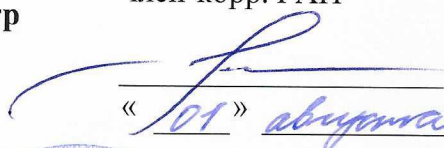


Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН

 О.Н. Бахмет
« 01 » августа 20 22 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«БИОХИМИЯ ЛИПИДОВ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИПИДОВ»

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.5.4. БИОХИМИЯ

г. Петрозаводск
2022

РАЗРАБОТЧИКИ ПРОГРАММЫ:

Заведующая лабораторией
экологической биохимии ИБ
КарНЦ РАН, д.б.н.

С.А. Мурзина

Старший научный сотрудник
лаборатории экологической
биохимии ИБ КарНЦ РАН, к.б.н.

О.Б. Васильева

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – существенное расширение и углубление общих знаний современного уровня в области биохимии липидов, приобретение навыков работы с многообразием методических подходов к изучению липидных компонентов организма, как его важнейшей составной части.

Задачей преподавания данной дисциплины является формирование у аспирантов понимания роли липидов в адаптациях организмов различной таксономической принадлежности, физиологического статуса, в особенности эктотермных, к изменяющимся условиям внешней среды, как естественного, так и антропогенного происхождения, а также отработка необходимых навыков анализа липидов на всех этапах, от фиксации липидного материала до анализа индивидуальных компонентов липидных спектров и осмысления полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Элективная дисциплина – обязательная по выбору аспиранта, направленная на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 1.5.4. Биохимия.

Период освоения – 2 семестр.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

ЗНАТЬ: состав, структуру и функции липидов, как универсального строительного материала мембранных структур клеток; участие липидов в адаптациях организмов различного филогенетического уровня и физиологического статуса к факторам среды естественного и антропогенного происхождения; механизмы устойчивости (резистентности) организмов к неблагоприятным воздействиям среды на уровне липидов;

- теоретическую и практическую значимость исследований влияния на организм, популяцию, экосистему веществ, загрязняющих биосферу, механизмы биотрансформации и биодеградации ксенобиотиков, судьбу поллютантов в биосфере.

УМЕТЬ: - ориентироваться в проблемах, связанных с изучением липидов, как группы, без которой невозможно существование живой клетки и как обязательного компонента биохимической адаптации живых организмов к внешней среде.

- использовать методы теоретического и экспериментального исследования для изучения различных аспектов липидологии;

- использовать новейшие достижения в области липидологии для формулирования и решения практических задач.

ВЛАДЕТЬ: современными методами исследований в области липидологии, навыками постановки и проведения эксперимента, оценки достоверности полученных результатов.

4. Перечень компетенций выпускника аспирантуры, на формирование которых направлено освоение дисциплины

ПК-1: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области биохимии.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

ЗНАТЬ: состав структуру и функции отдельных классов липидов и жирных кислот, метаболизм липидов и жирных кислот и механизмы его регуляции, тканеспецифичность липидного состава, участие липидов в адаптациях организмов различных филогенетических и экологических групп к факторам среды естественного и антропогенного происхождения, прикладные аспекты липидологии;

биохимические методы выделения, отчистки, идентификации, изучения структуры и свойств липидов и жирных кислот, возможности их применения для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач в области биохимии.

УМЕТЬ: используя теоретические знания, средства и сервисы поиска и анализа научной информации генерировать необходимые знания и сведения в области биохимии липидов, охарактеризовать строение, свойства и функции важнейших соединений липидной природы;

применить современные биохимические методы в области биохимии липидов для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач.

ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной работы с литературой, поиска и анализа и обобщения теоретической и методологической информации в области биохимии липидов;

биохимическими и методами выделения, отчистки, идентификации и изучения структуры, свойств и функций соединений липидной природы, навыками постановки и проведения эксперимента в области биохимии липидов, методами обработки и интерпретации полученных результатов.

6. Объем дисциплины и виды учебных занятий (в виде таблицы)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, что составляет 180 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Объем дисциплины (всего)	180 / 5 з.е.
Аудиторная учебная нагрузка (всего), в том числе:	72 / 2 з.е.
лекции	18
практические занятия	36
семинары	18
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	108 / 3 з.е.
Вид итогового контроля по дисциплине	Зачет

7. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, видов учебных занятий, форм текущего контроля (в приложении)

8. Содержание тем (разделов) дисциплины

Лекционные занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
1	Общие представления о липидах Классификация липидов, основанная на структурных особенностях липидов. Основные классы липидов. Простые липиды - ацилглицерины	2

	и воска. Сложные липиды – глицерофосфолипиды, сфинголипиды. Стероиды. Сульфолипиды, аминолипиды. Запасные и структурные липиды. Липопротеины. Предшественники и производные липидов: жирные кислоты, глицерол, стеролы и прочие спирты (помимо глицерола и стеролов), альдегиды жирных кислот, углеводороды, жирорастворимые витамины и гормоны. Химические свойства липидов. Содержание липидов различных групп в тканях и органах животных.	
2	Строение липидов Строение ацилглицеринов. Триацилглицерины, нумерация спиртовых групп. Диольные липиды. Строение восков. Строение фосфолипидов. Глицерофосфолипиды: фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины (диацильная и плазмалогенная формы), фосфатидилсерины, фосфатидилинозитолы, плазмалогены, кардиолипин. Сфинголипиды. Гликолипиды.	2
3	Метаболизм липидов Переваривание липидов в желудке. Переваривание липидов в кишечнике, всасывание липидов в кишечнике. Факторы, влияющие на всасывание липидов. Липиды крови и липопротеиды. Основные представления о метаболизме триацилглицеринов. Синтез триацилглицеринов Характеристика депонированных липидов. Регуляция синтеза и депонирования липидов. Мобилизация депонированных липидов и липидов печени. Кетоновые тела и кетоз. Некоторые аспекты метаболизма липидов в организме. Взаимоотношения процессов метаболизма липидов. Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих. Особенности метаболизма липидов животных различных филогенетических групп.	2
4.	Метаболизм структурных липидов Тканевые липиды, их функции. Распределение фосфолипидов и обмен, синтез. Другие пути образования фосфатидилэтаноламина и фосфатидилхолина. Типы фосфолипаз и их действие. Сфинголипиды. Образование сфингозинов. Образование церамидов. Образование сфингомиелинов. Образование гликосфинголипидов. Синтез цереброзидов. Синтез ганглиозидов. Сфинголипазы и нарушения метаболизма гликосфинголипидов. Метаболизм стероидов и его контроль. Источники холестерина в организме. Регуляция метаболизма холестерина. Простагландины. Химические свойства. Биосинтез. Метаболизм. Биологическое действие: простагландины и циклический АМФ; действие на сердечнососудистую систему; на водно-электролитный обмен; на нервную систему; на желудочно-кишечный тракт; на репродуктивную систему; бронхи, трахею и гладкие мышцы; воспалительное действие; иммуносупрессия. Гипотеза элементарной мембраны. Другие модели структуры мембран. Изменение состава структурных липидов органов и тканей животных при действии различных факторов среды (температура, соленость, pH)	2
5.	Жирные кислоты Номенклатура жирных кислот. Природные жирные кислоты. Метиленразделенные жирные кислоты. Незаменимые жирные кислоты, тромбоксаны. Сопряженные полиеновые кислоты. Кислоты ряда ацетилена и аллена. Разветвленные кислоты. Циклические кислоты. Оксигенированные кислоты. Методы определения жирных кислот: газожидкостная хроматография, УФ-, ИК-, КР-спектроскопия. ЯМР	2

	спектроскопия. Масс-спектрометрия. Цис-, транс-изомеризация, миграция двойной связи, циклизация, диеновый синтез и циклизация. Реакции по карбоксильной группе.	
6.	Жирнокислотный состав липидов Жирнокислотный состав липидов живых организмов разных систематических групп (эктотермные и эндотермные организмы). Насыщенные и ненасыщенные кислоты. Пространственная конфигурация ненасыщенных кислот. Длинноцепочечные ненасыщенные кислоты. Синтез жирных кислот de novo.	2
7	Синтез жирных кислот Цитоплазматический механизм синтеза пальмитиновой кислоты. Образование малонил-КоА. Ацилпереносящий белок и трансацилазы. Стадии синтеза жирных кислот. Элонгация жирных кислот в митохондриях. Элонгация жирных кислот в микросомах. Синтез жирных оксикислот, как источников восстановления нуклеотидов. Другие аспекты синтеза жирных кислот. Взаимопревращения жирных кислот: укорочение и удлинение углеродного скелета. Образование мононенасыщенных кислот. Образование и превращения полиеновых кислот	2
8.	Метаболизм жирных кислот Особенности метаболизма жирных кислот в организме. Внутриклеточный гидролиз липидов. Цикл окисления жирных кислот. Активация жирных кислот и механизм, с помощью которого они проникают в митохондрии. Первая стадия дегидрирования при окислении жирных кислот. Стадия гидратации. Вторая стадия дегидрирования. Стадия тиолитического расщепления. Баланс процесса. Окисление ненасыщенных жирных кислот. Кетонные тела и их окисление. Окисление кислот с нечетным числом атомов углерода. Второстепенные пути окисления жирных кислот	2
9	Роль липидов в адаптации организмов к условиям среды Клеточные мембраны. Жидкокристаллическое состояние мембран, как необходимое условие функционирования. Роль жирнокислотного компонента мембран. Семейства линолевой (n-3) и линоленовой (n-6) кислот. Значение докозагексаеновой кислоты (22:6n-3) в адаптациях рыб к различным факторам среды. Влияние температуры на биологические мембраны. Влияние давления на биологические мембраны. Роль липидов в природных адаптациях. Адаптивная роль липидов, не входящих в состав клеточных мембран: бурая жировая ткань; липиды, как регуляторы испарения воды; липиды как регуляторы плотности тела. Феномен биохимической преадаптации жирнокислотных спектров липидов к изменению температурного режима окружающей среды.	2
	Итого	18

Практические занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Освоение современных методов исследования липидов: а) фиксация биоматериала для последующего биохимического анализа липидов; б) разделение общих липидов методом тонкослойной хроматографии; в) анализ отдельных фракций фосфолипидов с помощью	6

	высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ);	
2.	Освоение современных методов исследования липидов: Изучение жирнокислотного состава общих липидов методом газовой хроматографии с использованием разных детекторов.	10
3.	Использование биохимических методов исследования липидов в решении задач экологической и эволюционной биохимии: а) определение содержания различных групп липидов в органах морских и пресноводных рыб; б) исследование вариабельности жирнокислотного спектра органов и тканей гидробионтов под влиянием различных факторов окружающей среды	10
4.	Освоение гистологических и гистохимических методов исследования структуры ткани и локализации липидов в них: а) знакомство с методами фиксации и гистологической проводки различных типов тканей для последующего анализа; б) изготовление парафиновых блоков и окраски срезов тканей в) изготовление гистологических срезов, изучение структуры и особенностей разных типов тканей, а также исследование локализации липидов и липидных компонентов в них на микроснимках; г) определение гистопатологических изменений в структуре паренхимы печени и ооцитов разной стадии развития у рыб, обитающих в водоемах с антропогенной нагрузкой.	8
	Зачет	2
	Итого	36

Семинары

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Значение разных групп липидов в адаптациях животных к изменениям параметров окружающей среды	2
2.	Вариабельность жирнокислотных спектров липидов у разных групп организмов. Экто- и эндотермия.	2
3.	Эколого-биохимические подходы к изучению акклиматизации различных видов животных к условиям Севера.	2
4.	Биохимические адаптации животных к температуре. Особенности метаболизма липидов у животных с различными термоадаптивными особенностями.	2
5.	Семейства α -линолевой (n-3) и линоленовой (n-6) кислот. Значение докозагексаеновой кислоты (22:6n-3) в адаптациях рыб к различным факторам среды	2
6.	Роль холестерина в адаптации мембранных структур эктотермного организма к воздействию неблагоприятного фактора среды.	2
7.	Синтез жирных кислот de novo. Элонгация насыщенных жирных кислот. Образование моноеновых и полиеновых кислот	2
8.	Особенности метаболизма жирных кислот в организме. Цикл окисления жирных кислот. Стадийность процесса. Окисление ненасыщенных жирных кислот и кислот с нечетным числом атомов углерода	2
9.	Эколого-биохимическое тестирование и мониторинг токсических соединений в окружающей среде в тканях живых организмов на уровне липидного и жирнокислотного спектров.	2

9. Методические материалы для текущего контроля

Темы для подготовки к семинарам

1. Липофильные соединения и классификация липидов.
2. Жирные кислоты.
3. Нейтральные жиры и их свойства.
4. Фосфолипиды.
5. Гликолипиды и сульфоллипиды.
6. Стерины, холестерин, желчные кислоты.
7. Диольные липиды.
8. Участие фосфатидов и других липидов в построении биологических мембран.
9. Воска и стероиды.
10. Изопреноиды.
11. Терпеноиды и каротиноиды.
12. Липолиз.
13. Окислительный распад жирных кислот.
14. Биосинтез жирных кислот.
15. Биосинтез триглицеридов.
16. Превращение жиров при созревании и прорастании семян и плодов.
17. Строение и функции мембран в клетке.
18. Значение фосфатидов в пищевой промышленности.
19. Биосинтез холестерина и его регуляция.
20. Синтез желчных кислот.

Вопросы для текущего контроля

Вопросы, требующие однозначного ответа (да/нет)

1. Липиды – гидрофильные соединения.
2. Пальмитиновая и олеиновая жирные кислоты содержат одинаковое число атомов углерода.
3. Холестериды – это сложные эфиры холестерина и высших жирных кислот .
4. В состав цереброзидов входит гексоза .
5. Кардиолипид относится к глицеролипидам.
6. Липиды в комплексе с белками выполняют транспортную функцию в организме.
7. Содержит ли арахионовая кислота четыре двойные связи?
8. Является ли линоленовая кислота незаменимой для человека?
9. Содержат ли фосфатидилхолины атом азота?
10. Могут ли липиды выполнять каталитические функции ?
11. Являются ли глицерофосфолипиды – главными компонентами клеточных мембран ?
12. Регулируют ли сфингинины и церамиды роста и дифференцировку клеток?

Вопросы, требующие расширенного ответа

1. Строение, физико-химические свойства и функциональная роль липидов.
2. Классификация и номенклатура жирных кислот. Строение и физико-химические свойства природных жирных кислот (насыщенных; моно- и полиеновых).
3. Ацилглицерины, строение свойства, функциональное значение.
4. Воски, строение свойства, функциональное значение.
5. Фосфолипиды: глицерофосфолипиды, классификация, строение, свойства, функции в клетке.
6. Фосфолипиды: сфингомиелины, строение, свойства, функции в клетке.
7. Гликолипиды: цереброзиды и ганглиозиды, строение, функции в клетке.

8. Стероиды: структура, свойства, важнейшие представители (холестерол, желчные кислоты, стероидные гормоны, витамины группы Д).
9. Биологическая роль и практическое использование липидов.
10. Важнейшие липиды тканей человека. Резервные липиды (жиры) и липиды мембран (сложные липиды). Жирные кислоты липидов тканей человека.
11. Незаменимые факторы питания липидной природы. Эссенциальные жирные кислоты: ω -3- и ω -6-кислоты как предшественники синтеза эйкозаноидов.
12. Биосинтез жирных кислот, регуляция метаболизма жирных кислот.
13. Химизм реакций β -окисления жирных кислот, энергетический итог.
14. Биосинтез и использование кетоновых тел в качестве источников энергии.
15. Пищевые жиры и их переваривание. Всасывание продуктов переваривания. Нарушение переваривания и всасывания. Ресинтез триацилглицеридов в стенке кишечника.
16. Образование хиломикрон и транспорт жиров. Роль апопротеинов в составе хиломикрон. Липопротеинлипаза.
17. Биосинтез жиров в печени из углеводов. Структура и состав транспортных липопротеинов крови.
18. Депонирование и мобилизация жиров в жировой ткани. Регуляция синтеза и мобилизации жиров. