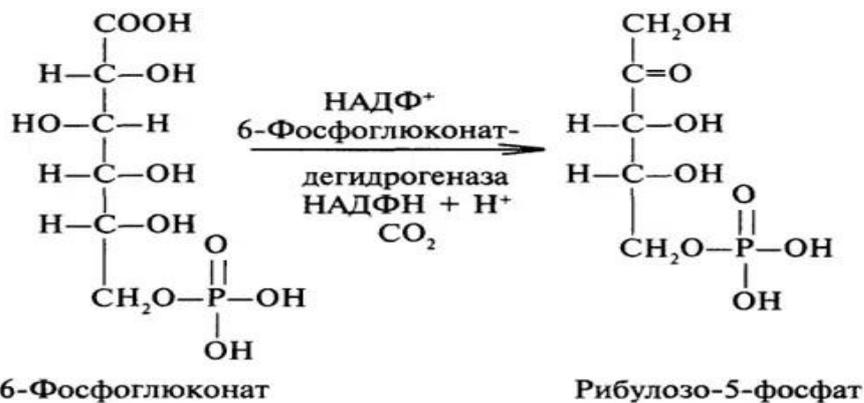
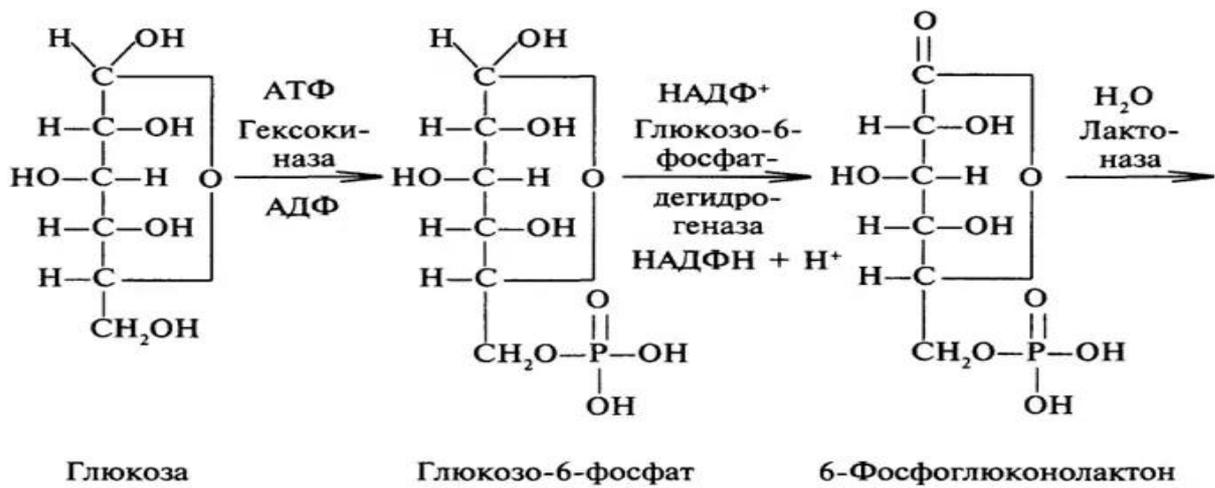
Энергетика: Из 1 молекулы ацетил-КоА в ЦТК образуется 12 молекул АТФ, а из 1 молекулы глюкозы образуется 2 ацетил-КоА, следовательно, на 3 этапе аэробного распада из 1 молекулы глюкозы образуется $2 \cdot 12 = 24$ АТФ.

В процессе аэробного распада 1 молекулы глюкозы образуется $8+6+24=38$ АТФ - для организма это энергетически выгодный процесс. Итак, высвобождение и запасание энергии составляет биологическую сущность аэробного окисления глюкозы.

8.5. Пентозофосфатный путь превращений глюкозы. Реакции. Значение

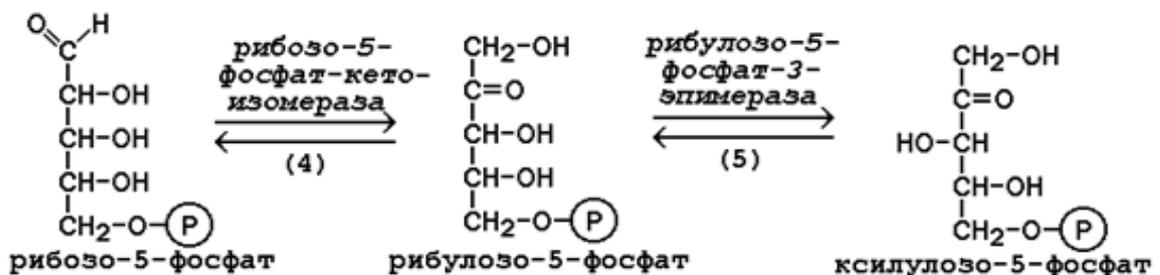
Пентозофосфатный путь, называемый также гексомонофосфатным шунтом, служит альтернативным (прямым) путём окисления глюкозо-6-фосфата без предварительного ее расщепления на триозы. Ферменты пентозофосфатного пути локализованы в цитозоле. Процесс состоит из 2 фаз:

