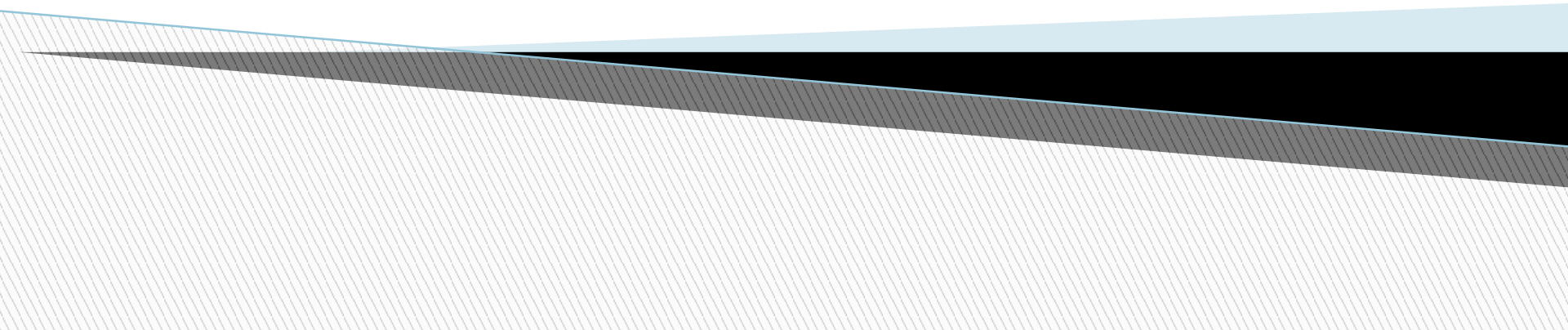


*Кафедра биохимии и физиологии
Дисциплина: Биологическая химия*

Раздел 3. Метаболизм липидов

Лекция 1

*Тема: Общая характеристика липидов. Строение.
Классификация. Функции. Переваривание и
всасывание липидов. Роль желчи. Синтез жира в
стенке кишечника.*

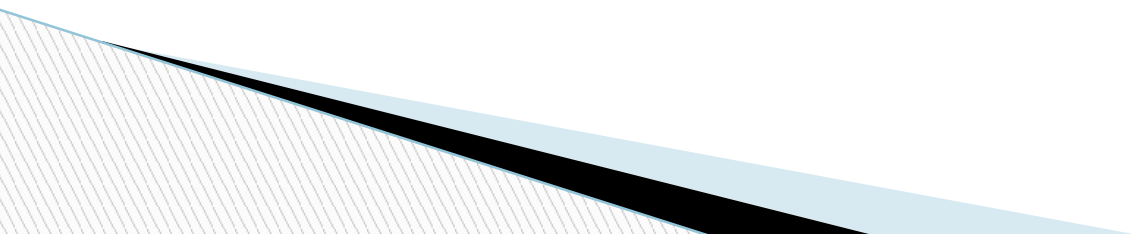


План лекции:

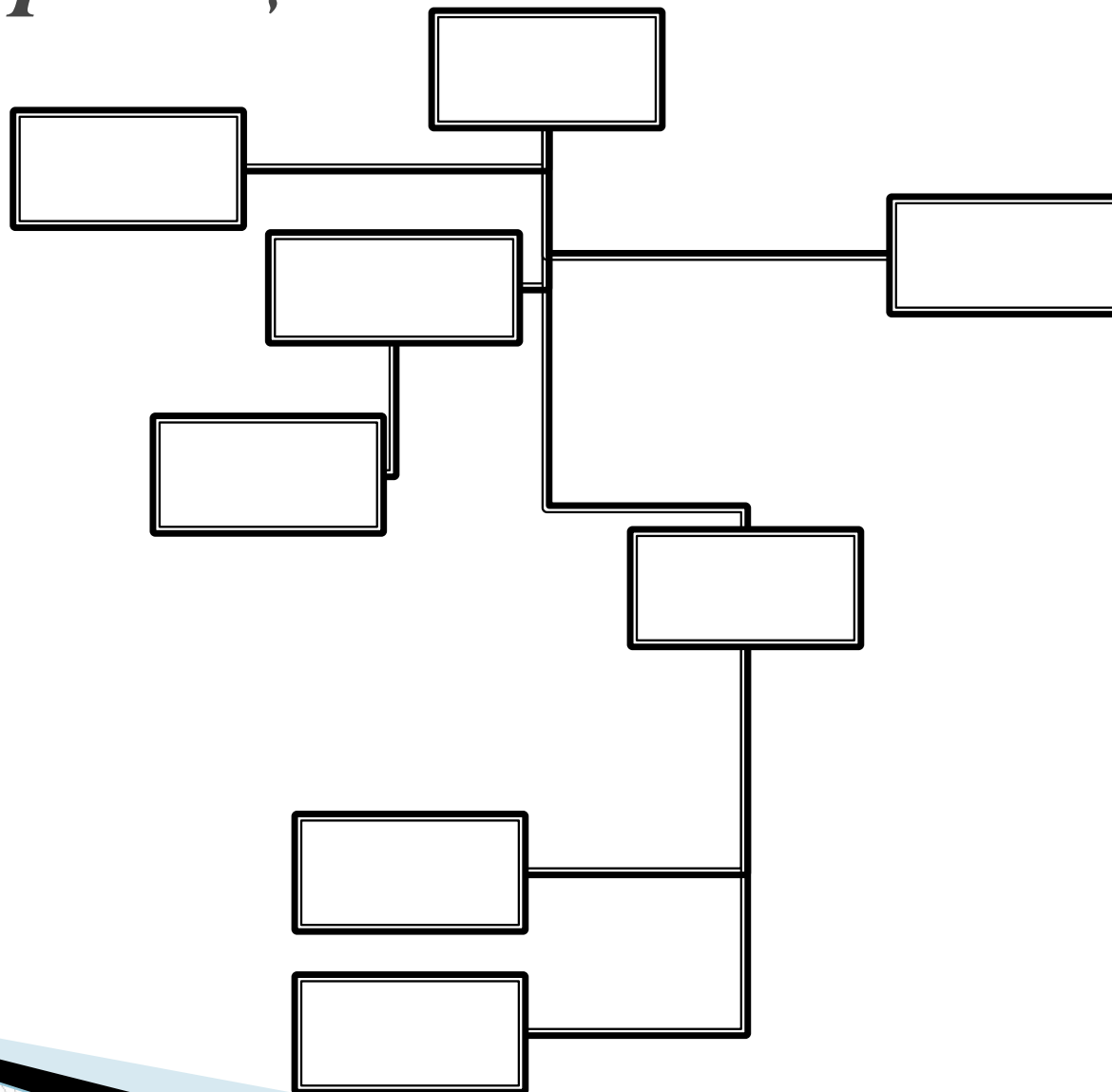
- ▣ *Общая характеристика липидов. Строение.*
 - ▣ *Классификация.*
 - ▣ *Функции.*
 - ▣ *Переваривание и всасывание липидов в ЖКТ*
 - ▣ *Роль желчи.*
 - ▣ *Синтез жира в стенке кишечника.*
- 

Липиды

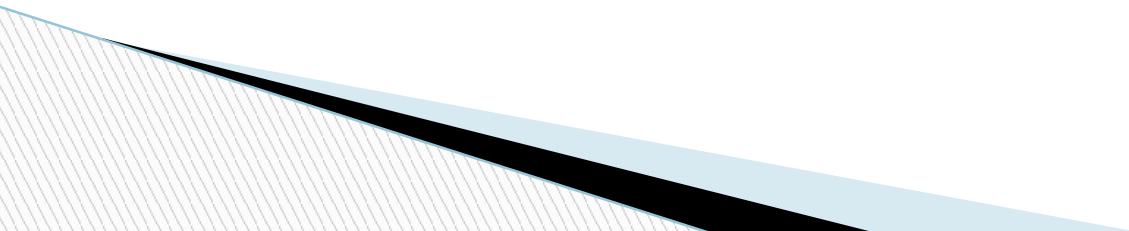
Обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества.



Классификация липидов

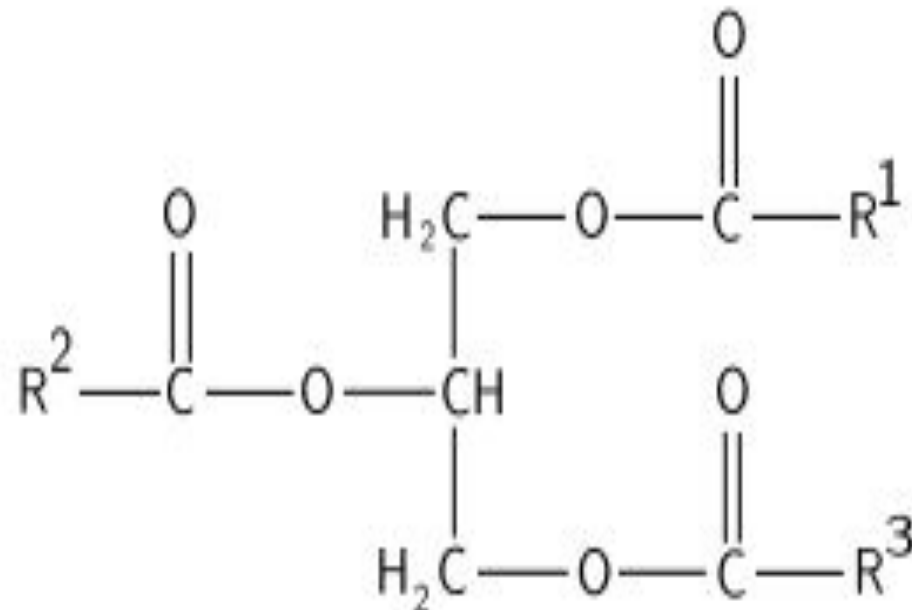


Строение

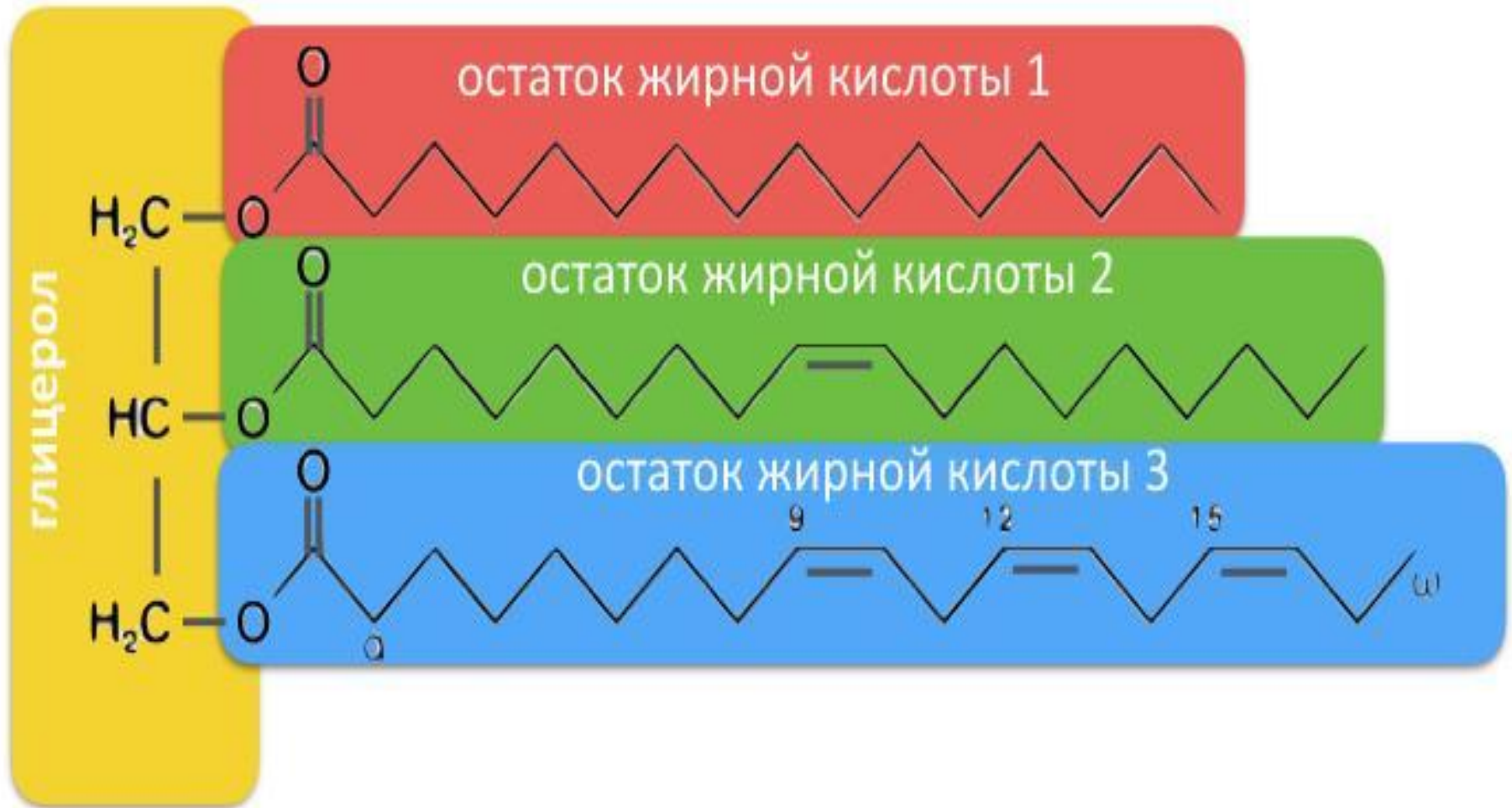


Простые липиды

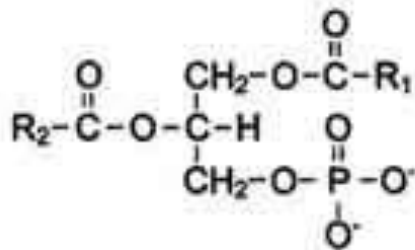
органические вещества, продукты этерификации
карбоновых кислот и трёхатомного спирта
глицерина



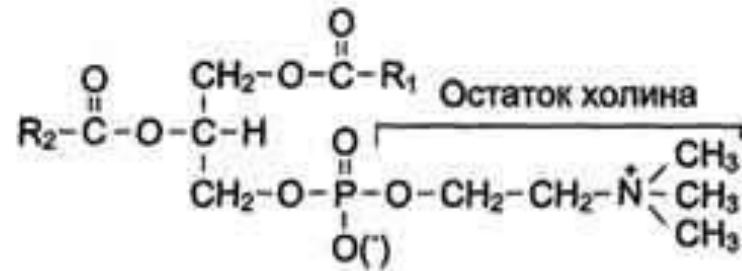
СТРОЕНИЕ ТРИГЛИЦЕРИДА



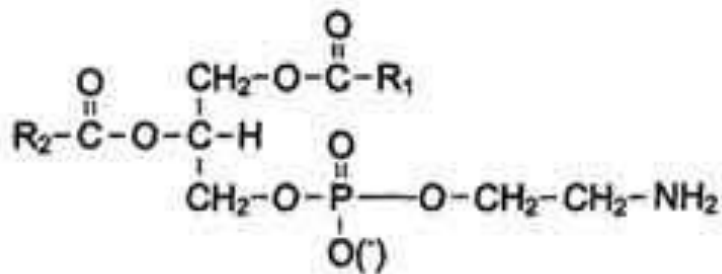
Сложные липиды: фосфолипиды



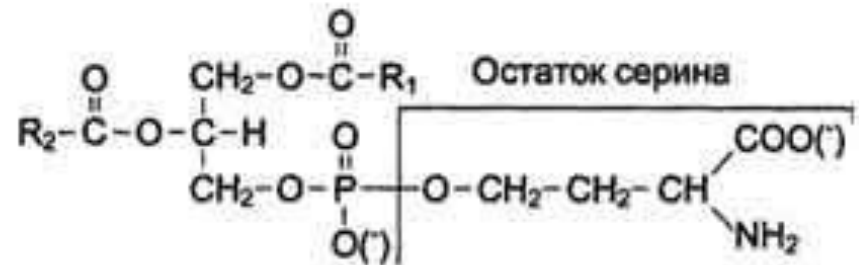
Фосфатидная кислота



Фосфатидилхолин



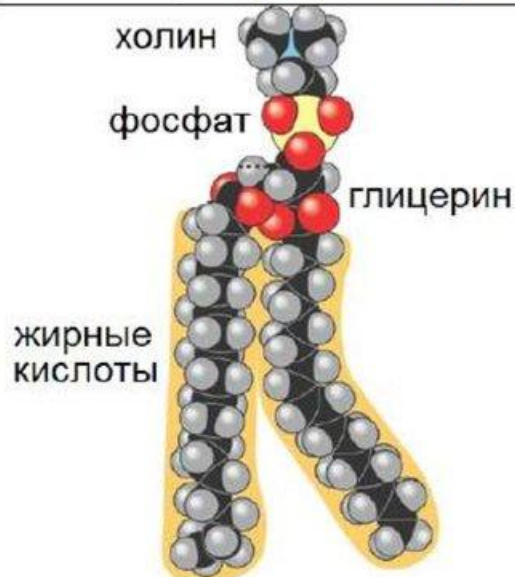
Фосфатидилэтаноламин



Фосфатидилсерин

Структура молекулы фосфолипида

фосфолипид

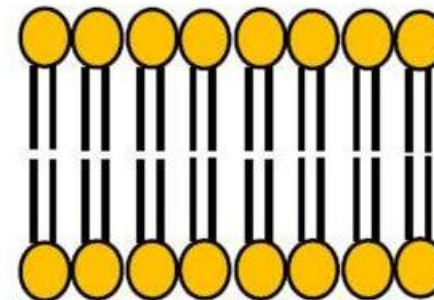


1935 год

Даниэлли и Давсон

СТРОЕНИЕ МЕМБРАНЫ

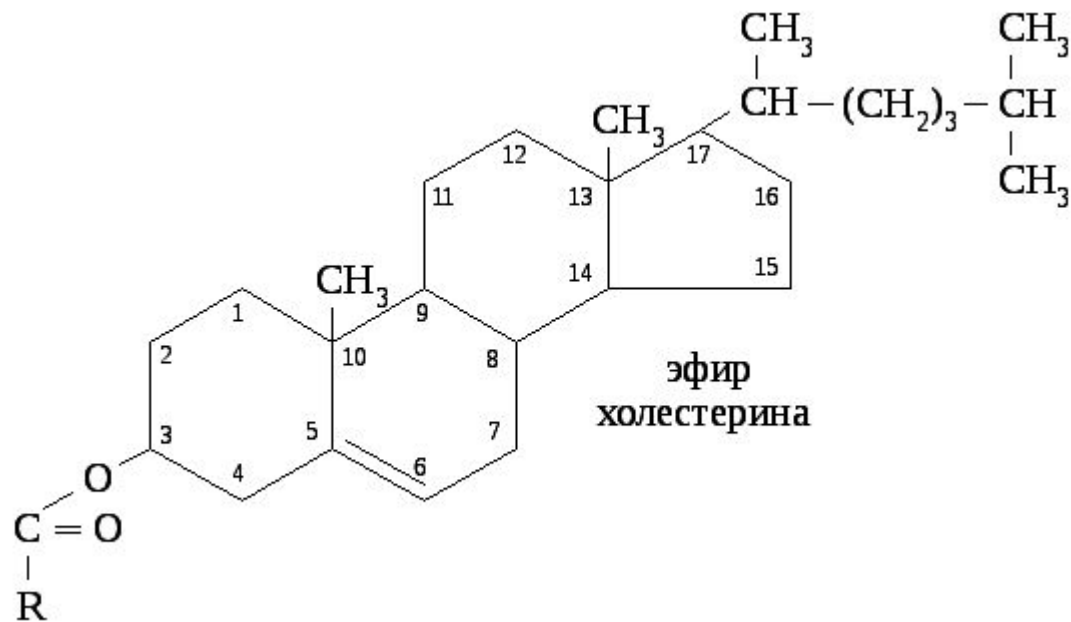
МЕЖКЛЕТОЧНАЯ ЖИДКОСТЬ



КЛЕТОЧНАЯ
МЕМБРАНА

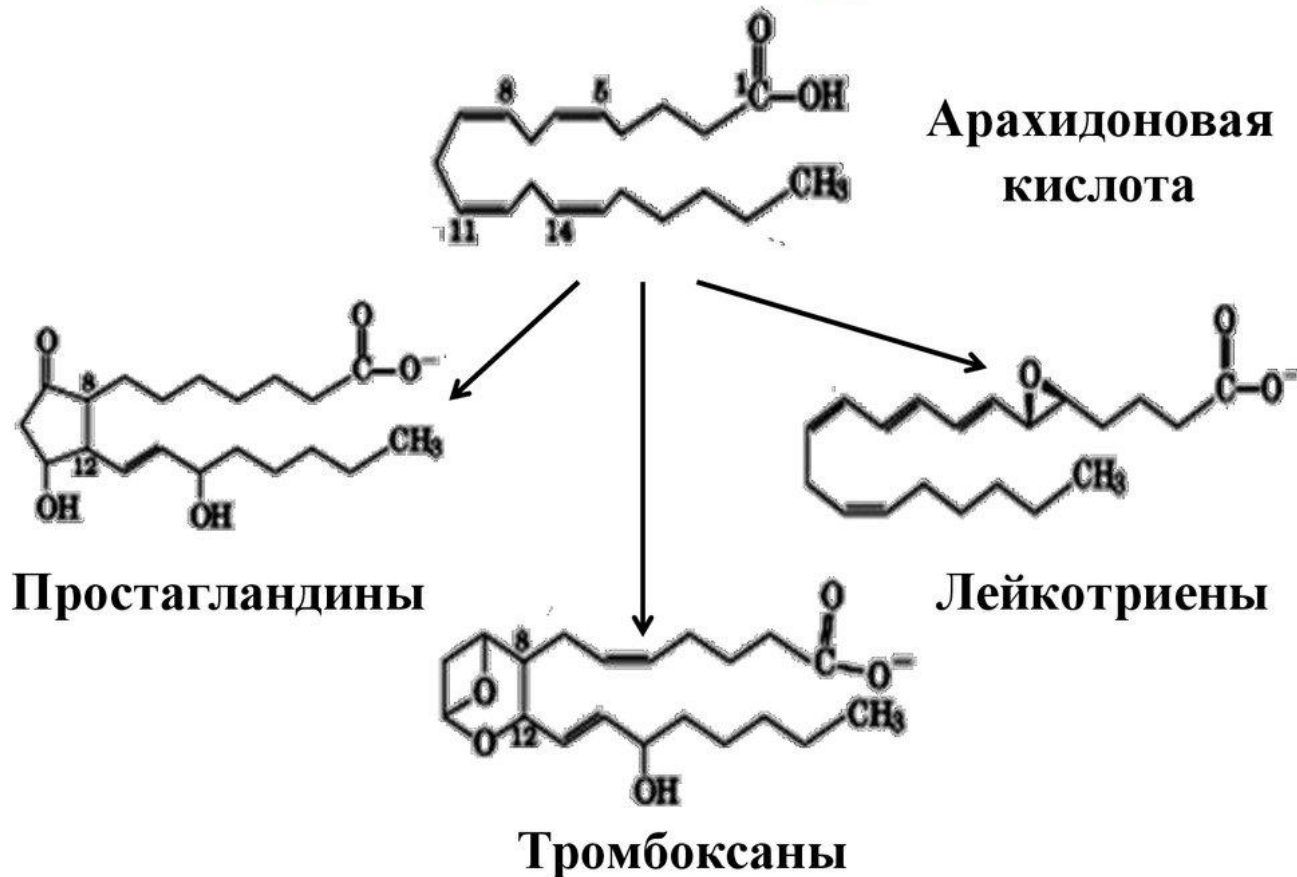
ЦИТОПЛАЗМА

Холестерин и его производные

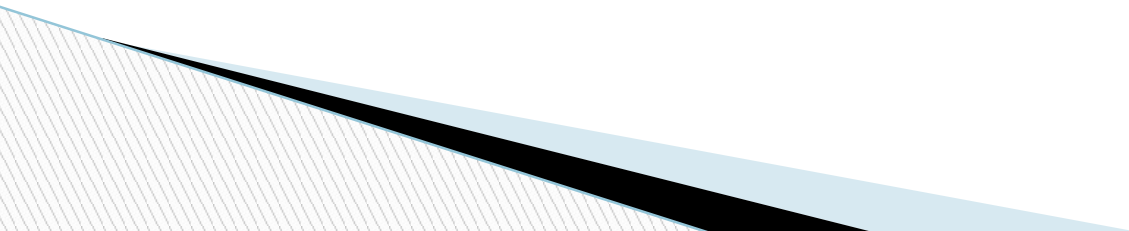


Эйкозаноиды

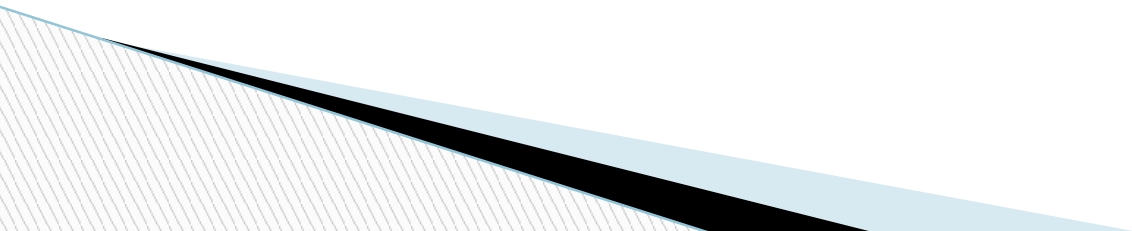
Эйкозаноиды



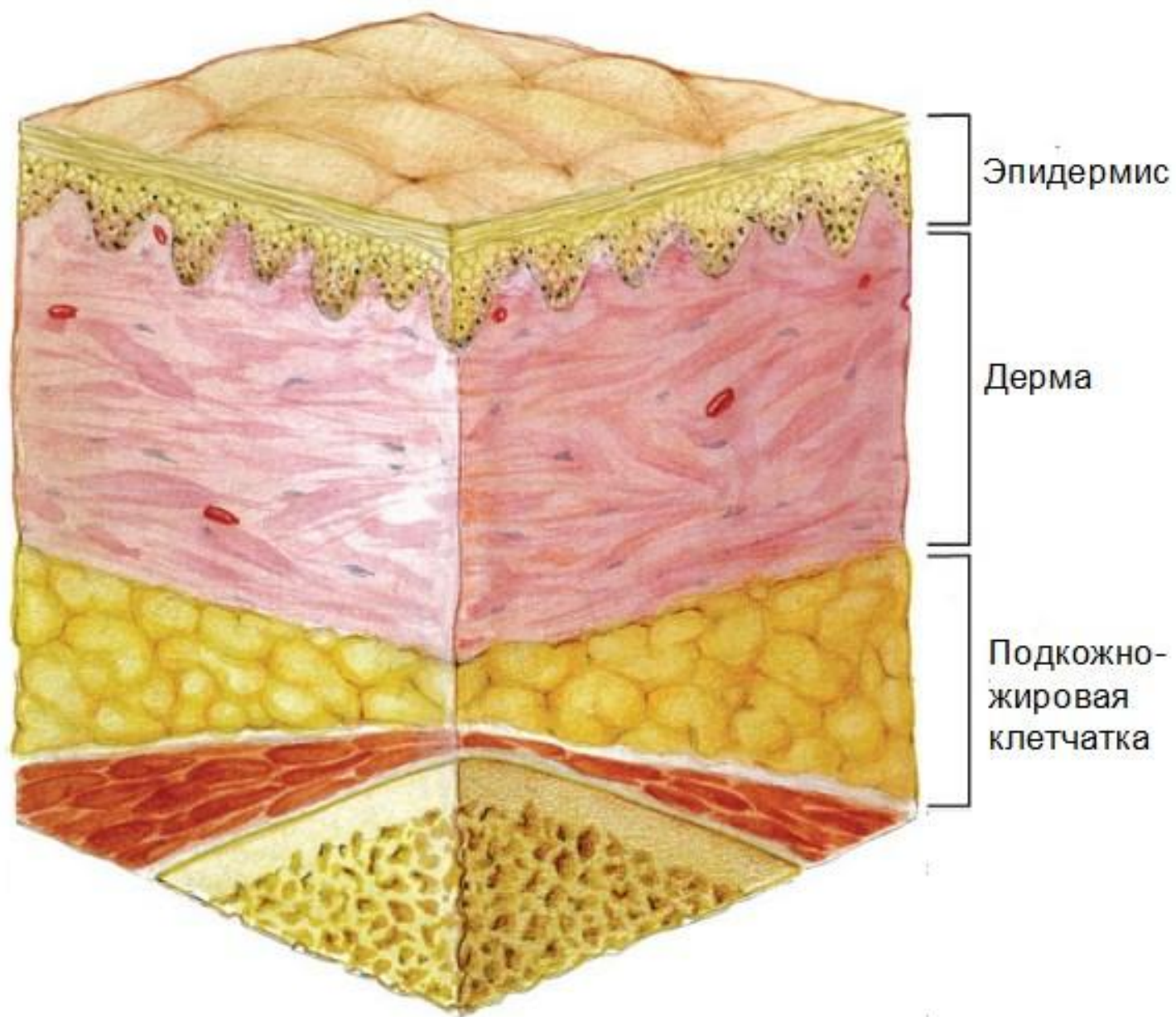
Функции липидов



Резервно-энергетическая функция

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

- При полном окислении 1 г жира выделяется около 9 ккал энергии, примерно вдвое больше, чем при окислении 1 г углеводов (4,1 ккал).
- Существуют **две основные причины**, по которым именно эти вещества лучше всего подходят для выполнения такой функции.
- **Во-первых**, жиры содержат остатки жирных кислот, уровень окисления которых очень низкий, поэтому полное окисление жиров до воды и углекислого газа позволяет получить более чем в два раза больше энергии, чем окисление той же массы углеводов.
- **Во-вторых**, жиры — гидрофобные соединения, поэтому организм, запасая энергию в такой форме, не должен нести дополнительной массы воды необходимой для гидратации, как в случае с полисахаридами, на 1 г которых приходится 2 г воды. Однако триглицериды — это «более медленный» источник энергии, чем углеводы.



