

## ТЕМА 12. ЛИПИДЫ

- 12.1. Общая характеристика и классификация липидов
- 12.2. Жирные кислоты
- 12.3. Простые липиды
- 12.4. Сложные липиды
- 12.5. Биологические функции липидов

### 12.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ

Липидами, от греч. *lípos* – жир, называется сложная смесь органических веществ, состоящая из атомов С, Н и О, выделяемых из растительных и животных объектов. Они обладают близкими физико-химическими свойствами, в первую очередь, нерастворимостью в воде и хорошей растворимостью в ряде органических растворителей (диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе, спиртах).

По элементарному составу липиды разделяются на две большие категории:

- *простые*;
- *сложные*.

Простые липиды включают вещества, молекулы которых состоят только из жирных кислот и спиртов, сложные – образуют комплексы с белками (*липопротеиды*), с сахарами (*гликолипиды*), с фосфором (*фосфолипиды*).

В зависимости от физиологической роли, липиды разделяются на:

- *запасные*;
- *структурные*.

Запасные липиды накапливаются в различных клетках и тканях организма растений или животных и используются в качестве энергетического резерва в зависимости от необходимости. У растений запасные липиды накапливаются в больших количествах в фруктах (оливках, миндале, финиках, облепихе), в семенах (подсолнечнике, льне, конопле, сое). У животных липиды накапливаются в жировой ткани, под кожей и вокруг внутренних органов (почек, печени, сердца, легких).

Структурные липиды являются константным компонентом клеточных структур. Содержание структурных липидов не меняется в зависимости от условия питания, участвуют в формировании биологических мембран и обеспечивают их избирательную проницаемость (фосфолипиды, гликолипиды).

### 12.2. ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

*Жирные кислоты* – это карбоновые кислоты с открытой цепью, содержащиеся в жирах, маслах и восках растительного и животного происхождения. Жирные кислоты,

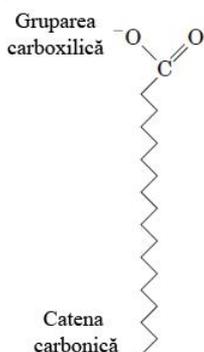


Рис. 12.1. Структура жирной кислоты

как правило, содержат неразветвленную цепь из чётного числа атомов углерода (от 4 до 24, включая карбоксильный) и карбоксильную группу (рис. 12.1). Каждый линейный фрагмент зигзага на рисунке представляет собой простую связь между соседними атомами углерода. По характеру связи атомов углерода в цепочке все жирные кислоты входящие в состав липидов делятся на *насыщенные* и *ненасыщенные*. Насыщенные кислоты, самые распространенные в природе, содержат только одинарные связи между атомами углерода. Мононенасыщенные содержат двойную или, что бывает редко, тройную связь. Полиненасыщенные жирные кислоты имеют две и более двойные или тройные связи.

Самые значимые с биологической точки зрения насыщенными кислотами являются: *миристиновая кислота* –  $C_{13}H_{27}COOH$ , *пальмитиновая кислота* –  $C_{15}H_{31}COOH$ , *стеариновая кислота* –  $C_{17}H_{35}COOH$ , *арахиновая кислота* –  $C_{19}H_{39}COOH$ , *бегеновая кислота* –  $C_{21}H_{43}COOH$ ). В животных жирах преобладают пальмитиновая и стеариновая кислоты.