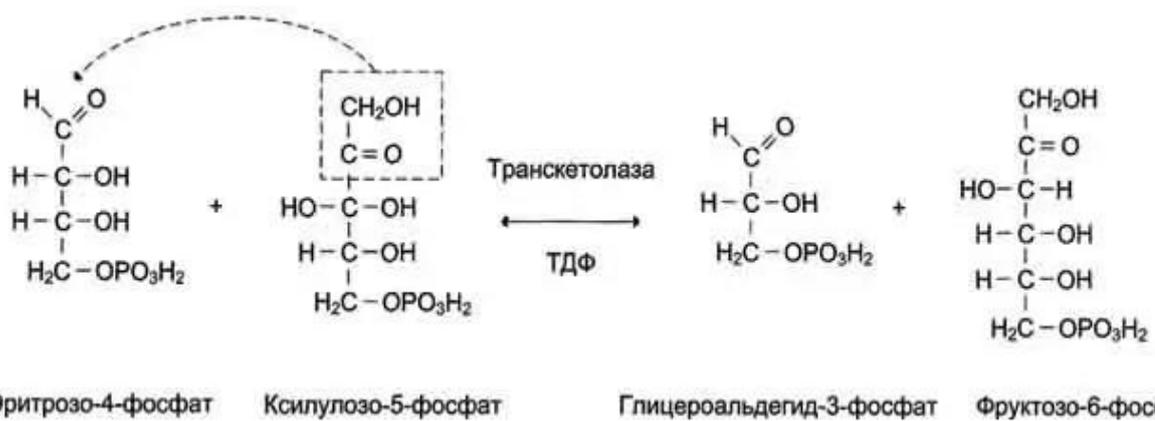
1. **Окислительный этап пентозофосфатного пути.** В окислительной фазе глюкозо-6-фосфат необратимо окисляется в пентозу: рибулозо-5-фосфат, при этом выделяется атомы H_2 , которые захватываются окисленным НАДФ и образуется восстановленный НАДФН₂:



Потребности клеток в восстановительных (НАДФН) эквивалентах удовлетворяются за счёт пентозофосфатного пути.

2. **Неокислительный этап** включает серию обратимых реакций, в результате которых рибулозо-5-фосфат превращается в рибозо-5-фосфат и ксилулозо-5-фосфат, и далее за счёт переноса углеродных фрагментов в метаболиты гликолиза - фруктозо-6-фосфат и глицеральдегид-3-фосфат. В этих превращениях принимают участие ферменты: эпимераза, изомераза, транскетолаза и трансальдолаза. Этот этап пентозофосфатного пути не включает реакции дегидрирования и поэтому используется только для синтеза пентоз:





Значение: Пентозофосфатный путь обеспечивает клетки рибозой для синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов и гидрированным коферментом НАДФН, который используется в восстановительных процессах. Энергия НАДФН преобразуется и сохраняется во вновь синтезированных веществах, например жирных кислотах, высвобождается при их катаболизме и используется клетками.

Наиболее активно пентозофосфатный путь протекает в жировой ткани, печени, коре надпочечников, эритроцитах, молочной железе в период лактации, семенниках.

8.6. Виды брожения углеводов

Брожение (сбраживание, ферментация) — процесс анаэробного расщепления углеводов, происходящий под влиянием микроорганизмов или выделенных из них ферментов. В ходе брожения в результате сопряженных окислительно-восстановительных реакций освобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности микроорганизмов, и образуются химические соединения, которые микроорганизмы используют для биосинтеза аминокислот, белков, органических кислот, жиров и других компонентов тела. Промежуточные продукты брожения могут использоваться в ходе клеточного дыхания. Одновременно накапливаются конечные продукты брожения. В зависимости от их характера различают брожение спиртовое, молочнокислое, маслянокислое, пропионовокислое, ацетоно-бутиловое, ацетоно-этиловое и др. Характер брожения, его интенсивность, количественные соотношения конечных продуктов, а также направление зависят от особенностей его возбудителя и условий, при которых этот процесс протекает (рН, аэрация, субстрат).

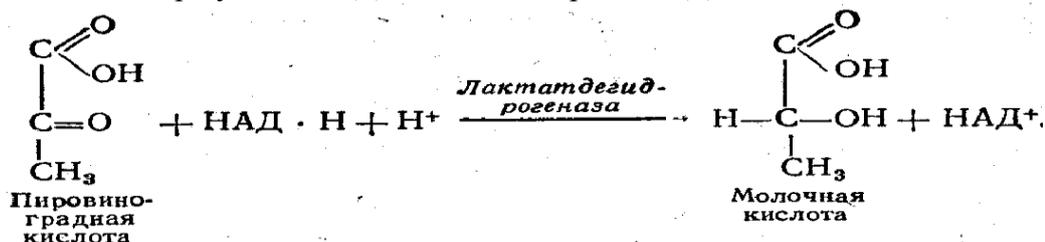
Кроме того, у позвоночных брожение используется как эффективный способ получения энергии во время коротких периодов интенсивной мышечной работы, когда перенос кислорода к мышцам недостаточен для поддержания аэробного метаболизма. В основе многих бродильных процессов лежит универсальная реакция превращения глюкозы в ПВК, из которой синтезируются различные конечные продукты. По метаболиту, образующемуся в наибольшем количестве, называют вид брожения.



Механизм реакции: Пируват вначале подвергается декарбоксилированию под влиянием пируватдекарбоксилазы с образованием ацетальдегида, который присоединяет к себе водород, отщепленный от НАДН, восстанавливается в этанол и выделяется CO_2 :



Молочнокислородное брожение ПВК не декарбоксилируется, а в животных тканях восстанавливается при участии ЛДГ за счет водорода НАДН:



Молочнокислородное брожение происходит в мышцах животных, когда потребность в энергии выше, чем обеспечиваемая дыханием, и кровь не успевает доставлять кислород. Организм переходит к этому менее эффективному, но более скоростному методу производства АТФ в условиях недостатка кислорода. Затем печень избавляется от излишнего лактата, преобразуя его обратно в важное промежуточное звено гликолиза — пируват.