Структурная функция

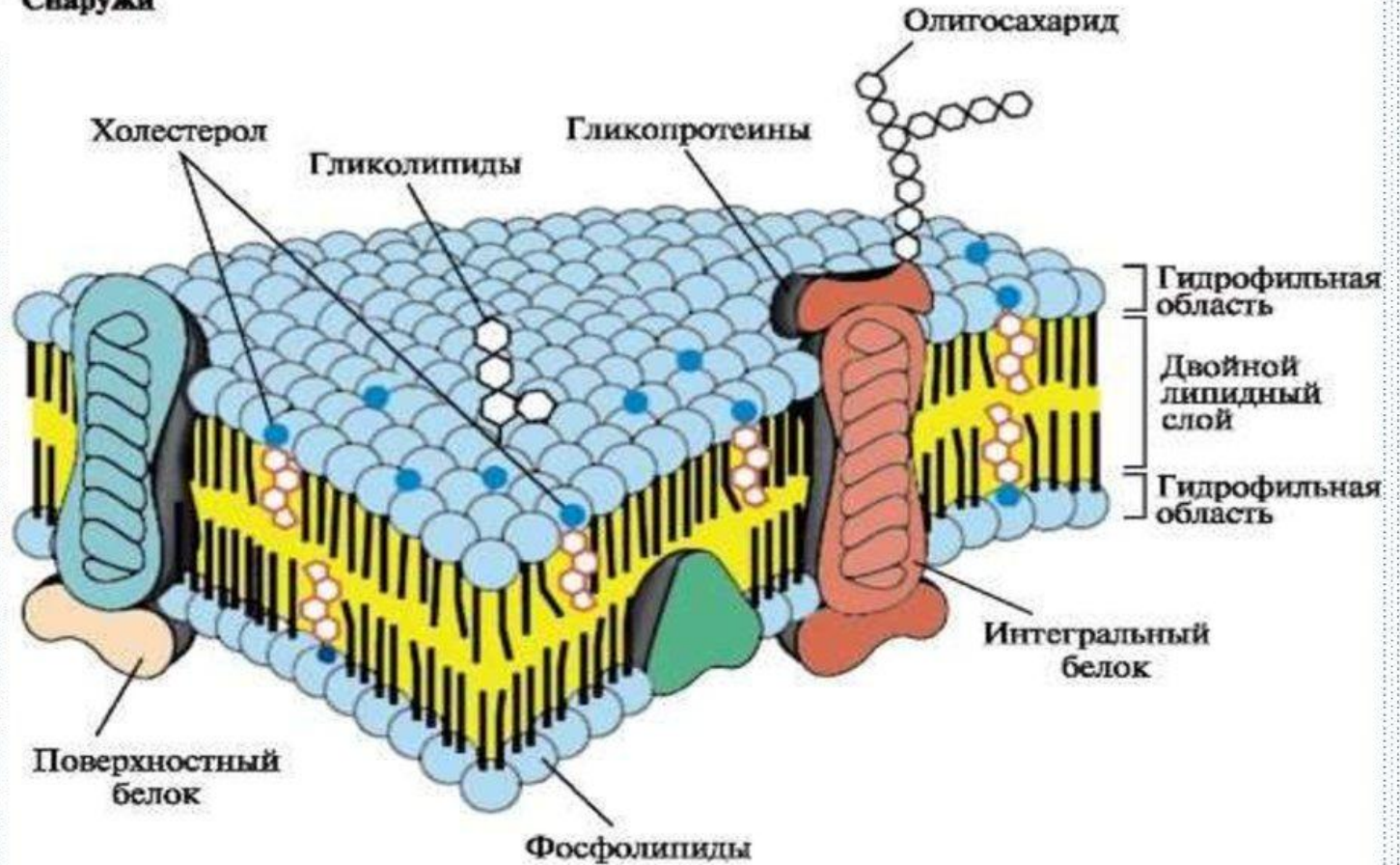
Мембраны клеток состоят из фосфолипидов, обязательным компонентом являются гликолипиды и холестерол.

Основным компонентом сурфактанта легких является фосфатидилхолин.

Т.к. активность мембранных ферментов зависит от состояния и текучести мембран, то жирнокислотный состав и наличие определенных видов фосфолипидов, количество холестерола влияет на активность мембранных липидзависимых ферментов (например, аденилатциклаза, Na^+ , K^+ -АТФаза, цитохромоксидаза).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ. СТРОЕНИЕ И СОСТАВ МЕМБРАН

Снаружи



Внутри

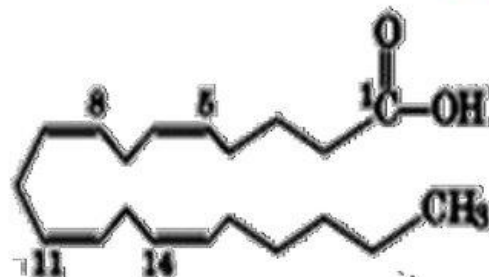
Сигнальная функция

Гликолипиды выполняют рецепторные функции и задачи взаимодействия с другими клетками.

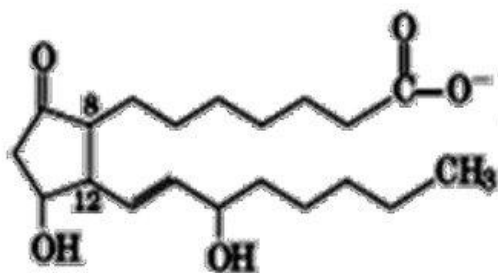
Фосфатидилинозитол непосредственно принимает участие в передаче гормональных сигналов в клетку.

Производные жирных кислот — эйкозаноиды — являются "местными или тканевыми гормонами", обеспечивая регуляцию функций клеток.

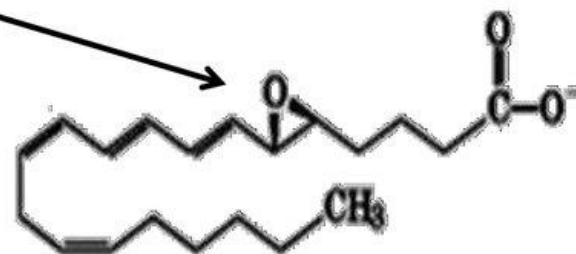
Эйкозаноиды



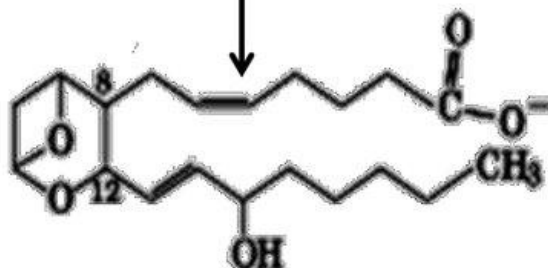
Арахидоновая
кислота



Простагландины



Лейкотриены



Тромбоксаны

Защитная функция

Толстый слой жира защищает внутренние органы многих животных от повреждений при ударах (например, сивучи при массе до тонны могут прыгать в воду со скал высотой 20-25 м)



Функция теплоизоляции

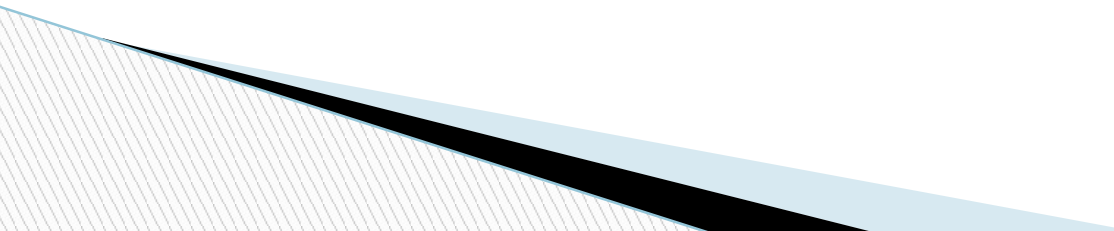
Жир — хороший теплоизолятор, поэтому у многих теплокровных животных он откладывается в подкожной жировой ткани, уменьшая потери тепла.