Самые распространенными ненасыщенными жирными кислотами являются: *олеиновая кислота* –  $C_{17}H_{33}COOH$  ( $\omega$ -9 – содержится в большинстве жиров), *линолевая кислота* –  $C_{17}H_{31}COOH$  ( $\omega$ -6 – содержится в большинстве жиров), *линоленовая кислота* –  $C_{17}H_{29}COOH$  ( $\omega$ -3 – содержится в соевом и льняном маслах)

*Незаменимые жирные кислоты (омега- $\omega$ )* – это ряд полиненасыщенных жирных кислот, которые принимают значительное участие в метаболизме животных и человека. Они не синтезируются в животной клетке, они поступают в организм только с пищей. Данные аминокислоты обладают уникальными биологическими свойствами, их отсутствие в организме приводит к значительным расстройствам (задержка в росте, болезни кожи, заболевания слизистых оболочек, нарушения в работе эндокринной системы). Одна из главных причин по которой нехватка или отсутствие незаменимых жирных кислот сказывается отрицательно на организм состоит в том, что омега кислоты входят в состав фосфолипидов это основной компонент клеточных мембран. Кислоты омега необходимы для иммунной системы, для нормального развития мозга, глаз, нервов, играют важную роль в регуляции кровяного давления, являются предшественниками некоторых биологически активных веществ.

Незаменимые жирные кислоты важны для сердечно-сосудистой системы: препятствуют развитию атеросклероза, улучшают кровообращение, обладают кардиопротекторным и антиаритмическим действием. Полиненасыщенные жирные кислоты уменьшают воспалительные процессы в организме, улучшают питание тканей. Суточная потребность человека оценивается в 5-10 граммов.

По данным исследований, употребление ( $\omega$ -3) кислот предположительно улучшает состояние при клинической депрессии. Полиненасыщенные жирные кислоты участвуют в синаптогенезе и синтезе нейромодуляторов, препятствуют синтезу регуляторных молекул, связанных с болезнью Альцгеймера и шизофренией

Основными группами кислот омега являются:  $\omega$ -9 (олеиновая кислота),  $\omega$ -6 (линолевая кислота),  $\omega$ -3 (линоленовая кислота).

*Олеиновая кислота* содержится в различных животных жирах и растительных маслах. Термин олеиновая происходит от слова олива, так как олеиновая кислота содержится в больших количествах в оливковом масле.

*Линолевая кислота* (рис. 12.2) содержится в больших количествах в растительных маслах (соевом, подсолнечном), в мясе дичи, особенно в печени.

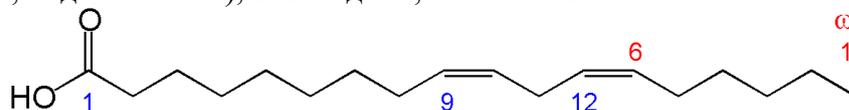


Рис. 12.2. Химическая структура линолевой кислоты  $\omega$ -6

*Линоленовая кислота* (рис. 12.3) содержится в сине-зеленых водорослях *Spirulina*, в морских видах рыб (лосось, скумбрия), в растительных маслах (масло грецкого ореха, льна, сои).

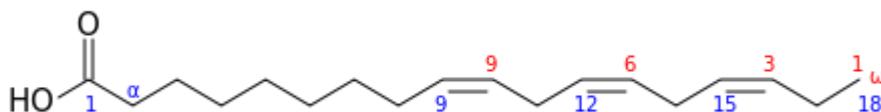


Рис. 12.3. Химическая структура линоленовой кислоты  $\omega$ -3

## 12.3. ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ

По природе содержащегося спирта простые липиды классифицируются на:

- *глицериды* или *ацилглицеролы* (содержат спирт глицерол);
- *цериды* (содержат высшие алифатические спирты);
- *стероиды* (содержат полициклические спирты, носящие название стеролы).

12.3.1. *Глицериды (ацилглицеролы, жиры)*. Основную массу липидов составляют глицериды. Жиры – представляют собой смесь сложных эфиров трёхатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. Самые распространенные липиды встречающиеся в природе – *триглицериды*.

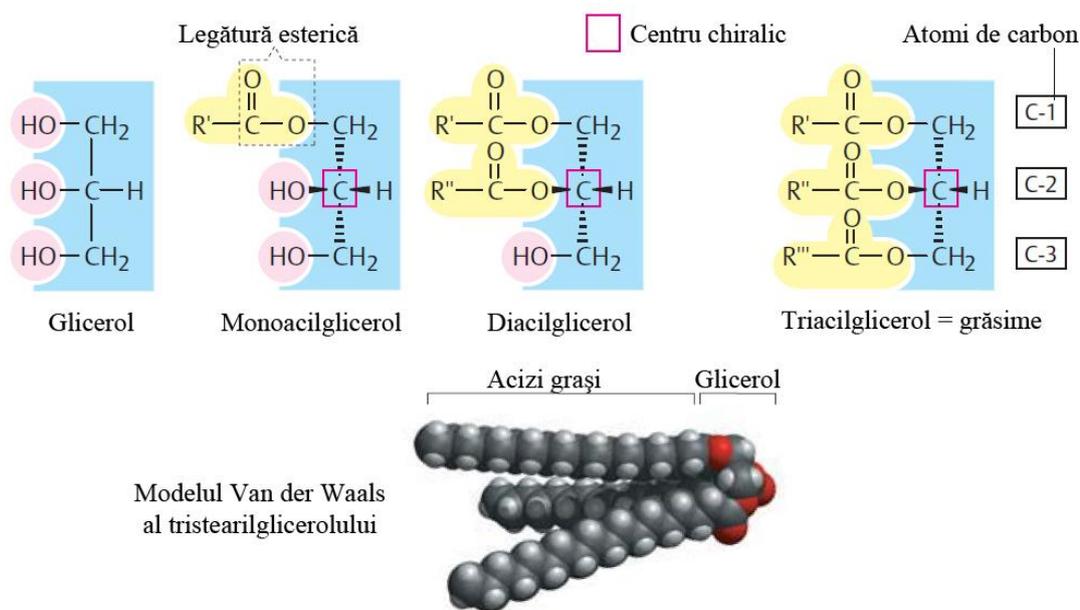


Рис. 12.4. Структура глицеридов

\*Хиральный центр – асимметрический атом в молекуле

Жиры – запасные вещества, накапливающиеся в очень больших количествах в семенах и плодах многих растений, используемых в пищевой промышленности для получения масел (растительных жиров).

Триглицериды принято делить на жиры (при  $t = 20^\circ \text{C}$  они остаются твёрдыми) и масла (при  $t = 20^\circ \text{C}$  имеют жидкую консистенцию). Растительные жиры или масла богаты ненасыщенными кислотами, поэтому в подавляющем большинстве случаев они являются жидкими. Твёрдыми являются только *кокосовое масло* и *масло бобов какао*. Животные жиры при обыкновенной температуре – твёрдые, так как содержат главным образом насыщенные жирные кислоты.

Липиды – важные компоненты пищи, во многом определяют пищевую ценность и вкусовые достоинства. При длительном хранении жиры приобретают неприятный вкус и запах – прогоркают, процесс который ускоряется присутствием небольших количествах влаги, повышенной температуры и светом. Для предотвращения окислительного прогоркания жиров к ним добавляют антиокислители (наиболее активный витамин Е – токоферол).

12.3.2. *Цериды (воски)* – распространённые в растительном и животном мире сложные эфиры высших жирных кислот и высших высокомолекулярных спиртов. Очень устойчивы, нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в бензине, хлороформе, эфире. По происхождению воски можно разделить на:

- *животные* – пчелиный вырабатывается пчёлами; шерстяной (*ланолин*) предохраняет шерсть и кожу животных от влаги, засорения и высыхания;

- *растительные* – воски покрывают тонким слоем листья, стебли, плоды и защищают их от размачивания водой, высыхания, вредных микроорганизмов, иногда в качестве резервных липидов входят в состав семян (т. н. масло жожоба).

Воски зарегистрированы в качестве пищевых добавок E901 – E903 (используются например для покрытия сыров).

12.3.3. *Стероиды* – это вещества животного или реже растительного происхождения, обладающие высокой биологической активностью.

