

ЛИШИДЫ

Строение, классификация, функции

Липиды – это органические соединения, не растворимые в воде и растворимые в неполярных растворителях (хлороформ, эфир, бензол).

ЛИПИДЫ

ОМЫЛЯЕМЫЕ

НЕОМЫЛЯЕМЫЕ

СЛОЖНЫЕ

Протеолипиды

Гликолипиды

Фосфолипиды

ПРОСТЫЕ

- Воска

- Нейтральные жиры
(триацилглицеролы)

- Сульфатиды*

- Ганглиозиды*

- Цереброзиды*

- Глицерофосфолипиды

- Сфингомиелины*

- Стероиды

- Каротиноиды

- Терпеноиды

- фосфатидилхолины*

- фосфатидилэтанолламины*

- фосфатидилсерины*

- фосфатидилинозитолы*

- плазмалогены*

ЛИПИДЫ

Органические вещества биологической природы, нерастворимые в воде, но растворимые в неполярных растворителях (бензол, эфир, хлороформ)

ОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе в щелочной среде образуют спирт и соли жирных кислот

ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты и жирные кислоты

- ВОСКА
- ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИНЫ (нейтральные жиры)

СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты, жирные кислоты и другие вещества (углеводы, азотсодержащие вещества, фосфорную кислоту)

ФОСФОЛИПИДЫ

ГЛИКОЛИПИДЫ

- Цереброзиды
- Сульфолипиды
- Ганглиозиды

ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ

- Фосфатидилхолины (лецитины)
- Фосфатидилэтаноламины (кефалины)
- Фосфатидилсерины
- Фосфатидилинозитолы
- Плазмалогены
- Кардиолипиды

СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ

Сфингомиелины

НЕОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

Не гидролизуются в щелочной или кислой среде

Производные насыщенного углеводорода – циклопентанпергидрофенантрена. Стероиды делят на группы в зависимости от количества углеродных атомов боковой цепи у C₁₇

СТЕРИНЫ, СТЕРИДЫ

Эфиры стерина и жирных кислот (восемь углеродных атомов у C₁₇) – холестерин, эфиры холестерина

ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ

Холевая, дезоксихолевая и хенодезоксихолевая кислоты (пять углеродных атомов у C₁₇)

СТЕРОИДНЫЕ ГОРМОНЫ

Кортикостероиды и прогестероны (два углеродных атома у C₁₇).

СТЕРОИДНЫЕ ВИТАМИНЫ

Витамины D₂ и D₃, провитамины D (эргостерин, 7-дегидрохолестерин), восемь углеродных атомов у

Функции липидов

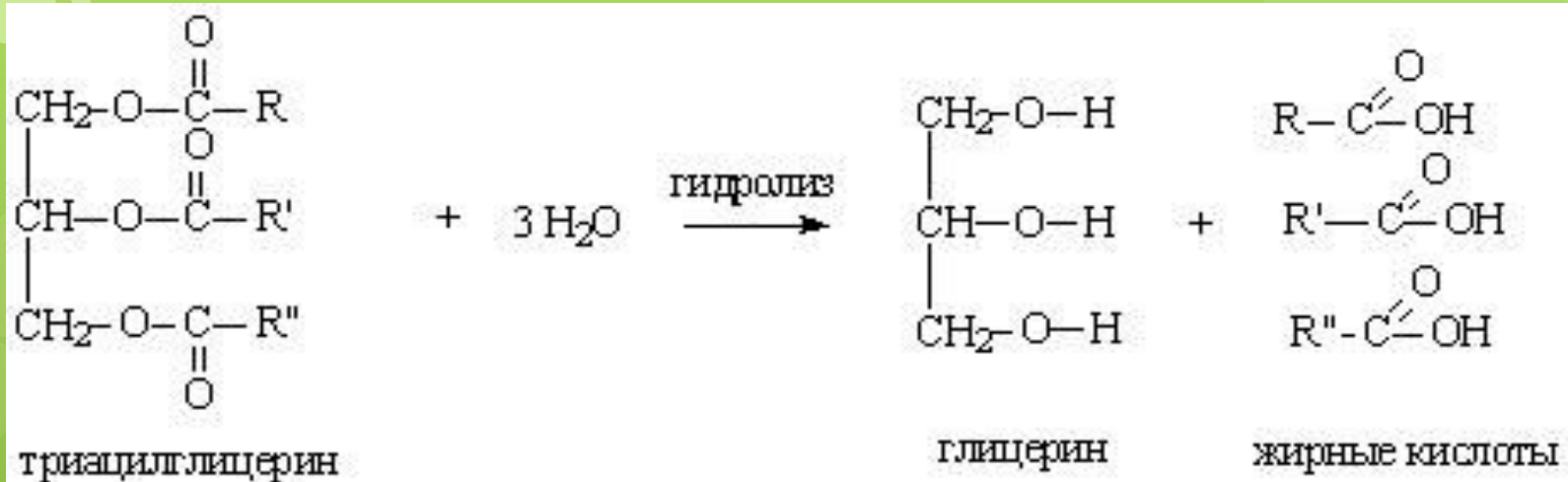
1. Главный компонент биомембран
2. Запасной, изолирующий и защищающий органы и ткани биоматериал
3. Наиболее калорийная часть пищи
4. Важный компонент диеты человека
5. Регуляторы транспорта воды и солей
6. Иммуномодуляторы
7. Регуляторы активности ферментов
8. Эндогормоны
9. Передатчики биологических сигналов

Основные функции:

1. Энергетическая: в результате биологического окисления 1 г жира выделяется 39 кДж энергии (это вдвое больше, чем при окислении белков, углеводов).
2. Структурная функция: липиды являются компонентами клеточных мембран и органелл.
3. Защитная: жировая ткань задействована в процессах терморегуляции организма, предохраняет жизненно важные органы от случайных сотрясений при падениях, ударах, ушибах.

Основные источники липидов: молоко, растительные масла (оливковое, подсолнечное, льняное, кукурузное, кокосовое и т.д.), свиное сало и другие животные жиры, яйца, мозг и внутренности животных и др.

Нейтральные жиры – сложные эфиры глицерина и высших жирных
монокарбоновых кислот - **триацилглицерины**



R, R1, R2 – ацильные остатки жирных кислот

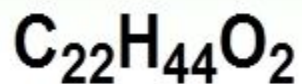
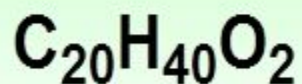
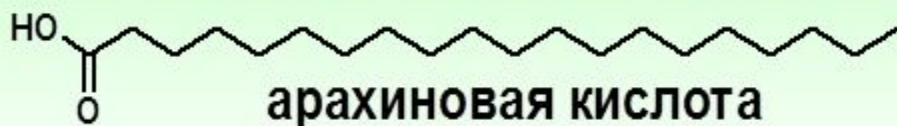
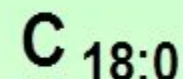
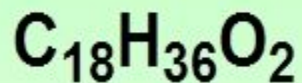
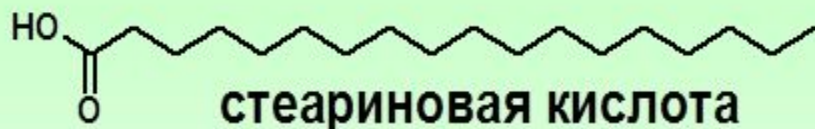
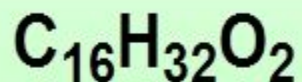
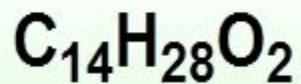
Если ацильные остатки одинаковые – простые триацилглицерины.

Если разные – сложные.

Жирные кислоты, наиболее распространенные в липидах человека

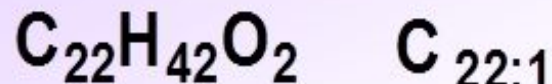
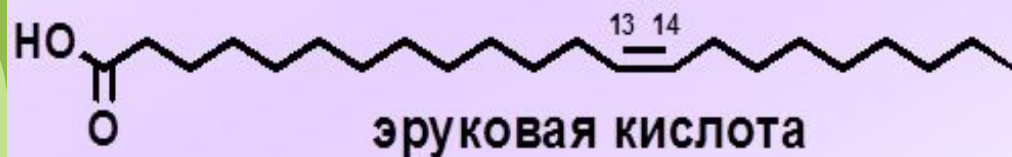
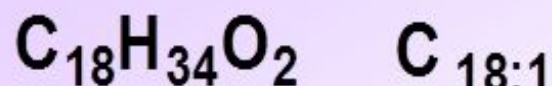
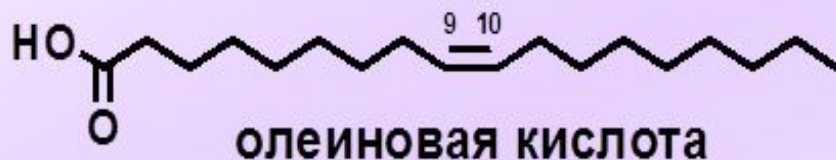
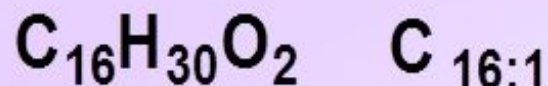
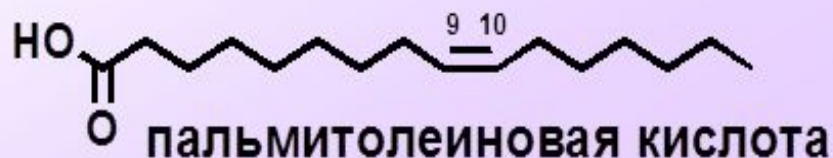
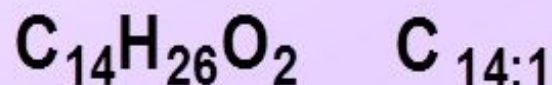
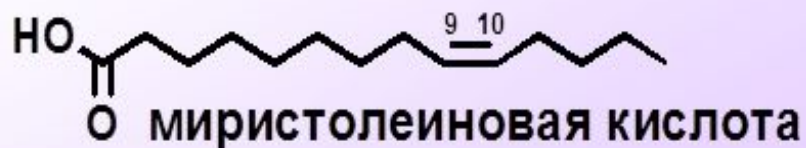
Название	Формула	Числовой код
<u>Насыщенные жирные кислоты</u>		
<i>Масляная</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$	4 : 0
<i>Лауриновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{10} \text{COOH}$	12 : 0
<i>Миристиновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{12} \text{COOH}$	14 : 0
<i>Пальмитиновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{14} \text{COOH}$	16 : 0
<i>Стеариновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$	18 : 0
<i>Арахидиновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{18} \text{COOH}$	20 : 0
<i>Бегеновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{20} \text{COOH}$	22 : 0
<i>Лигноцериновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{22} \text{COOH}$	24 : 0
<u>Ненасыщенные жирные кислоты</u>		
<i>Пальмитоолеиновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_5 \text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	16 : 1 (9)
<i>Олеиновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	18 : 1 (9)
<i>Линолевая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	18 : 2 (9, 12)
<i>α-Линоленовая</i>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_4 \text{COOH}$	18 : 3 (9, 12, 15)
<i>γ-Линоленовая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_4 \text{COOH}$	18 : 3 (6, 9, 12)
<i>Арахидоновая</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_3 \text{COOH}$	20 : 4 (5, 8, 11, 14)
<i>Нервоновая</i>	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_{13} \text{COOH}$	24 : 1 (15)

Насыщенные жирные кислоты



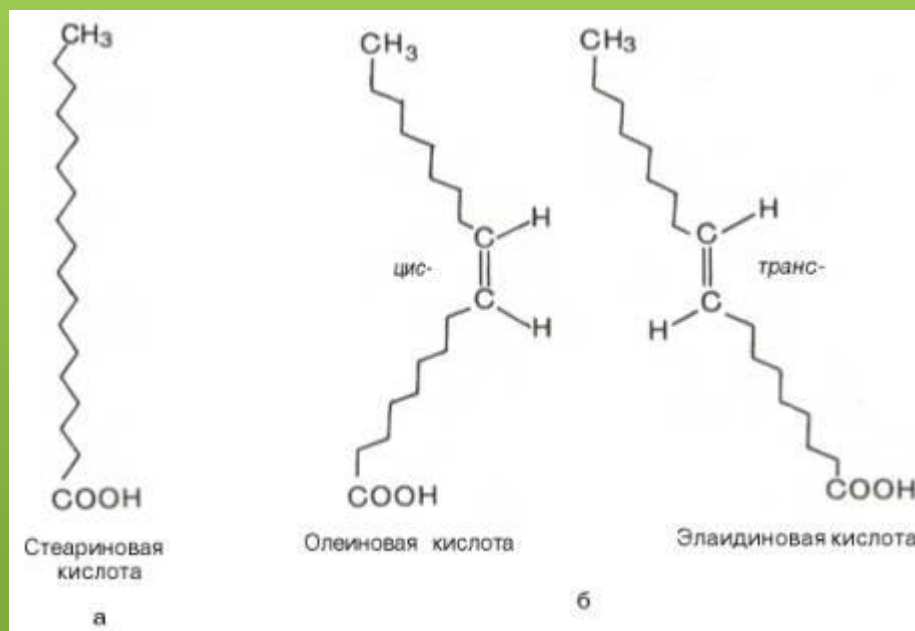
Ненасыщенные жирные кислоты

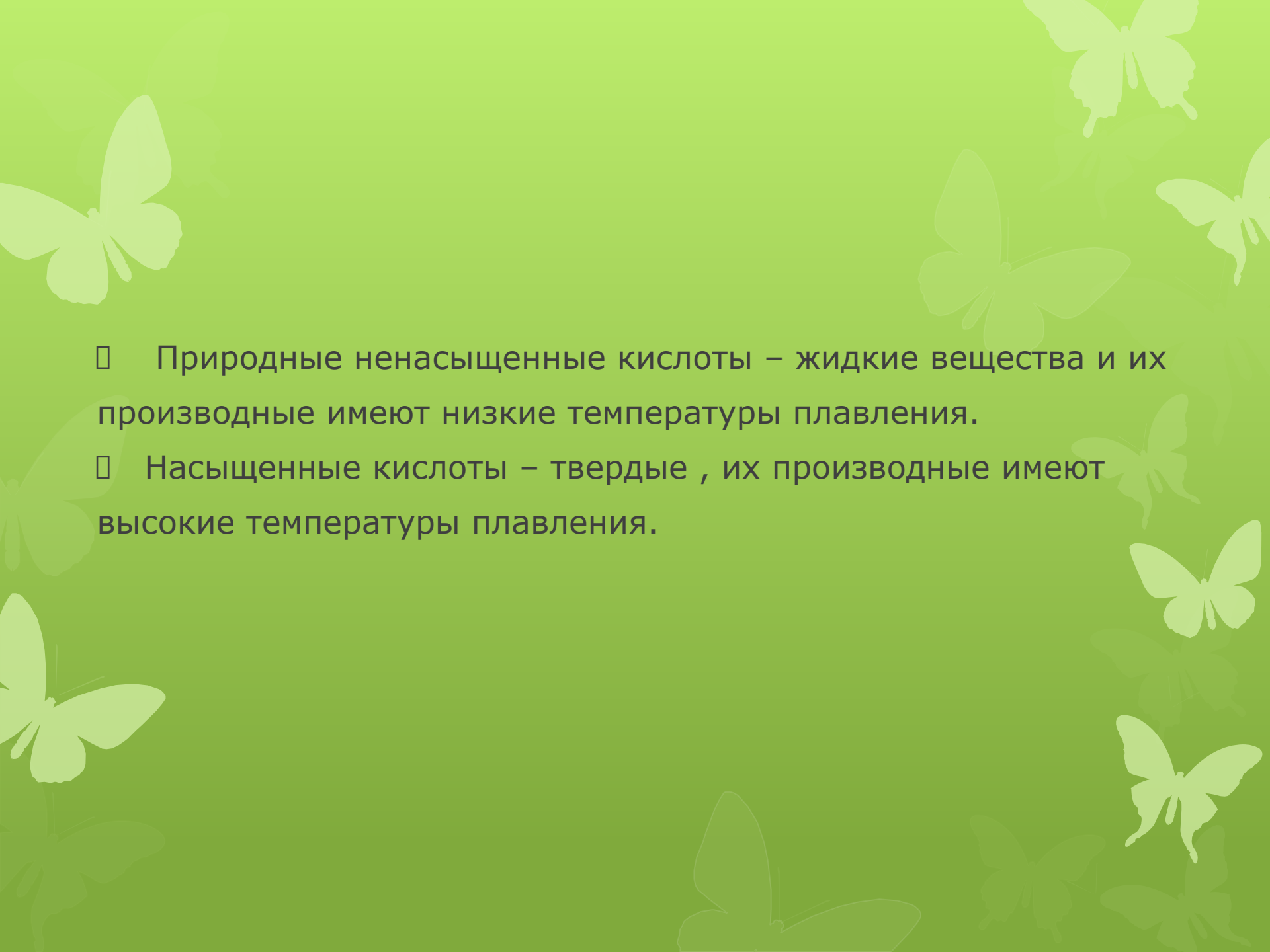
МОНОЕНОВЫЕ



(от 42 до 55% в масле рапса и горчицы)

У ненасыщенных жирных кислот наблюдается геометрическая изомерия, обусловленная различием в ориентации атомов или групп относительно двойной связи. Если ацильные группы располагаются с одной стороны от двойной связи, образуется цис-конфигурация; если же они располагаются по разные стороны, то молекула находится в транс-конфигурации. *цис-конфигурация* придает углеводородной цепи изогнутый и укороченный вид. По этой причине молекулы этих кислот занимают больший объем, а при образовании кристаллов упаковываются не так плотно, как яу. Цис-конфигурация делает ненасыщенную кислоту менее стабильной и более подверженной катаболизму.



- 
- The background of the slide is a light green color with a pattern of white butterfly silhouettes and faint green leaf outlines scattered across it.
- Природные ненасыщенные кислоты – жидкие вещества и их производные имеют низкие температуры плавления.
 - Насыщенные кислоты – твердые , их производные имеют высокие температуры плавления.

Кислотное число – масса КОН (мг), которая необходима для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Йодное число – масса йода (мг), связываемая 100 г жира.

Воски – смесь эфиров высших одноатомных спиртов и высших жирных кислот.

1. Природные (покрывают листья, стебли, плоды).
2. Животные: пчелиный воск, ланолин (шерсть овец).

Создают водоотталкивающее защитное покрытие. Применение в фармации и парфюмерии для изготовления кремов и мазей, пластырей, свечей.



Омыляемые сложные липиды – эффективные поверхностно-активные вещества, содержащие одновременно гидрофобные и гидрофильные фрагменты.

Свойства:

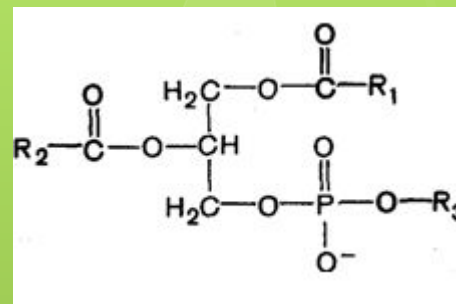
1. Гидролиз: щелочной гидролиз называется омылением
2. β -окисление высших жирных кислот с образованием ацетил-КоА (в цикл Кребса)
3. Пероксидное окисление липидов

Фосфолипиды – производные фосфатидной кислоты, состоящей из остатков глицерина, фосфорной и жирных кислот. Два радикала – остатки жирной кислоты, а R3 – остаток азотистого основания, соединенный эфирной связью с фосфатной группой.

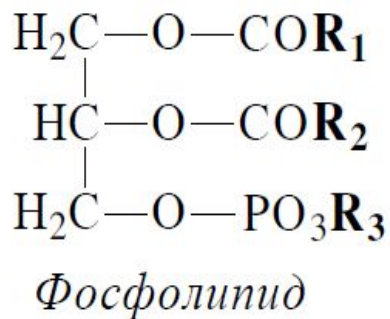
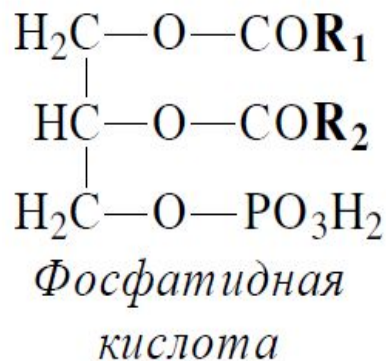
R1, R2 – остатки жирных кислот.

R3- этаноламин (фосфатидилэтанолламин

- холин (фосфатидилхолин)
- серин (фосфатидилсерин)
- инозит (фосфатидилинозит)



Фосфолипид

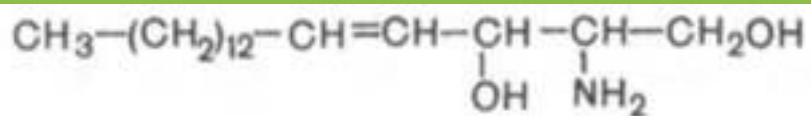


R3: Фосфолипид:

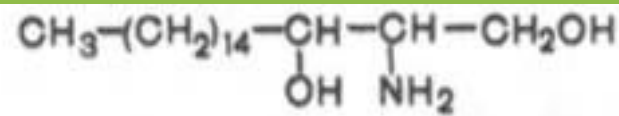
этанолламин	<i>кефалин</i>
холин	<i>лецитин</i>
серин	<i>фосфатидилсерин</i>
инозит	<i>фосфатидилинозит</i>

R1 и R2 - остатки жирных кислот

Сфинголипиды – структурные аналоги фосфолипидов, содержащие вместо глицерина ненасыщенный двухатомный аминоспирт сфингозин или дигидросфингозин.



Сфингозин



Дигидросфингозин

Сфингомиелины – самые распространенные сфинголипиды.

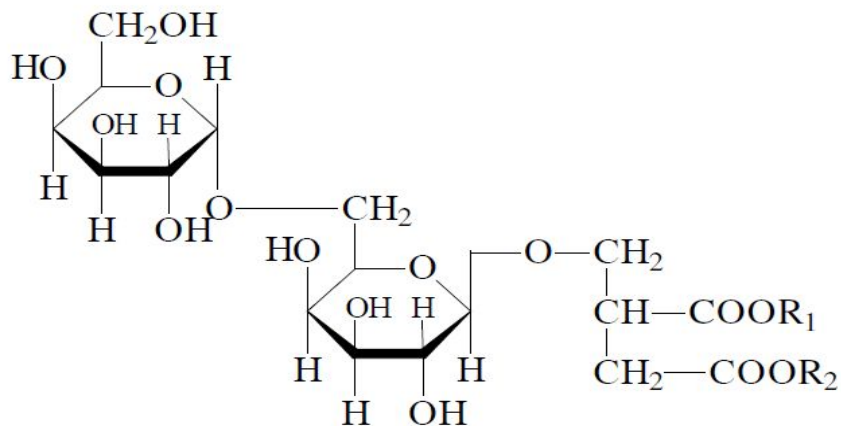


Основное их количество расположено в сером и белом веществе головного и спинного мозга, в оболочке аксонов периферической нервной системы, есть в печени, почках, эритроцитах и других тканях.

Гликолипиды – смешанные липиды, содержащие углеводный компонент. Входит остатки углеводов, чаще D-галактоза.

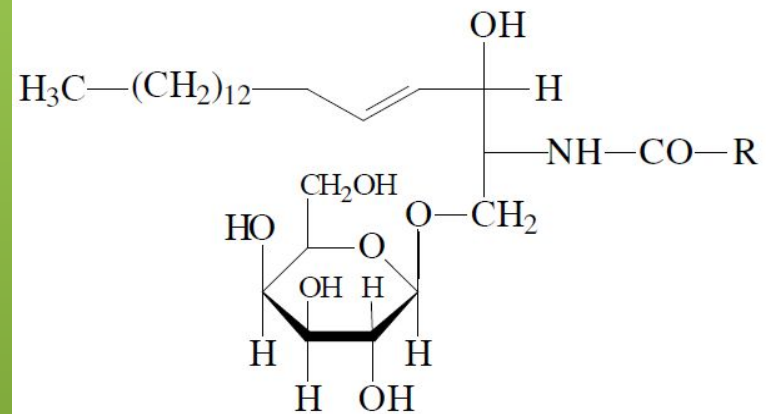
Гликозилдиацилглицерин – содержит 1 или 2 остатка моносахарида (D-галактоза или D-глюкоза), связанных с OH-группой глицерина β – гликозидной связью.

Гликосфинголипиды – 1 или несколько остатков углеводов. В зависимости от их числа выделяют цереброзиды и ганглиозиды.



Дигалактозилдиацилглицерин

(R₁ и R₂ - ацильные остатки жирных кислот)



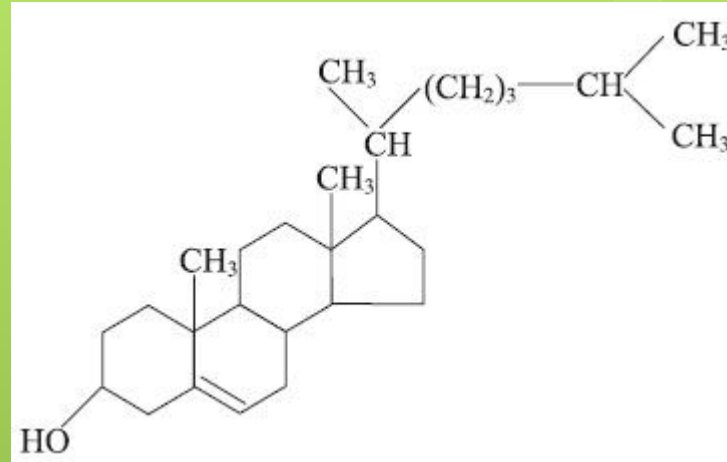
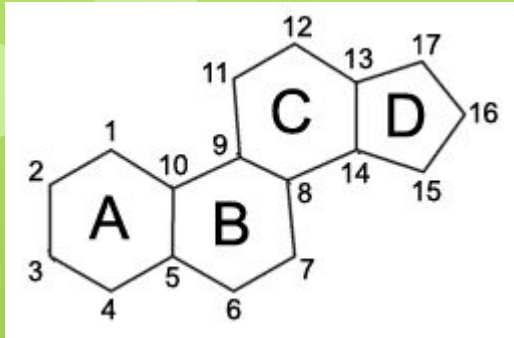
Цереброзид

(R- остаток жирной кислоты)

Неомыляемые липиды

Стероиды – в основе лежит стеран.

Представитель **ХОЛЕСТЕРИН**



Это промежуточный продукт в синтезе многих соединений стероидной природы, играет роль в образовании витамина Д, желчных кислот (холевой и дезоксихолевой).

Функции холестерина

1. **Структурная** – входит в состав мембран, обуславливая их вязкость и жесткость.
2. **Связывание и транспорт** полиненасыщенных жирных кислот между органами и тканями в составе липопротеинов низкой и высокой плотности. Примерно $\frac{1}{4}$ часть всего холестерина в организме **этерифицирована** олеиновой кислотой и полиненасыщенными жирными кислотами. В плазме крови соотношение эфиров холестерина к свободному холестеролу составляет 2:1.
3. Является **предшественником** желчных кислот, стероидных гормонов (кортизола, альдостерона, половых гормонов) и витамина D.

Переваривание липидов

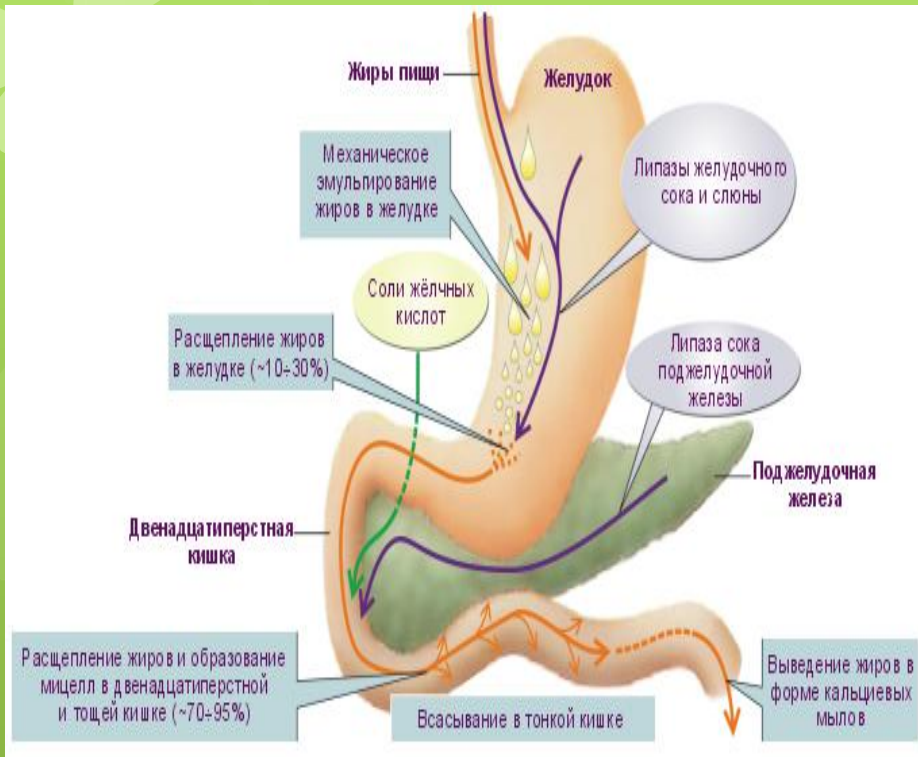
Для переваривания липидов в желудочно-кишечном тракте необходимы следующие условия:

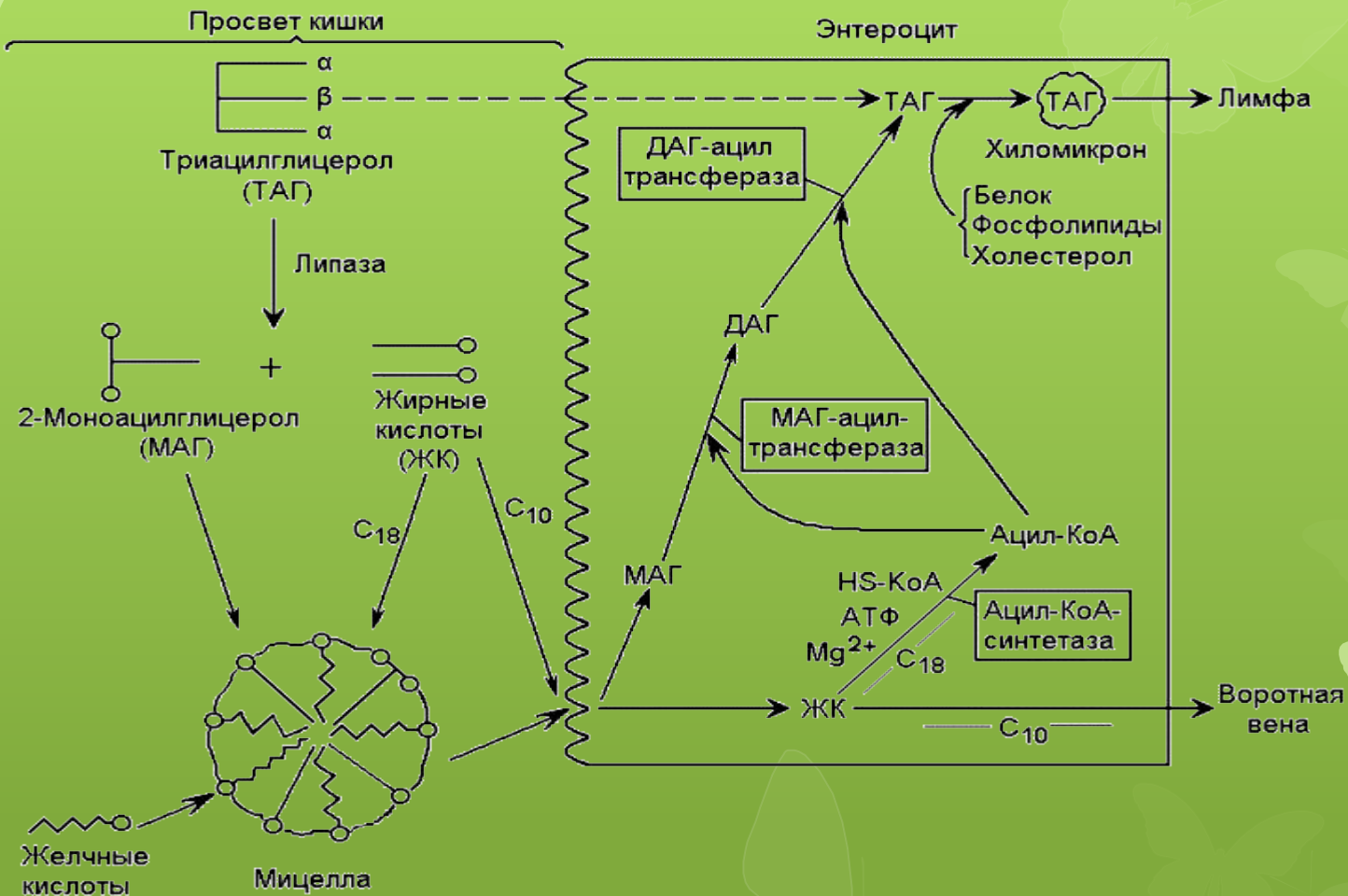
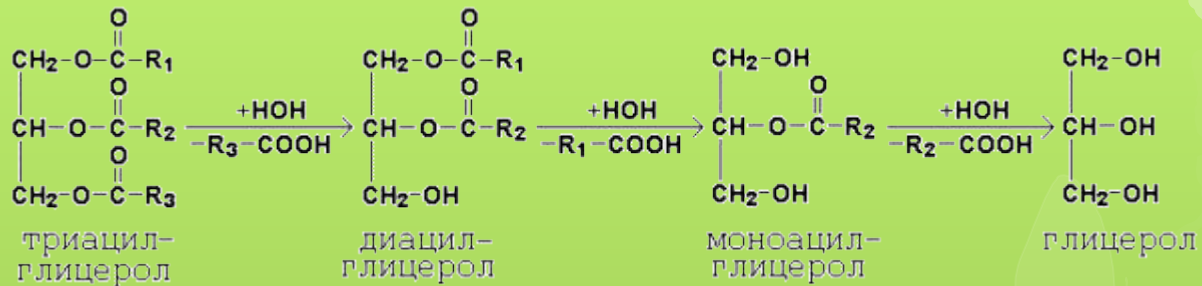
- 1) наличие гидролизующих липиды *липолитических ферментов*;
- 2) оптимальное для проявления высокой каталитической активности липолитических ферментов значение pH среды (нейтральное или слабощелочное);
- 3) наличие эмульгаторов.