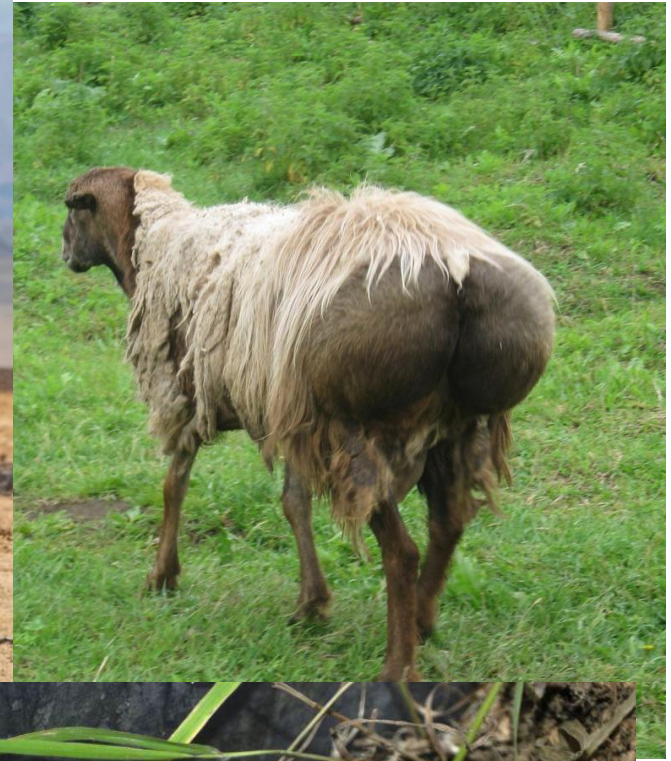
Особенно толстый подкожный жировой слой характерен для водных млекопитающих (китов, моржей и др.).



Резервный источник эндогенной воды

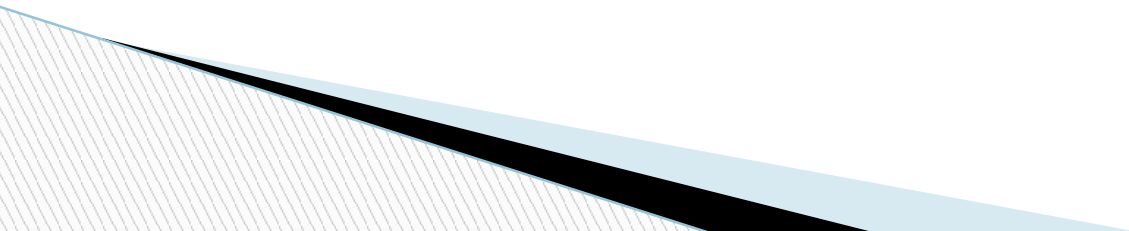
у животных, обитающих в условиях жаркого климата (верблюды, тушканчики) жировые запасы откладываются на изолированных участках тела (в горбах у верблюда, в хвосте у жирнохвостых тушканчиков, курдючных овец и варанов) в качестве резервных запасов воды, так как вода — один из продуктов окисления жиров.





© Klaus Rudloff, Berlin

Переваривание и всасывание ЛИПИДОВ



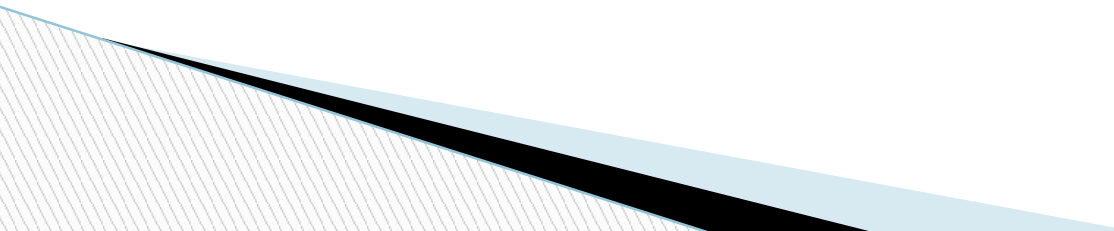
Переваривание в ротовой полости

У взрослых животных в ротовой полости
переваривание липидов не идет

Желудок

- Для взрослых животных переваривание липидов в желудке **не характерно**.
- У детенышей вырабатывается *желудочная липаза*, которая активна при нейтральном значении pH. Эта липаза гидролизует ТГ молока, отщепляя, в основном, жирные кислоты у третьего атома углерода глицерола.

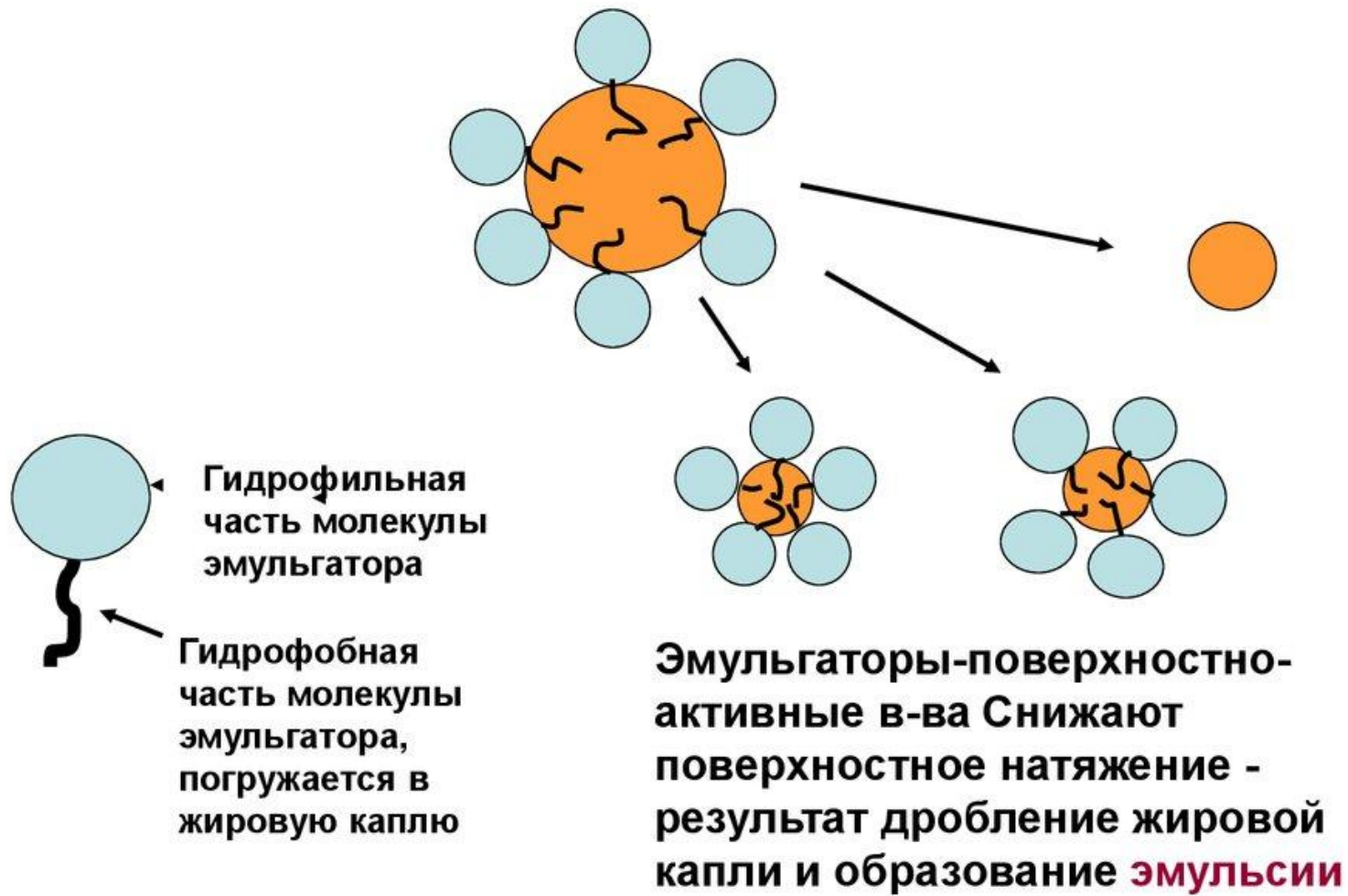
Тонкий кишечник

- 1. эмульгирование
 - 2. Гидролиз липидов (триглицеридов, фосфолипидов, холестерина)
 - 3. всасывание продуктов гидролиза
 - 4. реасинтез жира в стенке кишечника
 - 5. всасывание нейтрального жира в лимфу
- 

▣ **1. Эмульгирование липидов** (смешивание липидов с водой) происходит в тонкой кишке под действием желчи.

