**Тема: Липиды**

**I. Цель:** Сформировать знания строения и химических свойств омыляемых липидов и их структурных компонентов для изучения структуры биологических мембран и процессов липидного обмена.

**II. Исходный уровень**

1. Трехатомный спирт глицерин.
2. Сложные эфиры.
3. Конформация открытой углеродной цепи.

Учебно-целевые вопросы

1. Нейтральные липиды. Естественные жиры как смесь триацилглицеринов.

2. Основные природные высшие жирные кислоты, входящие в состав

липидов: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая,

линоленовая, арахидоновая.

3. Пероксидное окисление фрагментов жирных кислот в клеточных

мембранах. β-окисление насыщенных кислот.

4. Фосфолипиды. Фосфатидные кислоты. Фосфатидилколамины

(кефалины), фосфотидилсерины, фосфатидилхолины (лецитины) –

структурные компоненты клеточных мембран.

Общей характеристикой липидов является их отношение к растворителям: они не растворяются \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, растворимы в \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

По отношению к гидролизу липиды делятся на две группы:

омыляемые - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

и

неомыляемые - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Омыляемые липиды**

Омыляемые липиды делятся на простые \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ и сложные \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

**Простые липиды**

1. Воска – это сложные эфиры ВЖК и высших одноатомных спиртов.

Представители:

А) спермацет, цетилпальмитат \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Б) пчелиный воск (мерицилпальмитат) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Приведите формулы восков.

2. Жиры и масла. Это сложные эфиры \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, т.е. триацилглицерины (ТАГ).

Конформационное строение ВЖК, входящих в состав жиров. Напишите формулы и кнормационное строение:

Насыщенные кислоты:

пальмитиновая С15Н31СООН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

стеариновая С17Н35СООН

Ненасыщенные кислоты:

олеиновая С17Н33СООН

линолевая С17Н31СООН

линоленовая С17Н29СООН

арахидоновая С19Н31СООН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ненасыщенные кислоты существуют только в цис-форме. Самая распространенная кислота в природных липидах – олеиновая. В некоторых жирах она составляет 50% от общей массы ВЖК.

Организм человека способен синтезировать насыщенные жирные кислоты и олеиновую (с одной двойной связью). Остальные ненасыщенные кислоты организм должен получать с пищей, в основном, с растительными маслами. Эти кислоты называются \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

ВЖК не растворимы в воде, так как их молекулы содержат большой углеводородный радикал (гидрофобный «хвост»). Их натриевые, калиевые, аммонийные соли (мыла) гидролизуются в воде, обладают хорошей растворимостью, так как содержат высокополярный гидрофильный анион (полярная «головка»). Укажите эти части в молекулах мыла

СН3 …… (СН2)n ……С = О

О – Na+

**Химические свойства жиров**

1) Гидролиз в кислой среде протекает с образованием глицерина и ВЖК.

Допишите уравнение реакции

Назовите жир и получающиеся жирные кислоты.

СН2 – О – СО – С15Н31 + 3 Н2О, Н+

СН – О – СО – С17Н33

СН2 – О – СО – С17Н35

В щелочной среде жиры омыляются с образованием глицерина и солей ВЖК, которые называются \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Допишите уравнение реакции, назовите соли ВЖК.

СН2 – О – СО – С15Н31 + 3 NaOH

СН – О – СО – С17Н33

СН2 – О – СО – С17Н35

2) Гидрирование. В каталитических условиях жидкие масла превращаются в твердые жиры.

Допишите реакцию, назовите исходный и конечный продукты реакции.

СН2 – О – СО – С17Н33 + 12 Н/Рt

СН – О – СО – С17Н31

СН2 – О – СО – С17Н29

3) Мерой ненасыщенности природных жиров и масел является йодное число. Оно соответствует количеству г I2, которое может быть присоединено к 100 г жира.

Допишите реакцию.

Назовите исходный и конечный продукты реакции.

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3 + 3 I2

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3

СН2 – О – СО –

→ СН – О – СО –

СН2 – О – СО –

4) Реакции окисления

А) Окисление кислородом воздуха, сопровождаемое гидролизом. Допишите

реакцию, назовите все продукты.

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3 +6 О2 + 3Н2О

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3

СН2 – О – СО – (СН2)7 – СН = СН – (СН2)7 – СН3

Б) Пероксидное окисление липидов

Напишите схему процесса

В) β-окисление насыщенных кислот

Напишите уравнения реакций.

**Сложные липиды**

Ткани головного и спинного мозга содержат сложные структурные единицы, построенные из белков и фосфолипидов – фосфатидов.

Фосфатиды – это \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, дающие при гидролизе, кроме глицерина и ВЖК, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ и аминоспирты или другие сложные спирты. Они являются сложно-эфирными производными L- фосфатидных кислот.

L- фосфатидные кислоты – это этерифицированные ВЖК L –глицеро-3-фосфата.

R′

СН2 – ОН СН2 – О – С = О

СН – ОН СН – О – С = О

СН2 – О – Р = О R″

НО ОН CН2 – О – Р = О

L –глицеро-3-фосфат НО ОН

L – фосфатидные кислоты

В природных фосфатидах в 1-м положении находится остаток \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ кислоты, во 2-м положении \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

1) Фосфатидилэтаноламины (кефалины) Допишите уравнеия:

Образование:

СН2 – ОН С17Н35СООН СН2 –

СН – ОН + СН –

СН2 – О – Р = О С17Н35СООН - 3 H2O СН2 –

НО ОН +

СН2 – СН2

ОН NH2

Строение внутренней соли:

СН2 –

СН –

СН2 –

Омыление:

СН2 – О – СО – С17Н35

СН – О – СО – С17Н33 + 5 NaOH

СН2 – О – Р = О

Допишите уравнение реакции.

2) Фосфатидилхолины (лецитины) Допишите уравнения реакции:

Образование:

СН2 – ОН С15Н31СООН

СН – ОН + С17Н31СООН

СН2 – О – Р = О + +

НО ОН (СН2 – СН2 – N(CH3)3) OH - 3 Н2О

OH

СН2 – О –

СН – О –

СН2 – О – Р = О

Приведите строение внутренней соли данного фосфатида

Напишите уравнение реакции омыления фосфатида, образованного пальмитиновой и линолевой кислотами.

3) Фосфатидилсерины содержат в качестве азотистого основания аминокислоту серин. Допишите все формулы и уравнения.

Образование:

СН2 – ОН С17Н35СООН

СН – ОН + С17Н29СООН

СН2 – О – Р = О СН2 – СН – СООН - 3Н2О

НО ОН ОН NH2

Приведите строение внутренней соли фосфатидилсерина.

Напишите уравнение реакции омыления этого фосфатида.

Все фосфатиды имеют консистенцию \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, окрашены в \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ цвет. Они являются ПАВ, так как обладают способностью накапливаться на поверхности раздела между водой и другими жидкостями и \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ поверхностное натяжение.

**3. Упражнения**

1. Напишите структурные формулы (с учетом конформационного строения) ВЖК:

Пальмитиновой

Стеариновой

Олеиновой

Линолевой

Линоленовой

Арахидоновой

2. Напишите уравнение реакций гидролитического расщепления в кислой и щелочной средах:

Триацилглицерина

дипальмитоилстеароил глицерина

Линоленоил-линооил-пальмитоил глицерина

3. Напишите уравнения реакций образования:

Фосфатидилэтаноламина

Фосфатидилсерина

Фосфатидилхолина

Приведите строение их внутренних солей.

4. Напишите уравнения реакций омыления:

Фосфатидилэтаноламина

Фосфатидилсерина

Фосфатидилхолина

5. Напишите уравнение реакции пероксидного окисления олеиновой кислоты.

6. Приведите уравнение реакции β-окисления насыщенных кислот

**4. Литература**

Основная учебная литература:

1. Ершов, Ю. А.  Биохимия человека : учебник для академического бакалавриата / Ю. А. Ершов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 374 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02577-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/444080>

2. Конспект лекции.

Дополнительная литература:

1. Тюкавкина, Н. А.Биоорганическая химия: [Текст]: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С. Э. Зурабян. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 416 с. 2. Тюкавкина, Н. А.: [Текст]: руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии / под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М.: Медицина, 1985, 285 с.

3. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: [Текст]: учебник / Н.А.Тюкавкина, Ю.И.Бауков. – 6-е изд., исп.- М.: Дрофа, 2007. - 542 с.