Метаболические пути жирных кислот

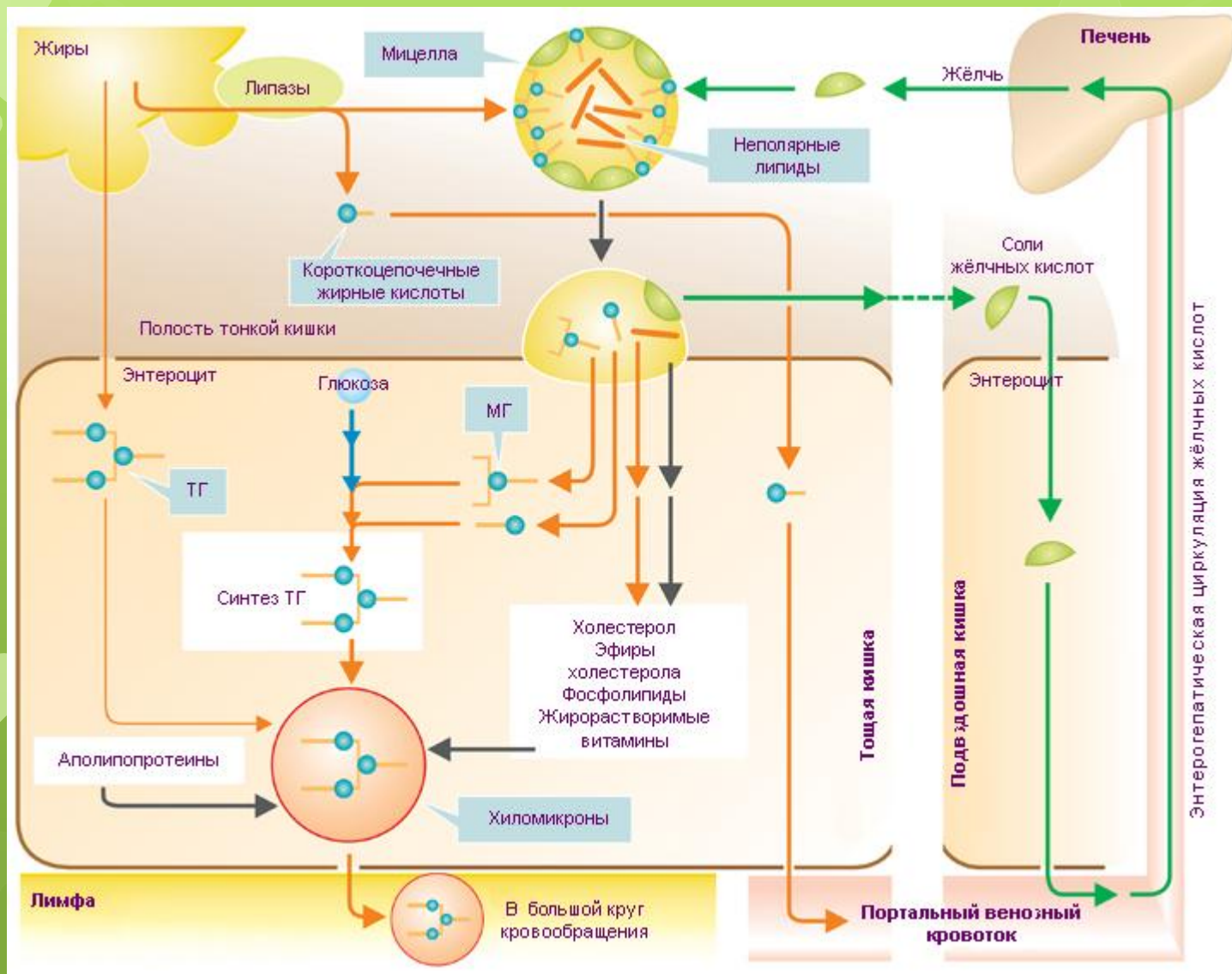


Переваривание жиров





Всасывание липидов



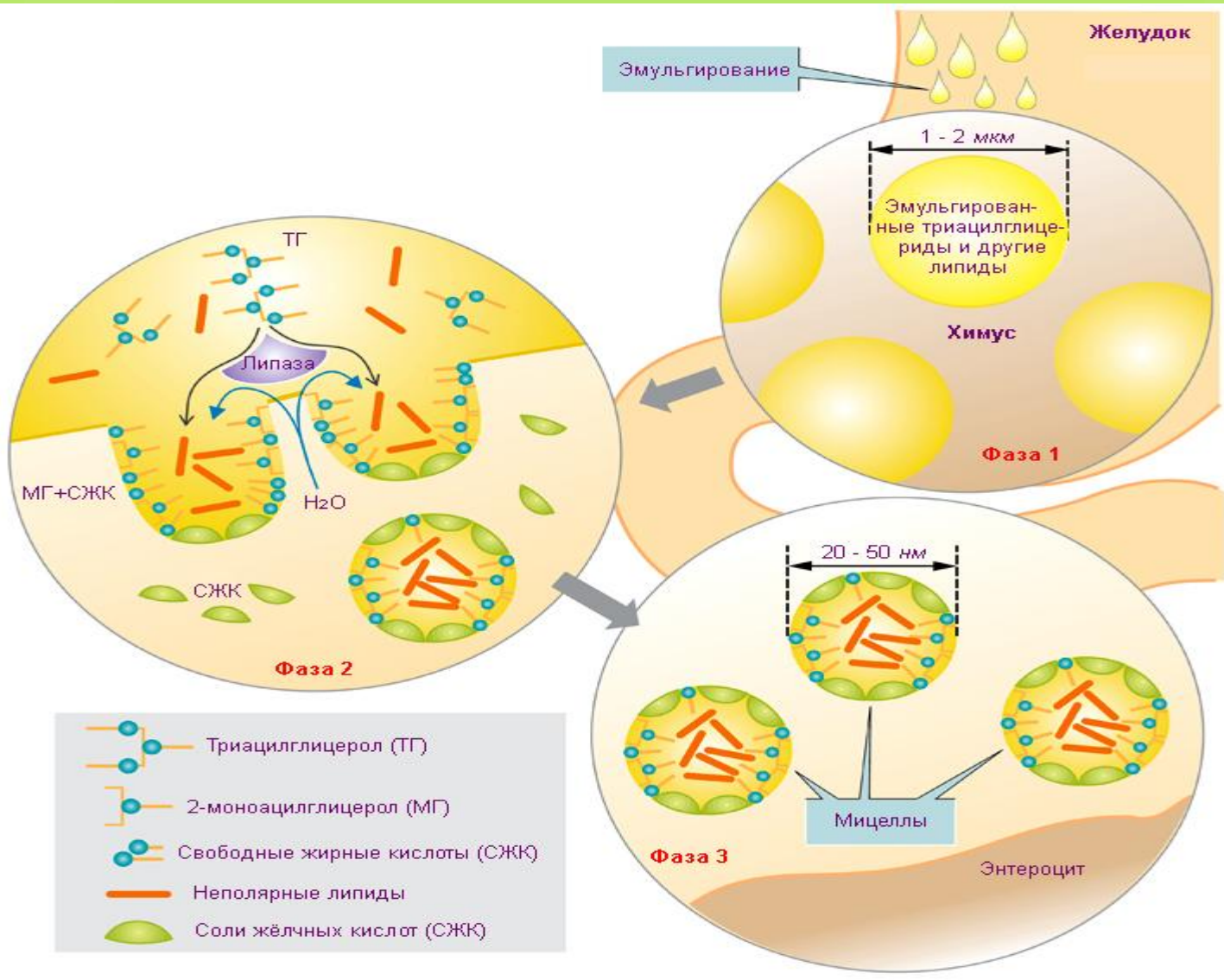
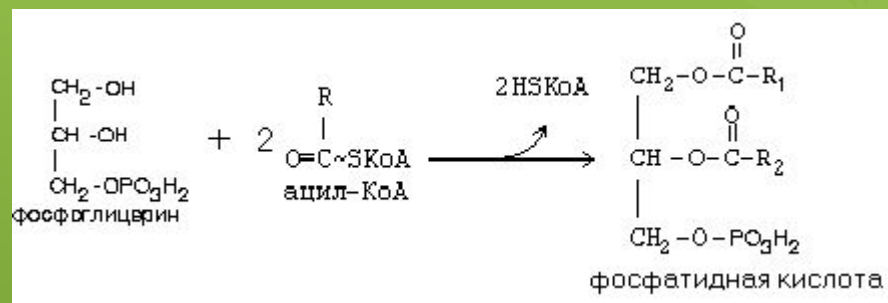
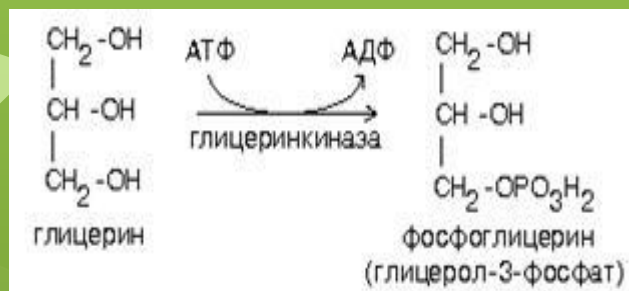
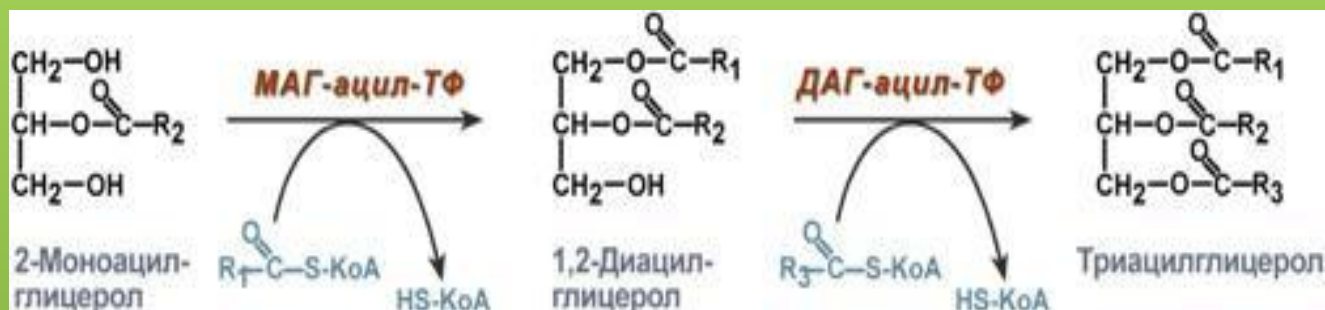
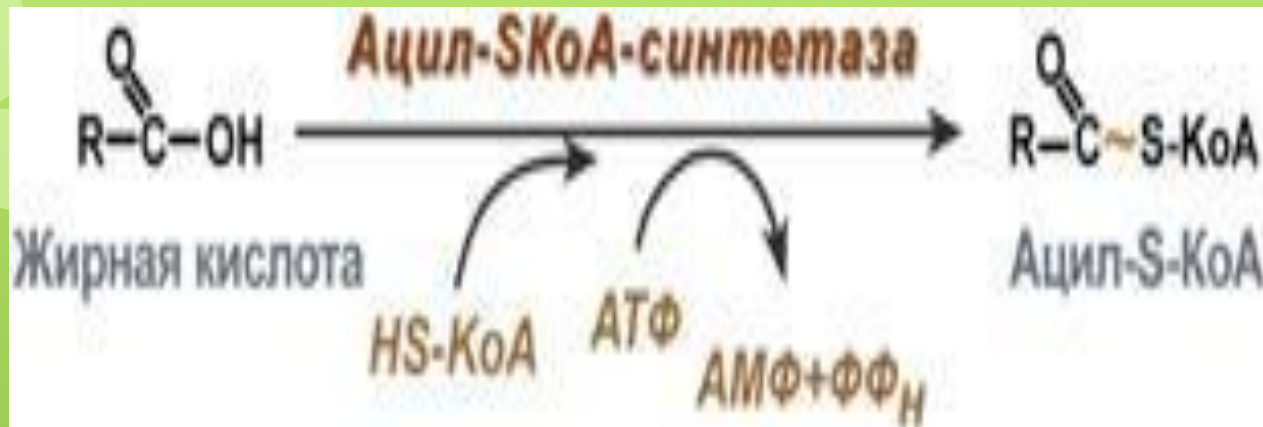
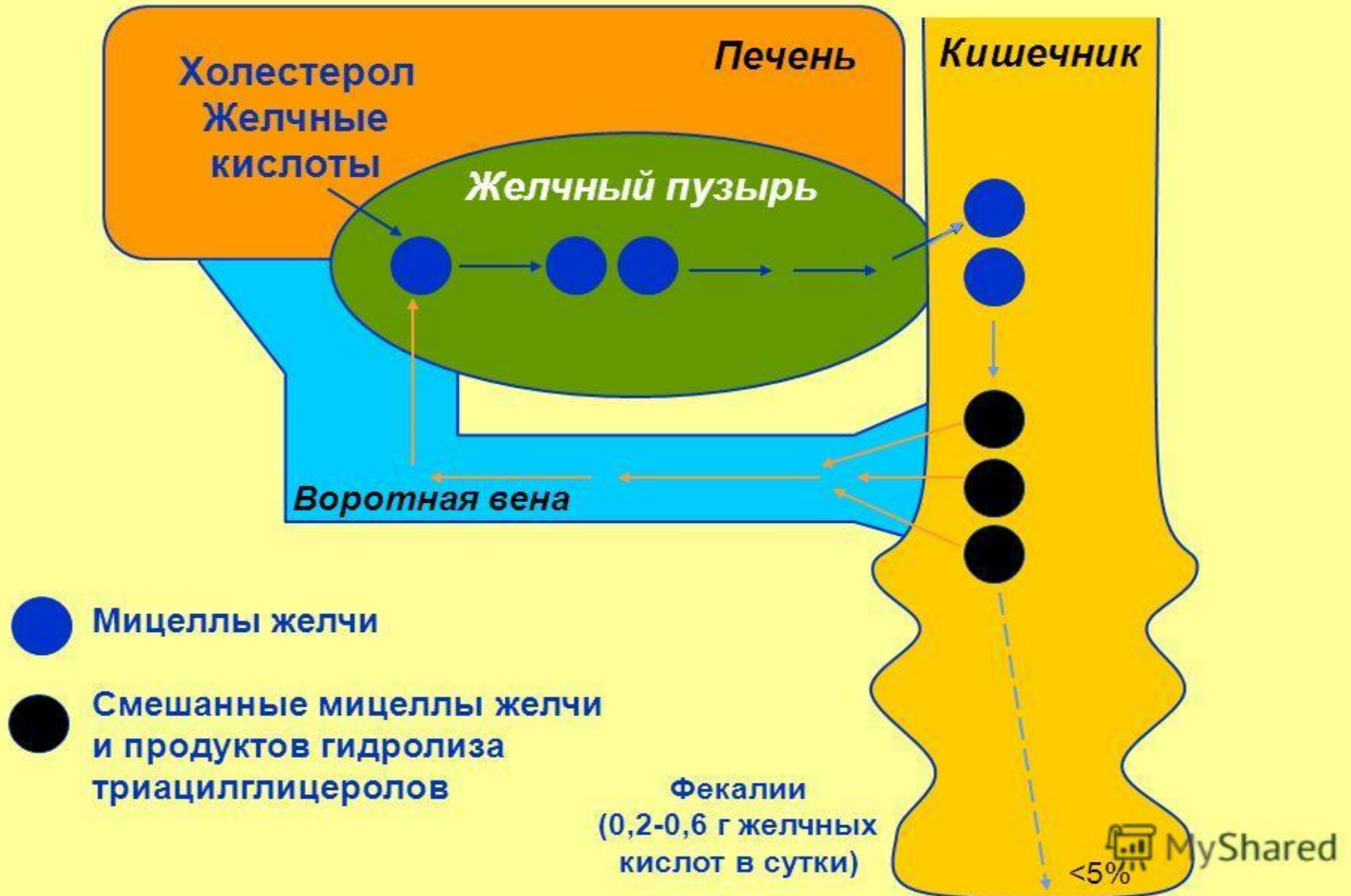


Схема ресинтеза ТАГ



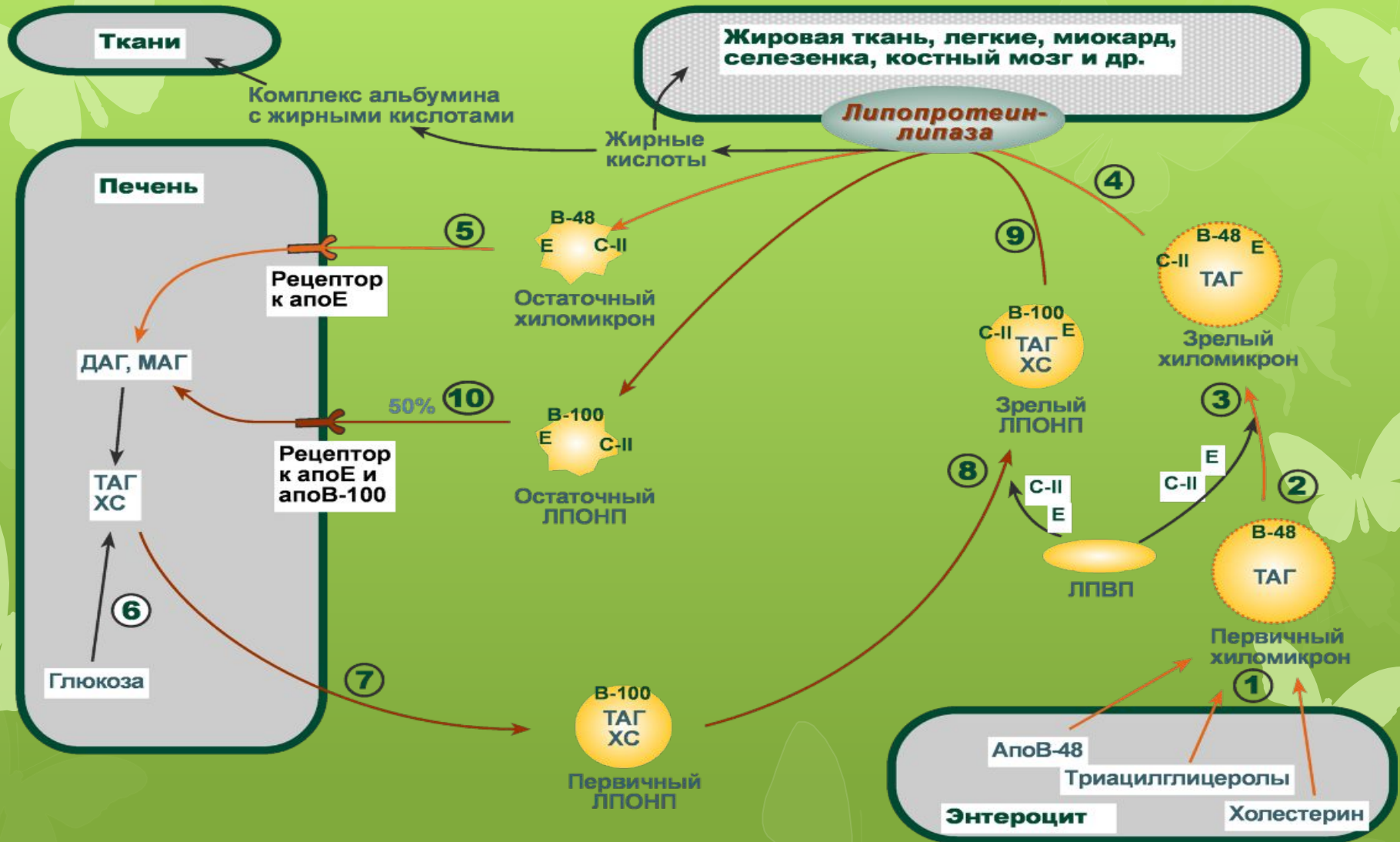
Энтерогепатическая циркуляция желчных кислот



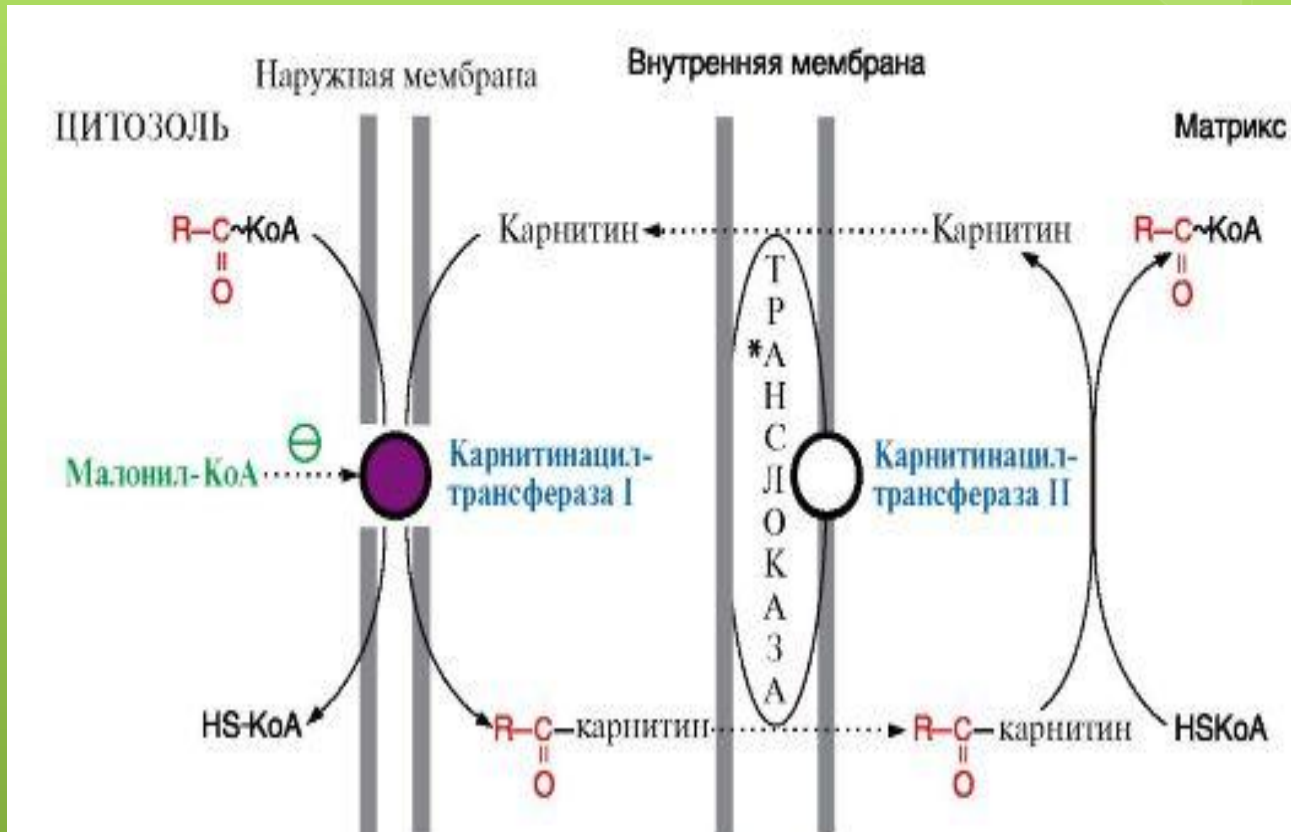
Транспортные формы липидов

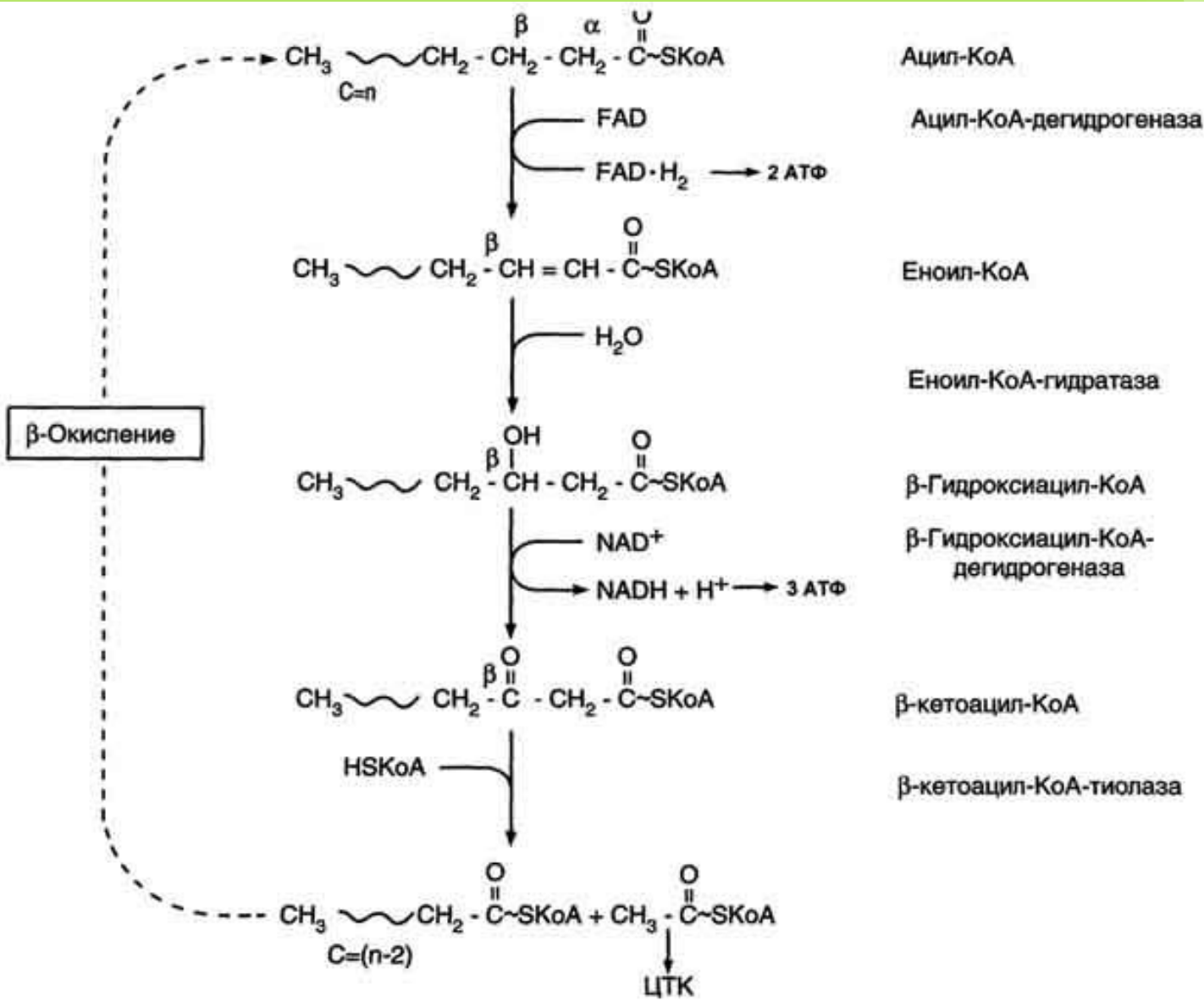
Классификация	ТАГ	Холестерин	Эфиры холестерина	Фосфолипиды	Белок	Место образования	Функции
Хиломикроны	85%	1%	5-8%	7%	2%	В эпителии тонкого кишечника	Транспортируют экзогенные ТАГ из кишечника через лимфу в кровь, а затем в легкие и жировые депо
ЛПОНП	50%	7%	13%	20%	10%	В печени и эпителиальной ткани кишечника	Транспортируют эндогенные ТАГ
ЛПНП	8%	10%	37%	20%	25%	В плазме крови	Транспорт холестерина и его эфиров из печени в периферические ткани
ЛПВП	5%	5%	20%	25%	45%	В печени	Транспорт холестерина от периферических тканей в печень

Жизненный цикл ХМ, ЛПОНП и ЛПНП

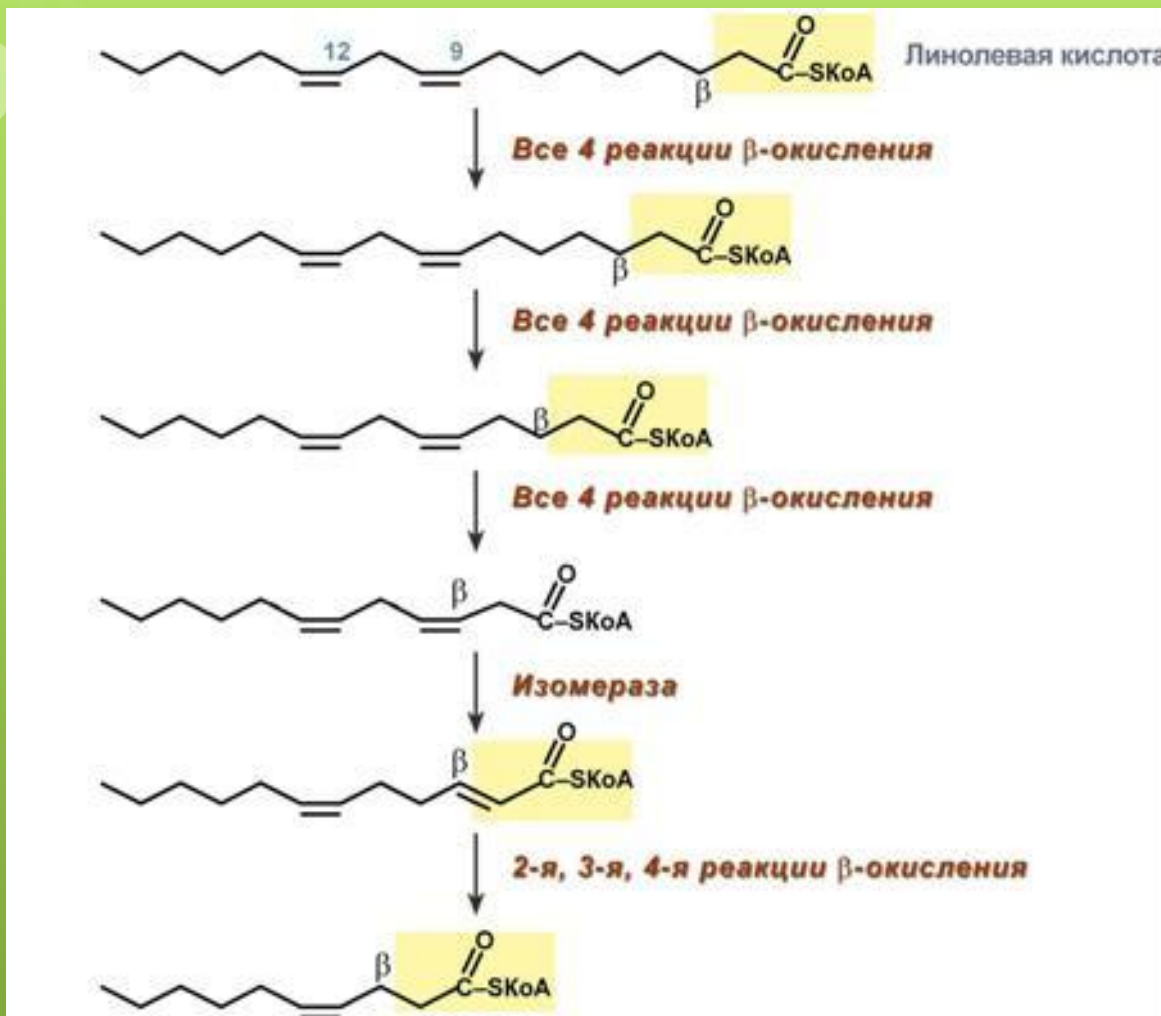


Переносчики липидов в митохондрию

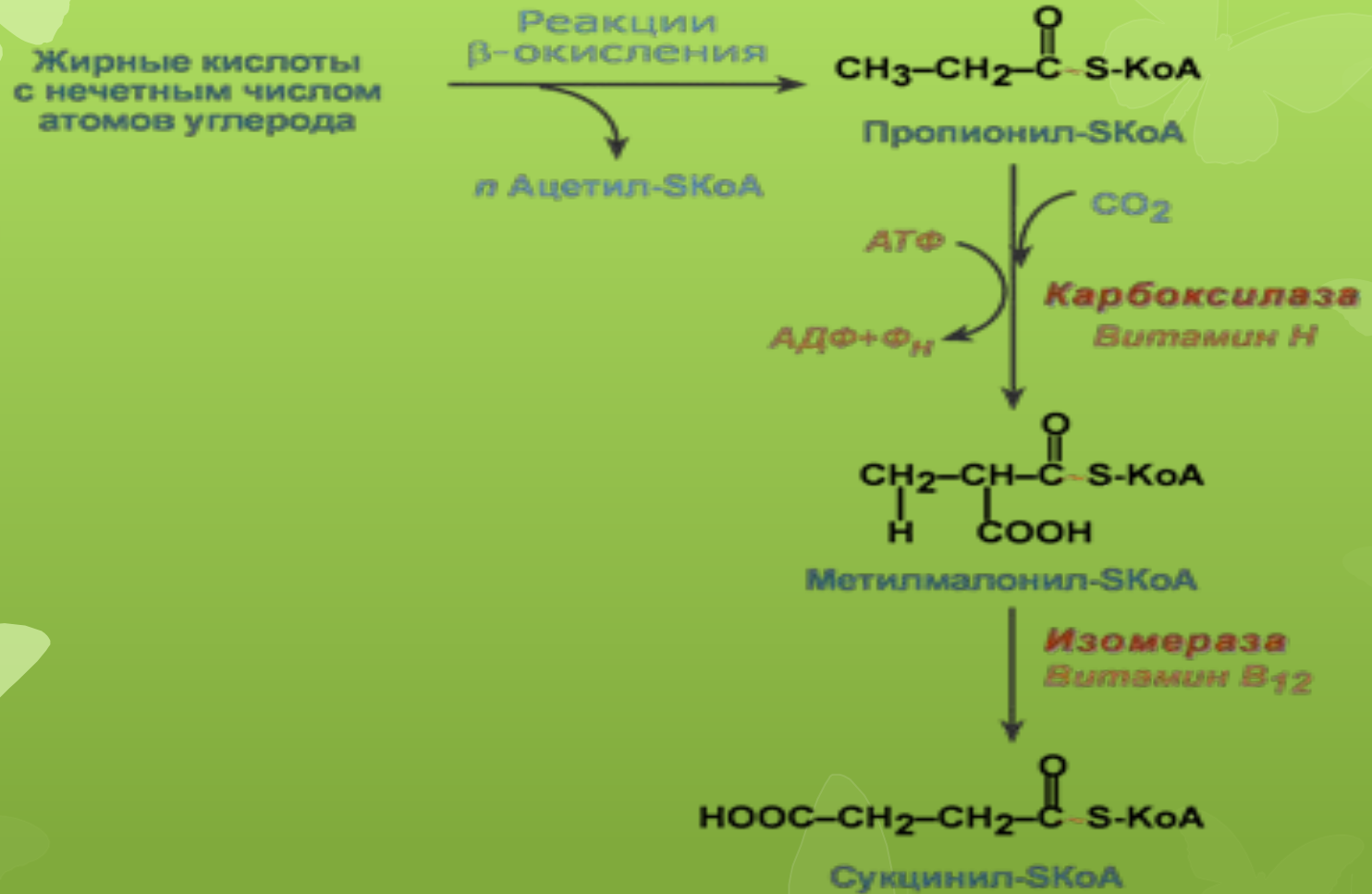




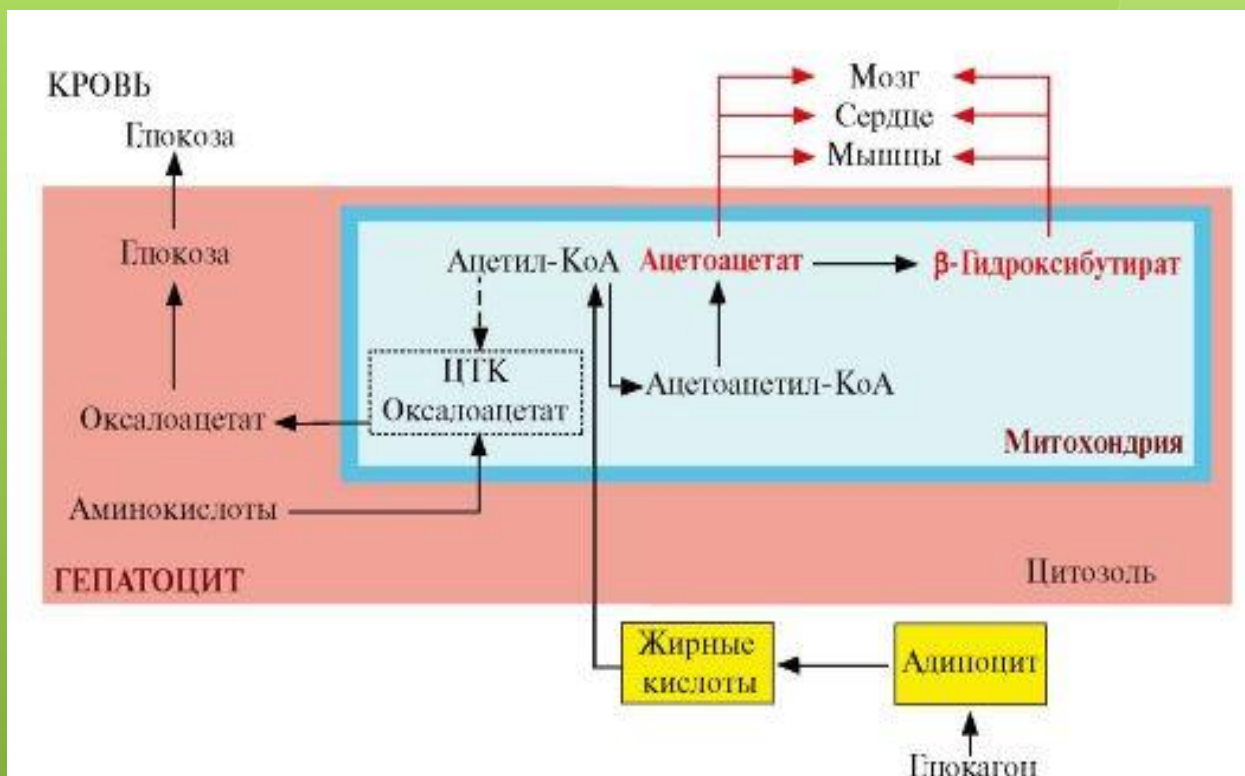
Окисление ненасыщенных ЖК



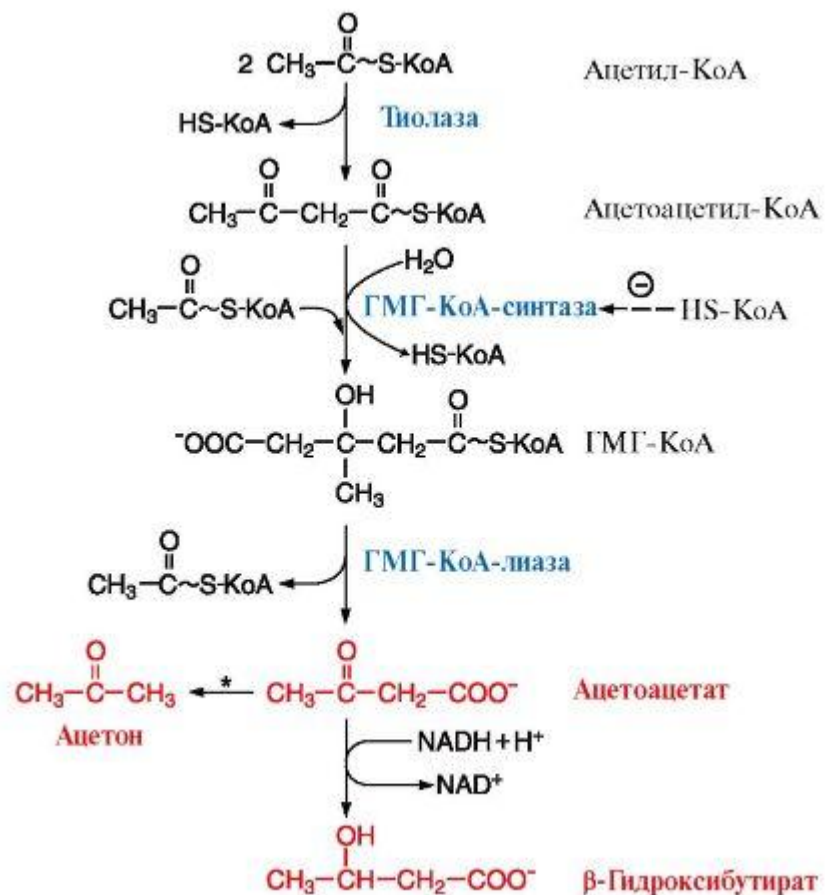
Окисление ЖК с нечетным количеством атомов углерода



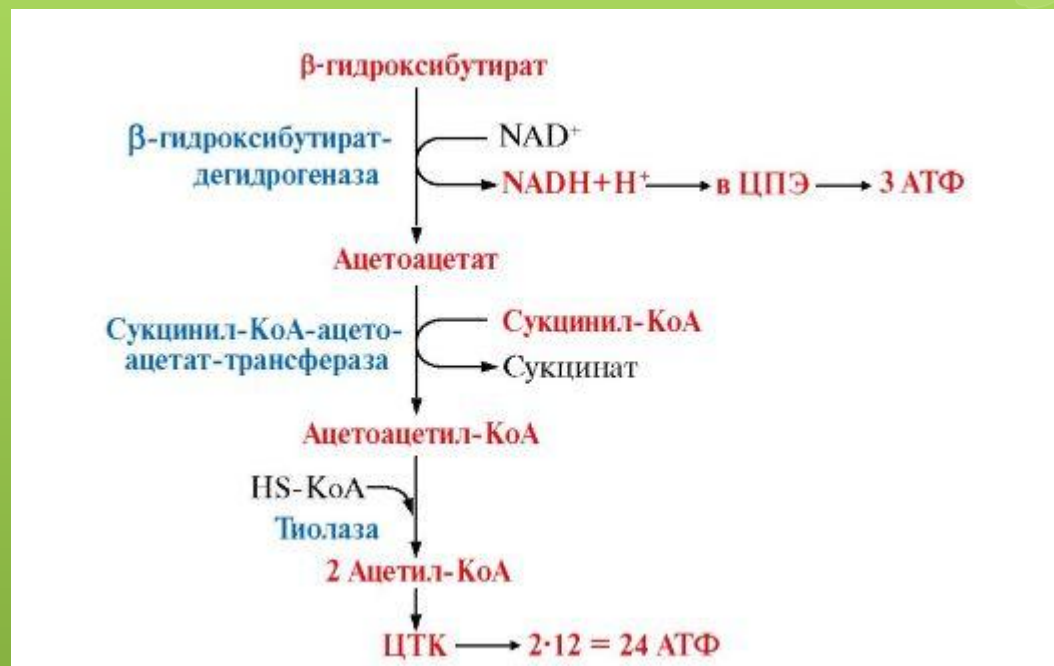
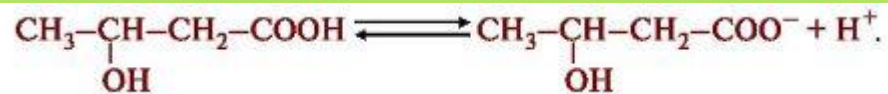
Активация синтеза кетоновых тел при голодании



Синтез кетонových тел



Кетоацидоз



Окисление кетонových тел