Желчь синтезируется в печени, концентрируется в желчном пузыре и после приёма жирной пищи выделяется в просвет двенадцатиперстной кишки

Эмульгирование



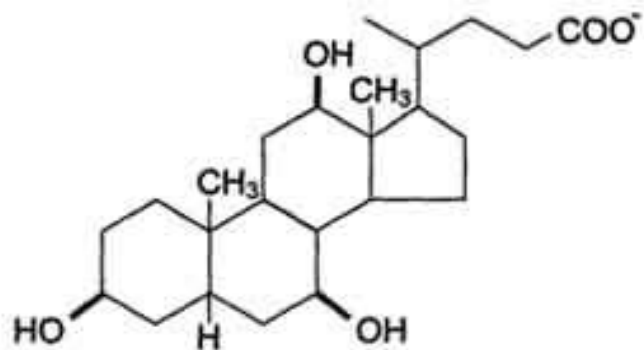
Жёлчь

- это вязкая жёлто-зелёная жидкость, имеет рН=7,3-8.0
- Содержит
- H_2O – 87-97%,
- органические вещества:
 - желчные кислоты
 - жирные кислоты
 - пигменты желчные
 - холестерин
 - фосфолипиды
- минеральные компоненты:
 - натрий
 - хлор
 - HCO_3^-
 - калий

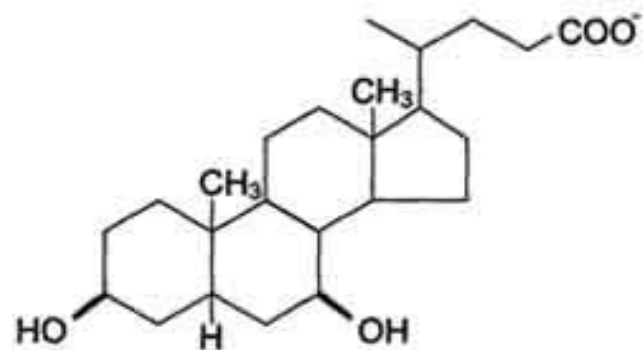
▣ ***Жёлчные кислоты***

производные холановой кислоты, синтезируются в печени из холестерина (холиевая, и хенодезоксихолиевая кислоты) и образуются в кишечнике (дезоксихолиевая, литохолиевая, и д.р. около 20) из холиевой и хенодезоксихолиевой кислот под действием микроорганизмов

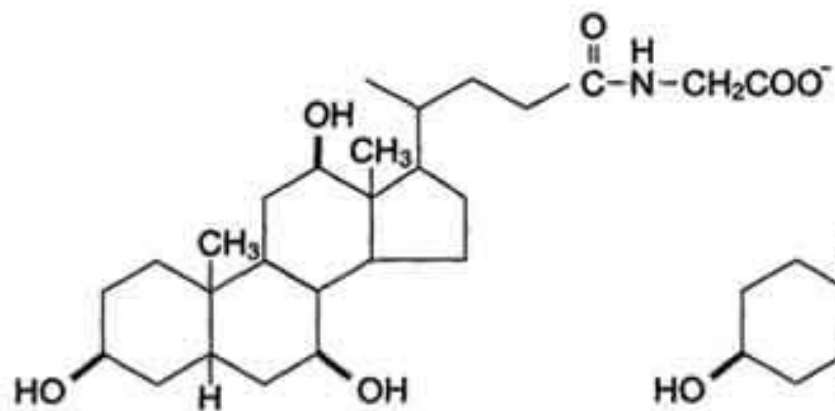
В желчи желчные кислоты присутствуют в основном в виде конъюгатов с глицином (66-80%) и таурином (20-34%), образуя парные желчные кислоты: таурохолевую, гликохолевую и д.р.



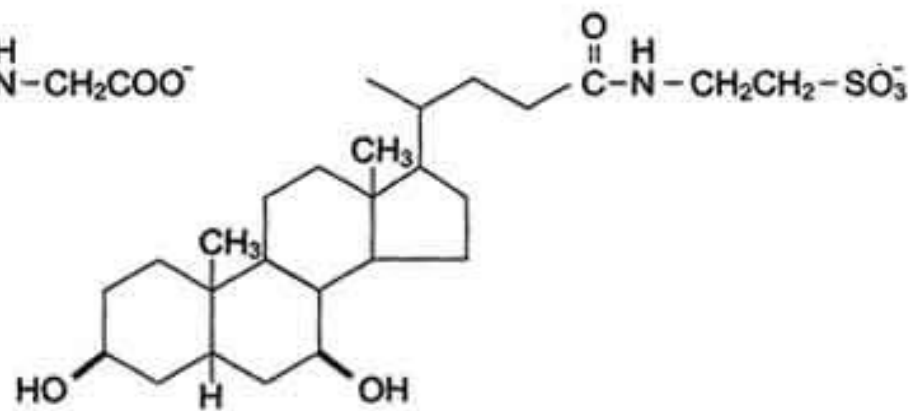
Холевая кислота



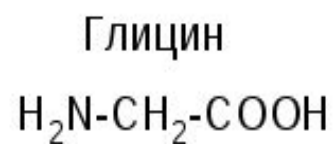
Хенодезоксихолевая кислота



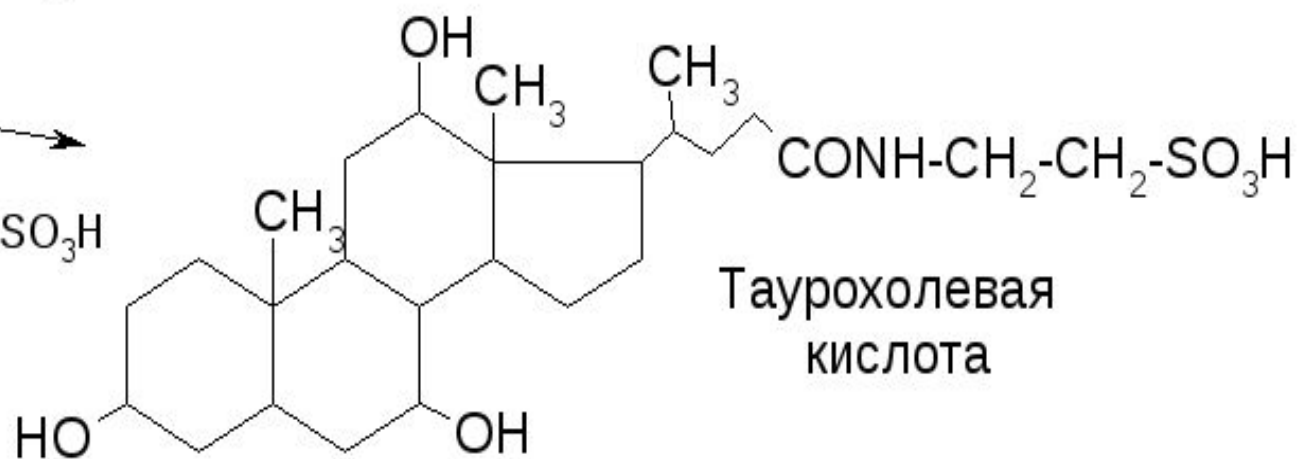
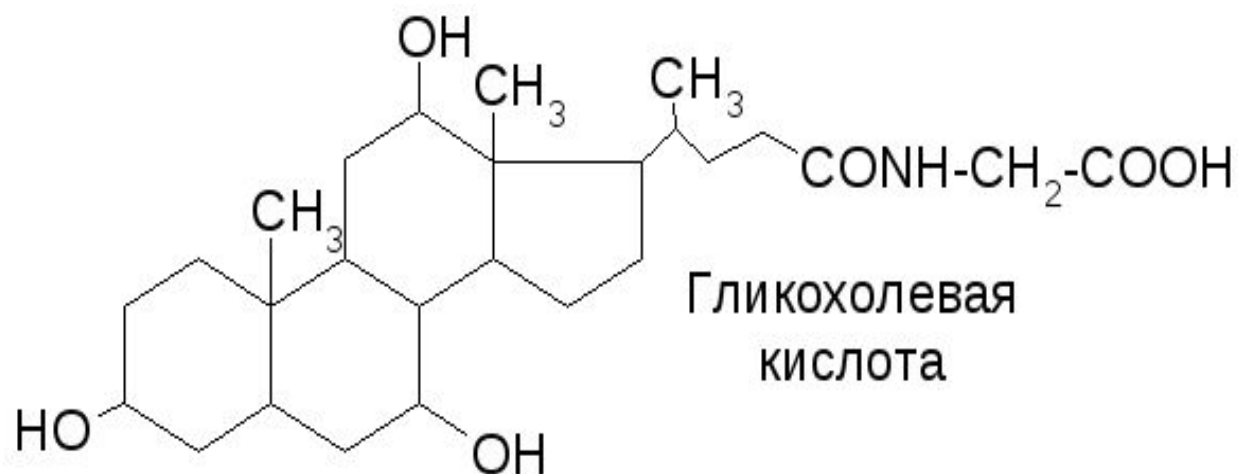
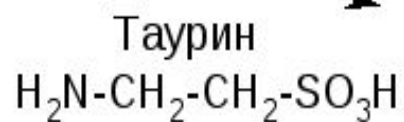
Гликохолевая кислота



Таурохонодезоксихолевая кислота



Холевая
кислота



Роль желчи в эмульгировании

Соли жёлчных кислот, мыла, фосфолипиды, белки и щелочная среда желчи действуют как детергенты (ПАВ), они снижают поверхностное натяжение липидных капель, в результате крупные капли распадаются на множество мелких, т.е. происходит эмульгирование.