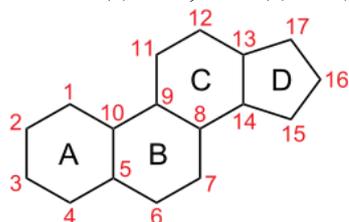


Рис.12.5. Структура стерана

Содержат полициклические спирты, стеролы, производные стерана, циклические моноспирты с 30 атомами углерода (рис. 12.5). Самый распространенный животный стероид – холестерин.

Холестерин нерастворим в воде, растворим в жирах и органических растворителях. Около 80 % холестерина вырабатывается самим организмом (печенью, кишечником,

почками, надпочечниками, половыми железами), остальные 20% поступают с пищей.

Холестерин выполняет важную роль в организме:

- обеспечивает стабильность клеточных мембран в широком интервале температур;
- он необходим для выработки витамина D, выработки надпочечниками различных стероидных гормонов, включая женских половых гормонов эстрогенов и прогестерона, мужского полового гормона тестостерона;
- играет важную роль в деятельности синапсов головного мозга и иммунной системы, включая защиту от рака.

## 12.4. СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

Сложные липиды это группа веществ широко распространенная в природе. Они преобладают в животном царстве. В больших количествах содержится в тканях и органах с повышенной физиологической активностью (в мозгу, печени, сердце, клеточных мембранах). У растений содержатся в семенах и фруктах.

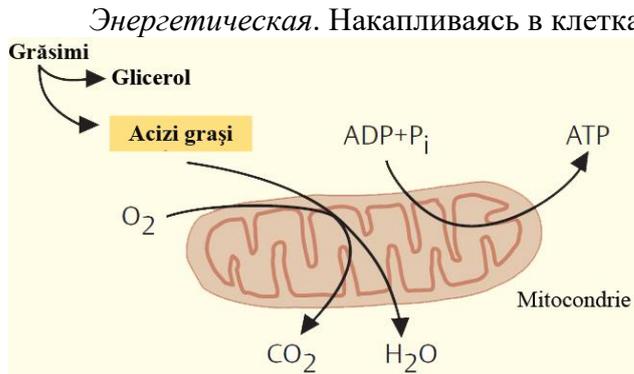
С химической точки зрения, сложные липиды – это эфиры спиртов с жирными кислотами. Сложные липиды разделяют на 2 группы:

- *фосфолипиды* – содержат остаток фосфорной кислоты, азотистое основание и азотистые вещества;
- *гликолипиды* – содержат углеводный компонент (глюкоза или галактоза).

*Фосфолипиды* являются важной частью клеточных мембран, обеспечивают их избирательную проницаемость, участвуют в транспорте жиров, жирных кислот и холестерина.

*Гликолипиды* (вместе с фосфолипидами) входят в состав клеточных мембран. Гликолипиды широко представлены в нервной ткани, в частности в ткани мозга. Являясь компонентами наружного слоя плазматической мембраны, могут участвовать в межклеточных взаимодействиях и контактах, могут восстанавливать электрическую раздражимость нервной ткани, связывают и инактивируют некоторые бактериальные токсины.

## 12.5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ



**Рис. 12.6.** Схема окисления жирных кислот в клеточных митохондриях

*Строительная.* Жиры входят в состав клеточных мембран (фосфолипиды и гликолипиды).

*Защитная.* Благодаря плохой теплопроводности жир способен выполнять функцию теплоизолятора. У некоторых животных (тюлени, киты) он откладывается в подкожной жировой ткани.

*Регуляторная.* Некоторые липиды входят в состав гормонов половых желез и надпочечников. Следовательно, липидам присуща и функция регуляции обменных процессов.

Как растворители, жиры обеспечивают проникновение в организм жирорастворимых веществ, например витаминов D, E, A. Важна роль жиров и как растворителей гидрофобных органических соединений, необходимых для нормального протекания биохимических превращений в организме.

Некоторые липиды являются кофакторами, принимающими участие в ферментативных реакциях, например, в свертывании крови или в трансмембранном переносе электронов. Липидную структуру имеют витамин K, зрительный пигмент *ретинал* играющий важную роль в процессе зрения.