Уксуснокислородное брожение: $\text{CH}_3\text{COCOOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO-SKoA} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$

Существуют и другие виды брожения, конечными продуктами при этом могут являться пропионовая, масляная, янтарная кислоты и другие соединения.

8.7. Метаболизм липидов

Обмен липидов включает следующие основные процессы:

1. *Переваривание и всасывание.*
2. *Внутриклеточный обмен.* Синтез жиров из глицерина и высших жирных кислот (ВЖК) начинается в печени с участием ферментов. Если в печени находится недостаточное количество аминокислот (метионина, цистеина, серина), которые являются важными компонентами для образования лецитина и кефалина, то жиры откладываются в печени, начинается процесс её жирового перерождения (при норме 3-5% жира откладывается 15-20%).

В плазме крови транспортом жиров из печени в периферические части органов и тканей являются хиломикроны, там начинается процесс распада и окисления продуктов гидролиза (глицерина и ВЖК). Важное значение в обмене также имеет холестерин, который поступает в организм с животными жирами.

3. *Образование конечных продуктов* жирового обмена: H_2O , CO_2 , низкомолекулярные жирные кислоты, кетоновые тела.

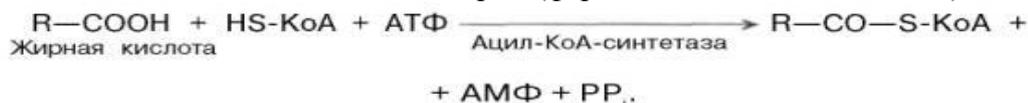
8.8. Переваривание и всасывание жиров в ЖКТ

Для переваривания липидов в желудочно-кишечном тракте необходимы:

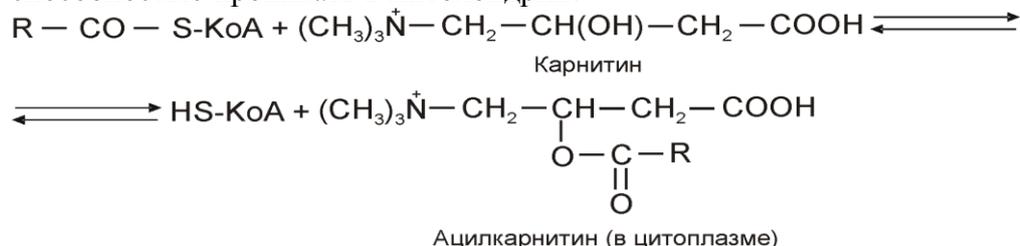
1. Липолитические ферменты (липаза) и оптимальные условия для ферментативной её деятельности (pH – 7,8-8,2).

со стороны карбоксильной группы. Окисление происходит в митохондриях клетки при участии мультиферментного комплекса.

1. Реакция – активизация жирных кислот с образованием ацил-КоА и их проникновение из цитоплазмы в митохондрии (фермент ацил-КоА-синтетаза):

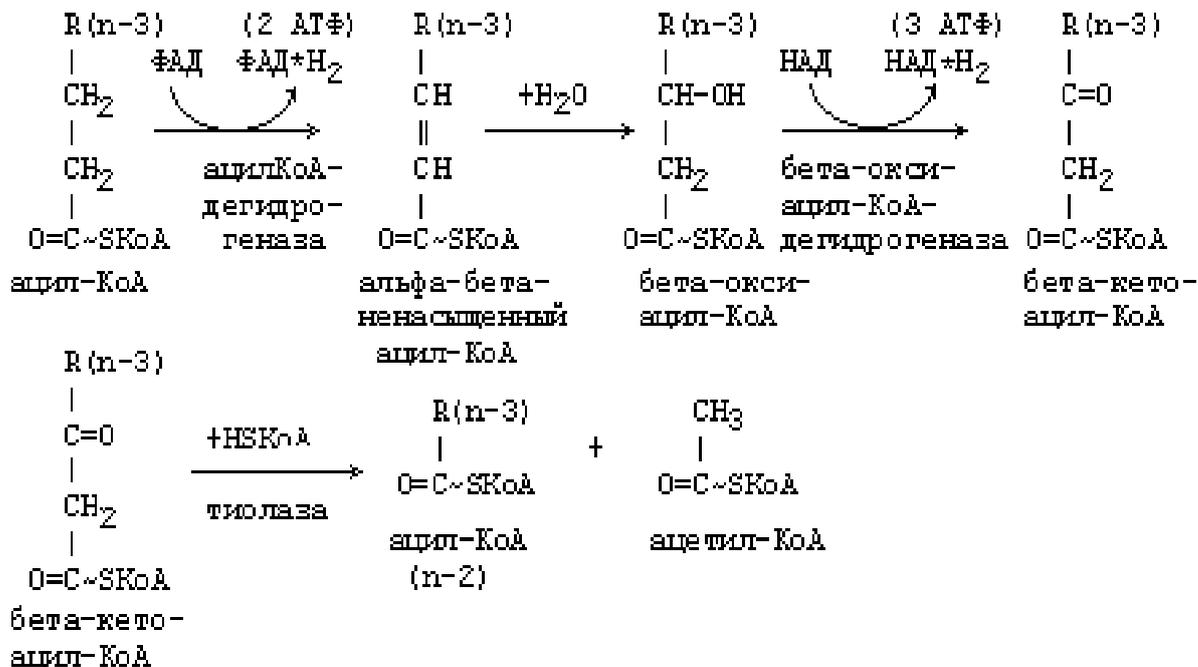


2. Реакция - ацил-КоА, соединяясь с карнитином, образует ацил-карнитин, который обладает способностью проникать в митохондрии:



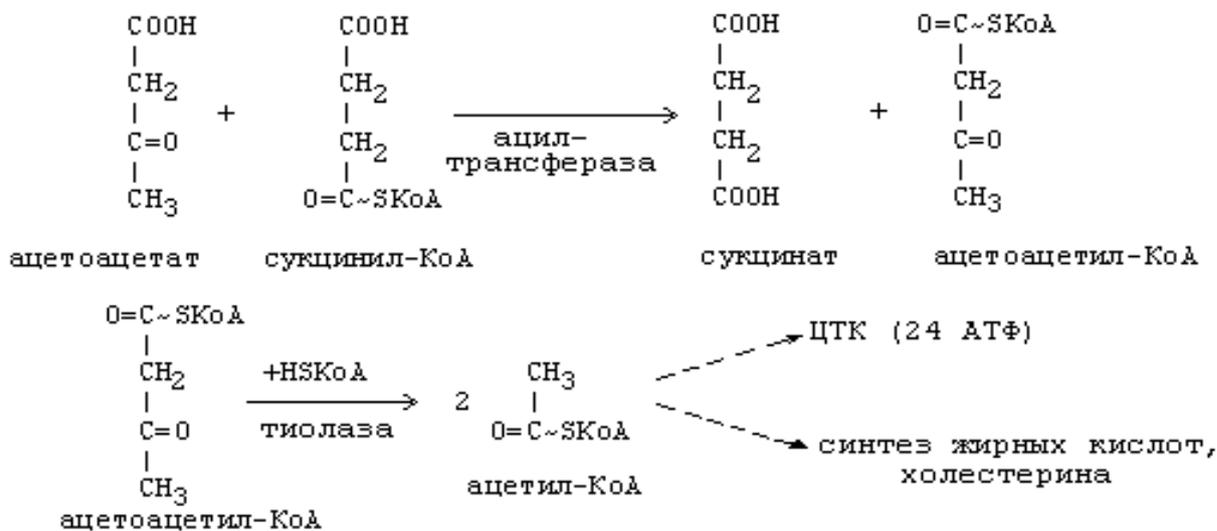
3. Реакция – после прохождения ацилкарнитина через мембрану митохондрий происходит обратная реакция: *Ацилкарнитин + HS-CoA ↔ Ацил-КоА + карнитин*

При этом карнитин возвращается в цитоплазму клеток, а ацил-КоА подвергается в митохондриях окислению:



Далее ацетил-КоА, подвергается окислению в ЦКТ, а ацил-КоА, укоротившийся на 2 углеродных атома, снова многократно проходит весь путь окисления кислот до образования бутирил-КоА (CH₃-CO-CH₂-CO~SKoA), который окисляется до двух молекул ацетил-КоА.

Баланс энергии: НАД·Н₂=3АТФ; ФАД·Н₂=2АТФ; ацетил-КоА в ЦКТ=12 АТФ.



Другими словами, при окислении жирной кислоты содержащей n углеродных атомов, происходит $[n/2-1]$ циклов β -окисления, т.е. на 1 цикл меньше, чем $n/2$, т.к. при окислении бутирил-КоА происходит образование 2 молекул ацетил-КоА, а не 1, как в предыдущих.

Например, суммарное уравнение β -окисления, пальмитоил-КоА (16:2-1=7 циклов) может быть представлено таким образом:



Следовательно, при полном окислении пальмитиновой кислоты образуется: $8 \cdot 12 + 7 \cdot 2 + 7 \cdot 3 = 96 + 14 + 21 = 131$ АТФ. Однако, с учетом 1 молекулы АТФ потраченной в самом начале на образование активной формы пальмитиновой кислоты, общий выход энергии: $131 - 1 = 130$ АТФ.

Во многих тканях окисление жирных кислот - важный источник энергии. Это ткани с высокой активностью ферментов ЦТК и дыхательной цепи: клетки красных скелетных мышц, сердечная мышца, почки. Эритроциты, в которых отсутствуют митохондрии, не могут окислять жирные кислоты. Жирные кислоты не служат источником энергии для мозга и других нервных тканей, так как жирные кислоты не проходят через гематоэнцефалический барьер, как и другие гидрофобные вещества.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена углеводов.
- 2) Переваривание и всасывание углеводов в желудочно-кишечном тракте.
- 3) Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение.
- 4) Аэробный гликолиз и его значение.
- 5) Цикл трикарбоновых кислот. Реакции и энергетика процесса.
- 6) Пентозофосфатный путь превращения глюкозы. Общая характеристика, реакции и значение.
- 7) Виды брожения. Механизм реакций и их значение.
- 8) Биологическое значение сложных липидов. Классификация липопротеинов и их функции.
- 9) Переваривание и всасывание липидов в желудочно-кишечном тракте.
- 10) Жёлчные кислоты и механизм их действия.
- 11) Основные процессы метаболизма липидов.
- 12) Промежуточный обмен (β -окисление) жирных кислот. Реакции, энергетика и значение процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.

4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.

5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.

2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.

3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.

5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.

6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.

7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.

8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.

9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 9

БИОХИМИЯ МЯСА. БИОХИМИЯ МОЛОКА

9.1. Общая характеристика и химический состав мяса.

Мясо – один из важнейших продуктов питания. Оно содержит полноценные белки, липиды, углеводы, витамины, минеральные вещества и другие соединения. Мясом обычно называют скелетные мышцы животных. В зависимости от вида животного различают говядину, телятину, свинину, оленину, баранину и т.д.

Кроме мяса от животных получают жиры – ценный продукт питания. В зависимости от источника получения и качества жиры делят на пищевые и технические. К пищевым относят говяжий, бараний и свиной жиры. Источник пищевых жиров – продукты вытапливания, экстрагирования или прессования жиросодержащего сырья убойных животных. Они непригодны для пищи и используются для других целей, например, для приготовления мыла, смазочных средств и др.

К субпродуктам относят внутренние органы, голову, вымя, мясо-костный хвост, путовый сустав, половые органы, мясную обрезь. Они составляют 20% массы мяса. Субпродукты птицы – сердце, желудок, печень, шейка, крылья, ножки – называют потрохами.

Химический состав мяса зависит от вида, возраста, породы, упитанности, рациона и функционального состояния животных в момент убоя. Особой питательной ценностью отличается мясо птицы. Вода в мясе находится в связанном и свободном состоянии. Связанная вода в среднем составляет 4% от общей массы мяса. Считают, что связь осуществляется в результате взаимодействия полярных групп белков с диполями воды. Кроме того, молекулы воды входят в состав цитоплазмы (иммобильная вода) и связаны с неорганическими ионами (гидратационная вода). Основная масса воды в мясе находится в свободном состоянии и удерживается мицеллярной структурой белков. Присутствие в

мясе необходимого количества воды определяет его качество. В жировой ткани содержание воды колеблется от 4 до 40% общей массы.

Белки. Белки мяса содержат все незаменимые аминокислоты. По биологической ценности мясо как продукт стоит после молока и яйца. Оно состоит из белков миофибрилл (60%), саркоплазмы (30%) и соединительнотканной стромы (10%). Белки миофибрилл содержат миоген, глобулин, α -миозин, тропомиозин, актин и актомиозин, миоглобин. Белки соединительнотканной стромы состоят из коллагена и эластина, частично – из ретикулна, белков нервной ткани и некоторых других. Это неполноценные белки. Чем больше в мясе соединительной ткани (особенно у старых животных), тем меньше его питательная ценность. В тушах КРС наиболее полноценное мясо находится в спинной части (содержит 2% коллагена), наименее полноценное – в области голяшки (содержит 145 коллагена).

Липиды. В мышечной ткани в среднем содержится 1-3% липидов. В липидах мяса преобладают жиры. Их содержание колеблется в широких пределах. В тощем мясе уровень фосфатидов сравнительно стабилен 0,5-0,8%. В липидах мяса преобладают ВЖК нормального строения с четным числом атомов углерода. Олеиновая кислота составляет 33-47% всех ненасыщенных жирных кислот мяса. Состав жирных кислот говядины, свинины, баранины, конины, оленины и других видов мяса различен, что сказывается на многих физико-химических показателях.

Углеводы. Они содержатся во всех тканях мяса. Особенно их много в мышечной и соединительной тканях. Из моносахаридов преобладает глюкоза, из полисахаридов – гликоген, гиалуриновая кислота хондриотинсульфаты. Работающие мышцы содержат в среднем 3,6% гликогена.

Азотистые экстрактивные вещества. Это аминокислоты и пептиды (до 2% от общей массы), карнитин. В мясе содержится фосфаген, АТФ, АДФ, АМФ, ИМФ и др. При гниении мяса из орнитина образуется путресцин, из лизина – кадаверин, трупные яды.

Безазотистые экстрактивные вещества. В эту группу веществ входят углеводы, их производные и органические кислоты: молочная, гликолевая, янтарная и др.

Витамины. Мясо содержит различные витамины: А, В₁, В₂, РР, В₃, С. В мясе кур много витаминов В₁, В₆, РР, В₃, Н, фолиевой кислоты, В₁₂.

Минеральные вещества. В тощем мясе содержится 1,-1,5% минеральных веществ. Количественный состав их следующий, % в сырой ткани. К – 0,254-0,398; Са – 0,003-0,009, Р – 0,150-0,200. В небольших концентрациях есть также Cu, Ва, Со, Мп, I, Al и др.

9.2. Биохимические процессы в мясе после убоя животного.

Все биохимические процессы, происходящие в мясе животного после убоя животного условно делят на три последовательные стадии: окоченение, созревание и глубокий автолиз.

Окоченение. После убоя животного расслабленная туша начинает затвердевать. Это состояние называется посмертным окоченением. Оно сохраняется в течение 1-2 сут., после чего мышцы расслабляются и принимают свой первоначальный вид. Окоченение начинается с жевательных мышц и распространяется к тазовым конечностям. Исчезает оно в той же последовательно, как и наступило. Отдельные стороны химизма окоченения не изучены. Его степень зависит от наличия в мясе гликогена и АТФ. В мышцах больных животных содержание гликогена нарушено, что приводит к замедлению процессов окоченения. В ходе окоченения изменяется рН. Так, в живой мышце он равен 7,3-7,5, после убоя становится нейтральным, а через несколько часов достигает максимума – 5,3-5,5. Причиной изменения рН является распад гликогена и глюкозы до молочной кислоты в ходе гликолиза.

В первые 20-50 мин. после убоя наблюдается повышение температуры мяса на 0,9-2,0 °С, это результат нарушения сопряжения между клеточным дыханием и окислительным фосфолированием, а также затухания последнего после смерти животного.

После окоченения в мясе резко уменьшается содержание органического фосфора и увеличивается концентрация неорганического, постепенно уменьшается и исчезает запас АТФ и креатинфосфата, накапливаются продукты, не свойственные живым мышцам.

Созревание мяса. Это процесс, протекающий после окоченения и приводящий к улучшению вкусовых качеств мяса, способствует появлению специфически приятного вкуса и аромата, сочности и нежности. При температуре 2-3⁰ С созревание мяса завершается через 12-15 сут., при 12⁰ С – на пятые, при 18⁰ С – на вторые сутки, при 29⁰ С – через несколько часов. Наилучшие результаты созревания достигаются при 0-4⁰ С в камерах охлаждения. При созревании до 10 сут. аромат, вкус и нежная консистенция мяса постепенно увеличиваются, достигая максимума.

Созревание мяса прежде всего связано с явлениями гликогенолиза. Эти процессы активируются после убоя животного и приводят к увеличению в мясе содержания молочной кислоты. В динамике количества гликогена мяса различают четыре периода: уменьшение содержания, сохранение концентрации на определенном уровне, вторичное небольшое увеличение количества гликогена и окончательный необратимый гликогенолиз.

При созревании происходит дефосфорилирование нуклеотидов, креатинфосфата и гексозофосфатов, что приводит к увеличению содержания неорганического фосфора. В мясе возрастает содержание молочной и ортофосфорной кислот, в результате этого среда становится кислой (у хорошо откормленных животных рН 5,6-6,8, у жирных рН 6,2-6,4). Нежная консистенция мяса достигается за счет кислот, «разрыхляющих» соединительнотканые прослойки.

Изменяются физико-химические свойства белков. Этот процесс происходит по стадиям: вначале меняются гидрофильные свойства белков. Затем распадаются пептидные связи и белки теряют способность к коагуляции. Так, в первые часы после убоя животного влагосвязывающая способность мяса равна 100%, через 24 ч. – 74, через 48 ч. – 78% и т.д. под влиянием катепсинов происходит гидролиз белков до аминокислот и простетических групп. Содержание свободных аминокислот в мясе постепенно возрастает, достигая максимума. Так, содержание аланина и глицина увеличивается наполовину, аспарагиновой и глутаминовой кислот вместе с метионином к концу 18-х суток в 6-10 раз. Изменяются и другие свойства мышечных белков. В живых мышцах часть белков ведет себя, как кислоты, образуя соли. При уменьшении рН эти соли распадаются и катионы переходят в раствор. Белки теряют гидрофильные свойства.

В дальнейшем образуется жидкая фракция – мясной сок, который равномерно пропитывает ткани мяса. Он содержит 89,4% воды, 6,4 – белков, 3 – экстрактивных веществ и 1,2% минеральных соединений. Мясной сок в значительной степени определяет вкус мяса, так как содержит экстрактивные вещества – глутаминовую и инозитовую кислоты, аминокислоты и другие низкомолекулярные соединения. Специфические вкус и запах говядины, свинины, конины, баранины и других видов мяса связаны частично с их липидным составом.

Глубокий автолиз. При долгом хранении мяса изменяются его запах. Вкус, цвет и другие показатели. Здесь следует различать два явления – загар и гниение мяса.

Загар мяса – изменения, возникающие в мясе в процессе и приводящие к уменьшению или потере пригодности его для пищевых целей. Цвет мяса становится серо-красным или серо-коричневым, запах – удушливо-кислым, консистенция – рыхлой, реакция – кислой. Возникает при прекращении доступа к мясу кислорода, повышенной температуре хранения (15⁰ С и больше) и высокой влажности среды. В мясе повышается температура (больше 37⁰ С), расщепляется гликоген, накапливаются продукты гликолиза и гликогененза, разлагаются белки с выделением серосодержащих аминокислот, из которых образуется H₂S. для предупреждения загара мясо хранят в прохладном помещении с хорошей вентиляцией.

Гниение мяса – это разложение органических веществ мяса под влиянием ферментов микрофлоры. При этом разлагаются белки, образуются путресцин, кадаверин, индол, скатол, меркаптаны, фенолы, аммиак и др. При разложении жиров образуются НЖК (масляная, капроновая и др.), альдегиды, оксикислоты, обладающие неприятным запахом, что ухудшает качество мяса и делает его непригодным для питания. Для предупреждения процессов гниения нужно соблюдать следующие условия: для убоя брать клинически здоровых животных, перед убоем животным обеспечить достаточный отдых, хорошо очищать шкуры и копытца, правильно обескровливать тушу, применять быстрое охлаждение, соблюдать правила созревания и хранения мяса. Полноценная сохранность мяса достигается консервированием, охлаждением, замораживанием, посолом, добавлением ингибиторов, ультрафиолетовым облучением, обработкой озоном и др.

9.3 Общая характеристика и химический состав молока.

Молоко – полидисперсная система, состоящая из истинных и коллоидных растворов, суспензий и эмульсий. Плотность молока или объемная масса ρ при 20°C колеблется от 1,027 до 1,032 г/см³, выражается и в градусах лактоденсиметра. Плотность зависит от температуры (понижается с ее повышением), химического состава (понижается при увеличении содержания жира и повышением при увеличении количества белков, лактозы и солей), а также от давления, действующего на него.

Величина плотности зависит от лактационного периода, болезней животных, пород, кормовых рационов. Так, молозиво и молоко полученные от разных коров, имеют высокую плотность за счет повышенного содержания белков, лактозы, солей и других составных частей.

Температура замерзания колеблется в узких пределах от 0,54 до 0,57°C. Температура кипения 100,2 °C Реакция среды кислая ли близка к нейтральной: pH 6,5-7,0. титруемая кислотность 12-20 °Т. Буферная емкость по кислоте 2,5, по щелочи 1,4.

В молоке около 200 индивидуальных веществ, которые условно можно разделить на пять основных групп: вода, белки, липиды, углеводы.

Химически состав молока одного и того же вида животного зависит от породы и возраста самки, периода лактации, условий кормления и т.д. Для молока часто выделяют понятие СОМО – сухой обезжиренный молока остаток. Установлена закономерность между содержанием в молоке СОМО и интенсивностью роста молодняка.

Вода в молоке находится в свободном и связанном состояниях. В молоке коровы 88% козы 86,9% лошади 90,3% . Свободная вода легко удаляется при сгущении, высушивании и других обработках. Связанная вода входит в состав сольватных оболочек коллоидов. В свежем молоке содержится 2,0-3,5% связанной воды, в обезжиренном – 2,13-2,59, в сливках 20%-ной жирности – 2,5-3,42%, в сгущенном молоке – 11,62%

Белки. Содержание белков в коровьем молоке достигает 2,9-4,0%, козы 3,8%, лошади 1,9% В обезжиренном молоке 45-55% белков составляет α -казеин. В молоке он образует казеинат-кальций-фосфатный комплекс, участвующий в формировании оболочки жировых шариков.

α -лактоальбумин участвует в биосинтезе лактозы из галактозы и глюкозы.

Глобулины молока имеют высокую молекулярную массу (250 тыс-1 млн.), их молекула содержит углеводный компонент, обладают свойствами липооксидаз.

Протеозо-пептонную фракцию представляют простые белки связанные с углеводными компонентами: гексозами, сиаловыми кислотами и гесозаминами. Фракция содержится в сыворотке молока (образуется после осаждения казеина) и мицеллах.

Кроме этого, в молоке имеются и другие белки – ферменты всех шести классов, красный протеин, лактолин и т.д.

Небелковые азотистые соединения. Их содержание составляет 0,021-0,036%. Около половины небелкового азота приходится на мочевины, меньше – на аминокислоты, пуриновые основания, креатин и др.

Углеводы. В молоке коровы 4,9%, козы 4,4%, лошади 6,5%. Они находятся в свободной и связанной с белками формах. Свободные углеводы представлены лактозой (в среднем 4,7%), галактозой, глюкозой, фосфорными эфирами моноз, аминсахарами. Связанные углеводы составляют 0,3% молока. Это моносахариды, гексозамины, сиаловые кислоты, лактоза. Больше всего лактозы содержится в молоке носорога – до 36% общей массы.

Липиды. В молоке коровы 3,5%, козы 3,8, лошади 1,0%, в молоке самки оленя 17,1%. В молоке они представляют собой смесь нейтрального жира, стерина, стеридов, фосфатидов, гликолипидов и их производных. Основу липидов молока составляют триглицериды (98-99% общей массы). В молочном жире больше всего остатков пальмитиновой, олеиновой, стеариновой и миристиновой кислот. Холестерина в молоке 0,0012-0,013%. Стерины и стериды концентрируются в оболочках жировых шариков.

Фосфатидов и гликолипидов в молоке 0,032-0,050%. Оболочки жировых шариков на 60% состоят из фосфатидов.

Витамины. Коровье молоко богато витаминами, мг/100г: В₁- 0,04, В₂ – 0,15, РР – 0,1, С – 1,5, А – 0,025, D – 0,05*10⁻³, Е – 0,09. Иногда его обогащают витаминами. С этой целью животных кормят кормами, богатыми витаминами, вводят концентраты витаминов А и D или же Е молоко обогащают витаминами биологическим путем, вводя микробы, способные синтезировать определённые витамины. Так, внесение в молоко штаммов молочнокислых бактерий даёт возможность повысить в простокваше и кефире содержание витамина С в 2-4 раза, РР – в 5-10, В₁₂ – в 20-50, В₂ – в 1,5-2 раза.

Пигменты. Молоко содержит каротины (летом – 0,3-0,6 мг/кг, зимой – 0,05-0,2мг/кг), лактофлавин, небольшое количество хлорофиллов. От них зависит окраска молока.

Минеральные вещества. Содержание их в молоке составляет 0,7-1%. Они находятся в свободном и связанном состояниях. Молоко коровы содержит следующие основные минеральные вещества г/кг : хлориды – 2,01; фосфаты -3,32; цитраты-3,21; сульфат натрия-0,18. Молоко богато кальцием (11,2-12,8 мг). 78% его в фосфатах и цитратах, 22% связано с казеином. Кроме этого молоко содержит многие микроэлементы – Fe, Cu, Zn, Mn.

Минеральные вещества находятся в виде солей, кислот, ионов, биокомплексов, входят в состав металлоэнзимов.

Газы. В свежем молоке содержание газов, находящихся в растворённом состоянии, доходит до 70 мл на 1л. Больше всего в нем СО₂ (50-70% общей массы газов), азота (20-30%) и О₂ (20-30%). В молоке полученном в плохо вентилируемых помещениях может быть аммиак. В процессе хранения содержание газов в молоке уменьшается, затем остаётся на одном уровне.

9.4 Общая характеристика и химический состав молозива.

Молозиво – это секрет молочной железы в первые 5-7 суток после родов. У коровы молозиво представляет собой жидкость желтоватого иногда желтовато-коричневого цвета, вязкой консистенции, солоноватую на вкус, со специфическим запахом. Плотность молозива – 1,035-1,082, вязкость – 4,4.

От молока отличается высокой кислотностью. В молозиве коровы содержится 72% воды, до 20% белков, 7,5-8,5% липидов, 3,5% лактозы, 3,5% минеральных солей.

Богато иммунными телами (они обеспечивают пассивный иммунитет у новорожденных на первом этапе жизни, антитоксинами, витаминами, каротином (в 50-100раз больше, чем в молоке), минеральными веществами и другими соединениями. В молозиве в 2-3 раза больше фосфатидов, чем в обычном молоке.

Иммуноглобулины молозива без предварительного гидролиза всасываются в кровь через стенку кишечника новорожденных, принимающих в качестве корма молозиво, и создают у них так называемый колостральный (молозивный) иммунитет, обеспечивающий

им устойчивость к ряду инфекционных болезней в первые 1,5-2 месяца постнатальной жизни.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и химический состав мяса.
- 2) Биохимические процессы в мясе после убоя животного.
- 3) Изменения в мясе под влиянием биохимических и физико-химических факторов.
- 4) Физико-химические свойства и химический состав молока, его пищевая ценность.
- 5) Образование составных частей молока.
- 6) Общая характеристика и химический состав молозива

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
3. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
4. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
5. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.

6. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
7. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
8. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.–495 с.
9. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
10. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.
11. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
12. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
13. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
14. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Введение в биологическую химию. Химия аминокислот, пептидов	4
1.1. Предмет биологической химии и его значение	4
1.2. Классификация, строение и свойства аминокислот	4
1.3. Пептидная связь. Строение и биологическая роль пептидов	5
1.4. Характеристика, функции и классификация белков	6
1.5. Структурная организация белков	7
1.6. Физико-химические свойства белков	7
Вопросы для самоконтроля	8
Список литературы	8
Лекция 2 Ферменты	8
2.1. Классификация и номенклатура ферментов	8
2.2. Структура и механизм действия ферментов	10
2.3. Свойства энзимов	11
Вопросы для самоконтроля	11
Список литературы	11
Лекция 3. Нуклеиновые кислоты	12
3.1. Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот	12
3.2. Химические свойства нуклеиновых кислот	12
3.3. Схема образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК	13
3.4. Структура нуклеиновых кислот	14
3.5. Общая схема биосинтеза белка	15
3.6. Биологический код и его свойства	15
Вопросы для самоконтроля	16
Список литературы	16
Лекция 4. Гормоны	17
4.1. Гормоны: общая характеристика и классификация	17
4.2. Механизм действия гормонов и виды мембраносвязанных рецепторов	18
4.3. Гормоны центральных желез	19
4.4. Гормоны периферических эндокринных желез	20
Вопросы для самоконтроля	22
Список литературы	22
Лекция 5. Витамины	23
5.1. Характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо- и гипервитаминозов	23
5.2. Жирорастворимые витамины: строение, биологическая роль, источники	23
5.3. Водорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники	25
Вопросы для самоконтроля	28
Список литературы	28
Лекция 6. Обмен веществ. Энергетический обмен	29
6.1. Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм	29
6.2. Обмен энергии. Биологическое окисление	30
6.3. Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме	31
6.4. Организация и функционирование дыхательной цепи	32
6.5. Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием	33
Вопросы для самоконтроля	34
Список литературы	34
Лекция 7. Обмен аминокислот и белков	34
7.1. Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс	34
7.2. Переваривание белков и всасывание продуктов распада в ЖКТ	35
7.3. Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях	35
7.4. Гниение белков в кишечнике	36
7.5. Конечные продукты белкового обмена	37
Вопросы для самоконтроля	39

Список литературы	39
Лекция 8. Обмен углеводов. Обмен липидов	40
8.1. Общая характеристика обмена углеводов	40
8.2. Переваривание и всасывание углеводов в ЖКТ	40
8.3. Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение	41
8.4. Анаэробный распад глюкозы (непрямой путь окисления)	42
8.5. Пентозо-фосфатный путь превращения глюкозы. Реакции. Значение	43
8.6. Виды брожения углеводов	45
8.7. Метаболизм липидов	46
8.8. Переваривание и всасывание жиров в ЖКТ	46
8.9. Промежуточный обмен: β -окисление жирных кислот	47
Вопросы для самоконтроля	49
Список литературы	49
Лекция 9. Биохимия мяса. Биохимия молока	50
9.1. Общая характеристика и химический состав мяса.	50
9.2. Биохимические процессы в мясе после убоя животного	51
9.3. Общая характеристика и химический состав молока	53
9.4. Общая характеристика и химический состав молозива	54
Вопросы для самоконтроля	55
Список литературы	55
Библиографический список	55
Содержание	57