Эмульгированию также способствует перистальтика кишечника

Выделяющийся, при взаимодействии химуса и бикарбонатов, CO_2 :



Пищевые ТАГ

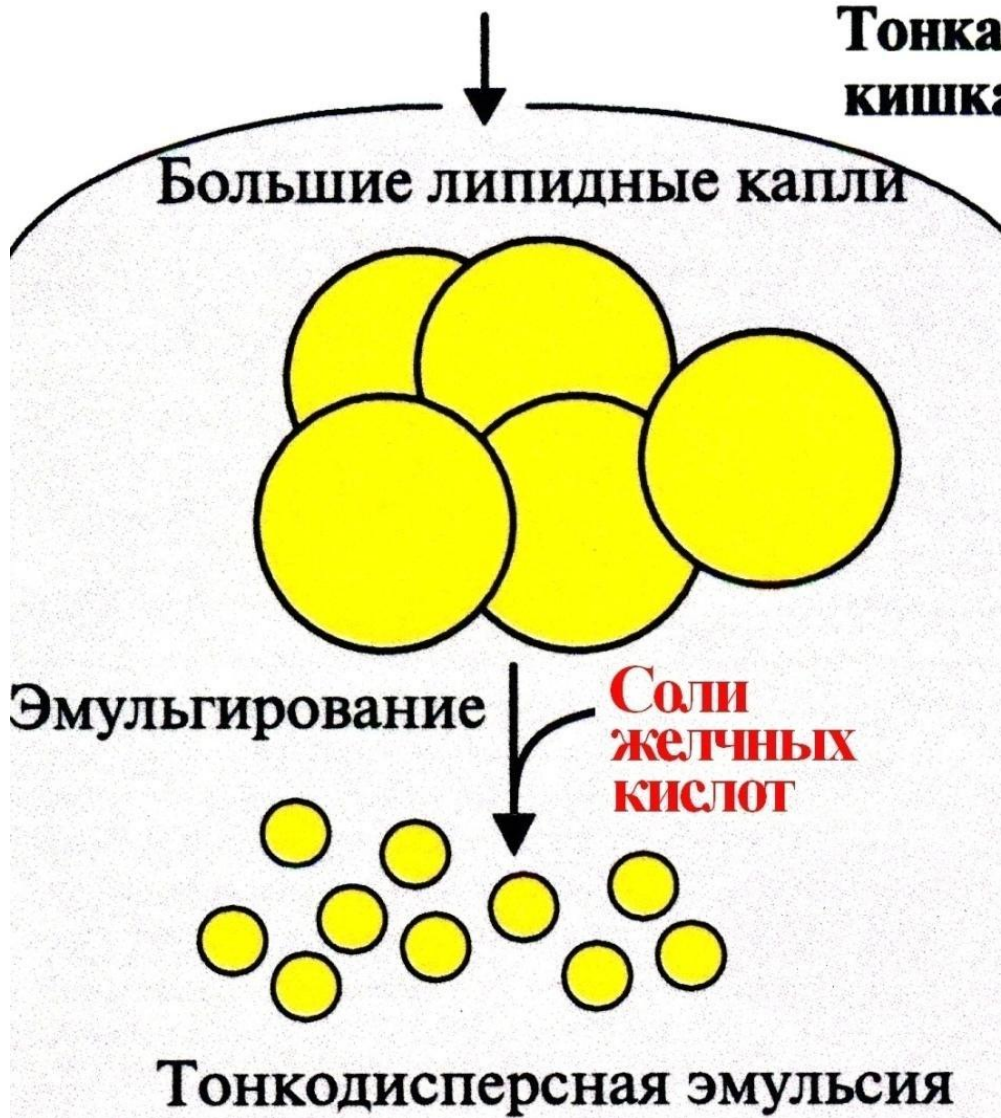
Тонкая
кишка

Большие липидные капли

Эмульгирование

Соли
желчных
кислот

Тонкодисперсная эмульсия

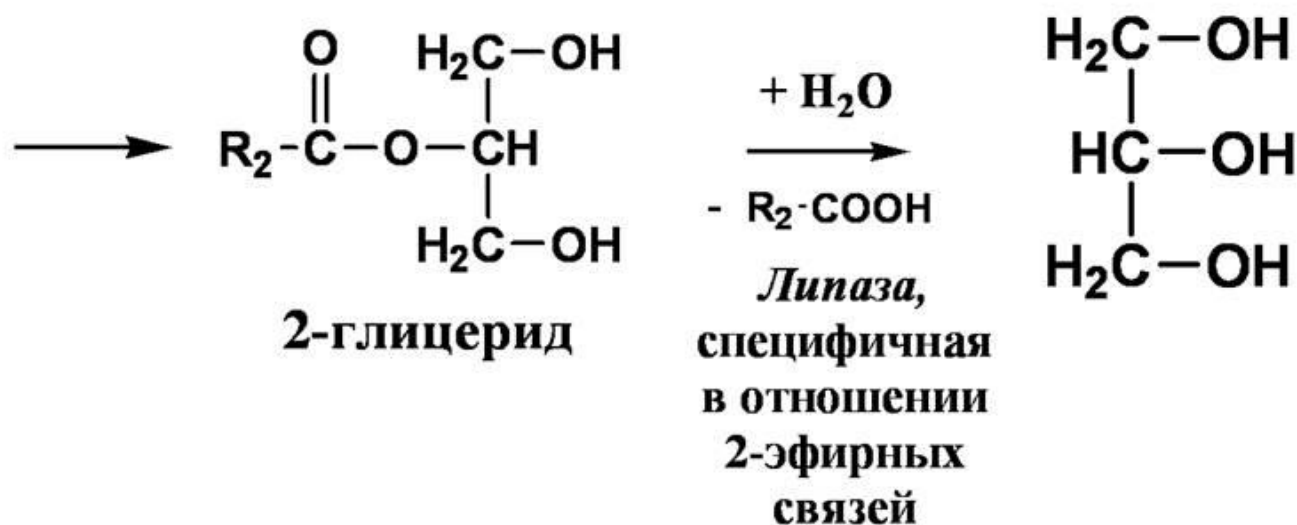
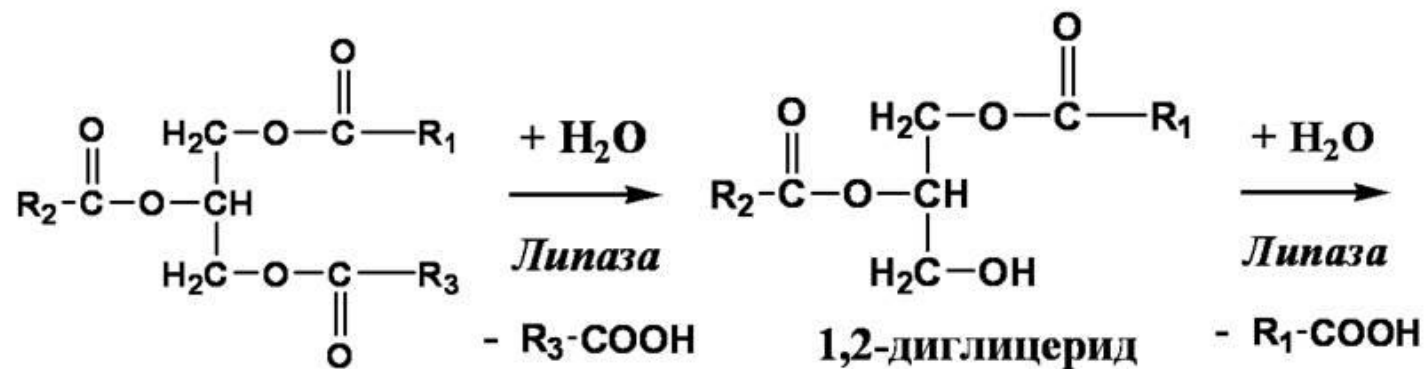


Гидролиз

2.1. триглицеридов

- осуществляет *панкреатическая липаза*.
- Ее оптимум $\text{pH}=8$,
- она гидролизует ТГ преимущественно в положениях 1 и 3, с образованием 2 свободных жирных кислот и 2-моноацилглицерола (2-МГ). 2-МГ является хорошим эмульгатором. 28% 2-МГ под действием изомеразы превращается в 1-МГ. Большая часть 1-МГ гидролизруется панкреатической липазой до глицерина и жирной кислоты.

Гидролиз триглицеридов



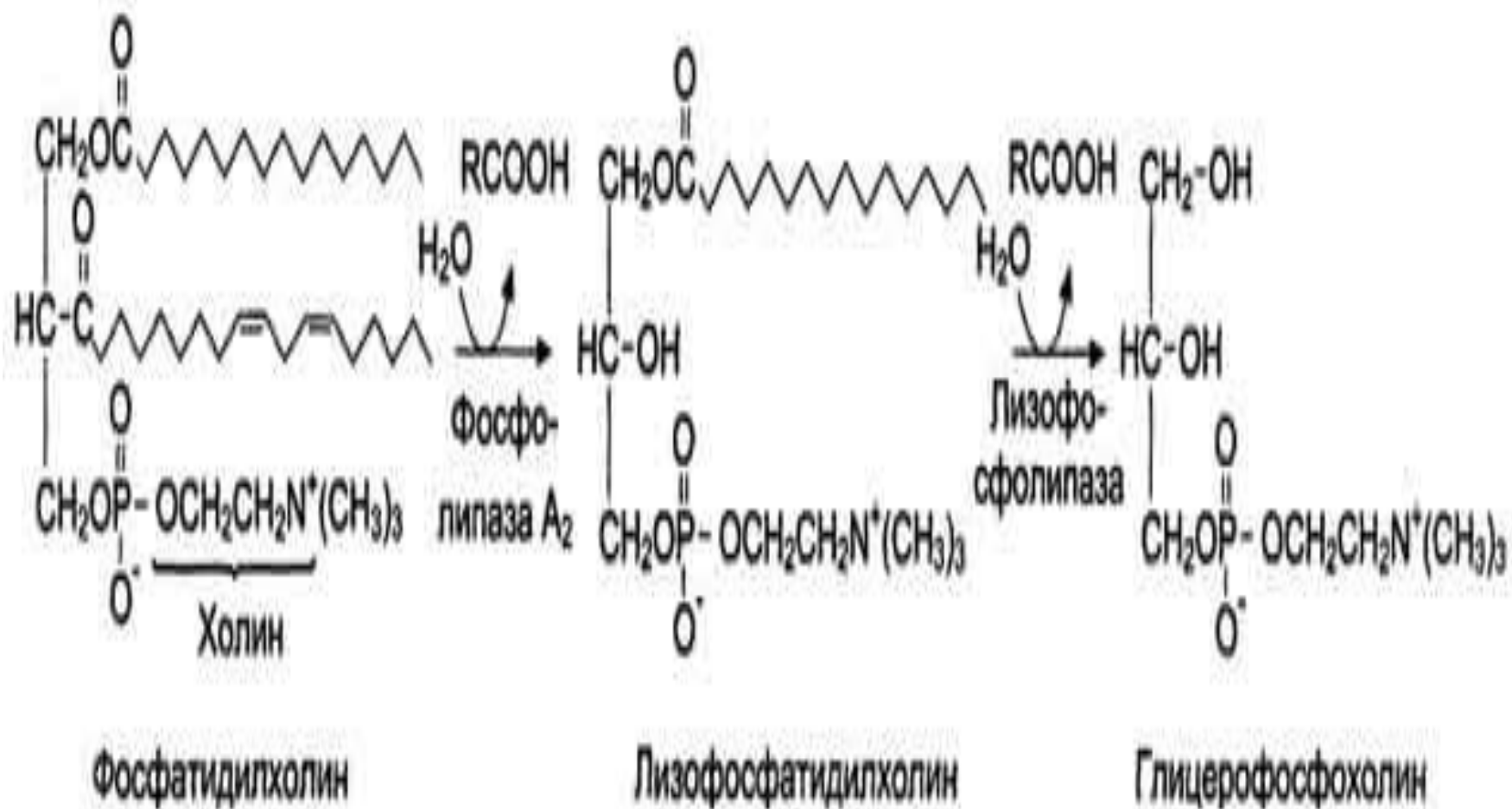
Гидролиз

2.2. фосфолипидов

- В переваривании глицерофосфолипидов участвуют несколько ферментов, синтезирующихся в поджелудочной железе. *Фосфолипаза A₂* гидролизует сложноэфирную связь у второго атома углерода глицерола, превращая глицерофосфолипиды в соответствующие лизофосфолипиды.

- Фосфолипаза A_2 секретируется в кишечник в виде профермента и активируется уже в полости кишечника путём частичного протеолиза. Для проявления активности фосфолипазы A_2 необходимы ионы кальция

- Жирная кислота в положении 1 отщепляется под действием *лизофосфолипазы*, а глицерофосфохолин гидролизуется далее до глицерола, холина и фосфорной кислоты, которые всасываются. Лизофосфолипиды - эффективные эмульгаторы жира, ускоряющие его переваривание.



Гидролиз

2.3. эфиров холестерина

В составе пищи холестерол находится в основном в виде эфиров.

Гидролиз эфиров холестерола происходит под действием *холестеролэстеразы* - фермента, который также синтезируется в поджелудочной железе и секретируется в кишечник.

Продукты гидролиза (холестерол и жирные кислоты) всасываются в составе смешанных мицелл.

3. Всасывание продуктов гидролиза

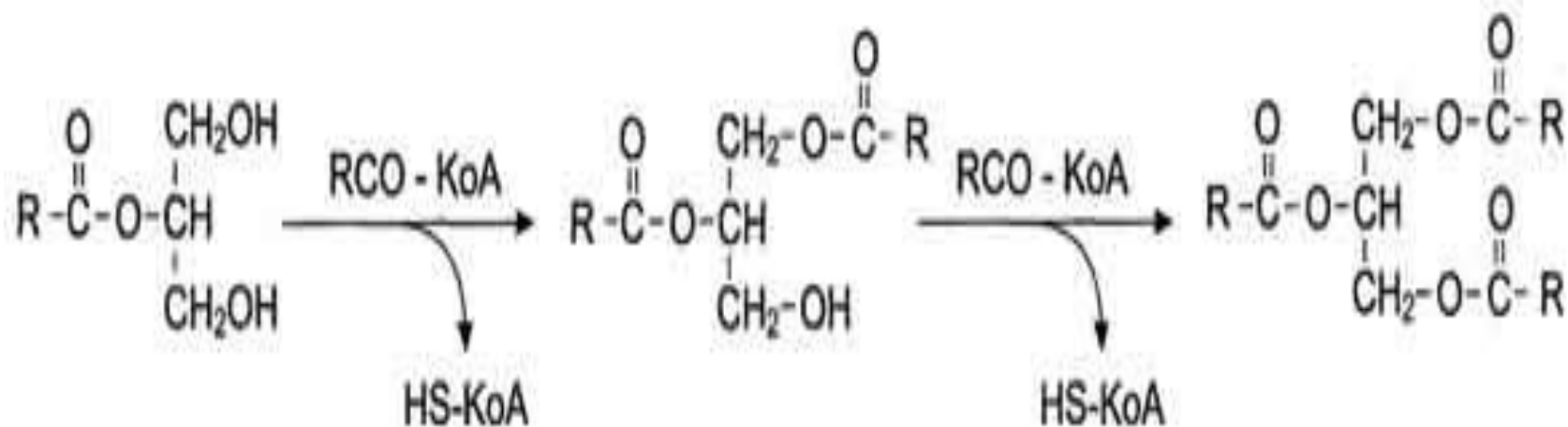
- Продукты гидролиза липидов - жирные кислоты с длинным углеводородным радикалом, 2-моноацилглицеролы, холестерол, а также соли жёлчных кислот образуют в просвете кишечника структуры, называемые смешанными мицеллами.

- Смешанные мицеллы построены таким образом, что гидрофобные части молекул обращены внутрь мицеллы, а гидрофильные - наружу, поэтому мицеллы хорошо растворяются в водной фазе содержимого тонкой кишки.
- Стабильность мицелл обеспечивается в основном **солями жёлчных кислот**.
- Мицеллы сближаются со щёточной каймой клеток слизистой оболочки тонкого кишечника, и липидные компоненты мицелл диффундируют через мембраны внутрь клеток. Вместе с продуктами гидролиза липидов всасываются жирорастворимые витамины А, D, Е, К и соли жёлчных кислот.
- Наиболее активно соли жёлчных кислот всасываются в подвздошной кишке. Жёлчные кислоты далее попадают через воротную вену в печень, из печени вновь секретируются в желчные протоки и далее опять участвуют в эмульгировании жиров. Этот путь жёлчных кислот называют **"энтерогепатическая циркуляция"**. Каждая молекула жёлчных кислот за сутки проходит 5- 8 циклов, и около 5% жёлчных кислот выделяется с фекалиями.

4. Ресинтез жиров в слизистой оболочке тонкого кишечника

После всасывания продуктов гидролиза жиров жирные кислоты и 2-моноацилглицеролы в клетках слизистой оболочки тонкого кишечника включаются в процесс ресинтеза с образованием триацилглицеролов. Жирные кислоты вступают в реакцию этерификации только в активной форме в виде производных коэнзима А, поэтому первая стадия ресинтеза жиров - реакция активации жирной кислоты:





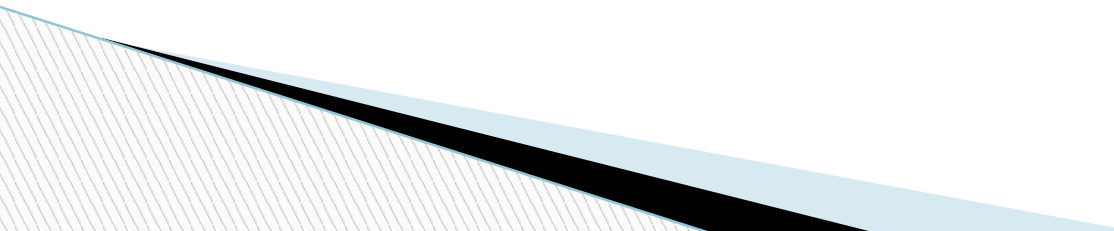
2-Моноацилглицерол

Диацилглицерол

Триацилглицерол

В реакциях ресинтеза жиров участвуют, как правило, только жирные кислоты с длинной углеводородной цепью.

В ресинтезе жиров участвуют не только жирные кислоты, всосавшиеся из кишечника, но и жирные кислоты, синтезированные в организме, поэтому по составу ресинтезированные жиры отличаются от жиров, полученных с пищей.



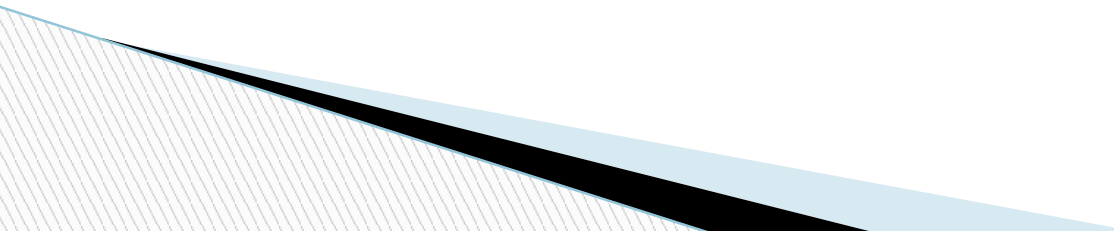
Образование эфиров холестерина

- В клетках слизистой оболочки тонкой кишки всосавшиеся молекулы холестерина также превращаются в эфиры путём взаимодействия с ацил-КоА.
- Эту реакцию катализирует *ацилхолестеролацилтрансфераза (АХАТ)*. От активности этого фермента зависит скорость поступления экзогенного холестерина в организм

Всасывание липидов в лимфу

В клетках эпителия тонкой кишки из жиров, образовавшихся в результате ресинтеза, а также из эфиров холестерина, жирорастворимых витаминов, поступивших с пищей, формируются липопротеиновые комплексы - **хиломикроны (ХМ)**.

Они всасываются в лимфу.



СТРОЕНИЕ ХИЛОМИКРОНА

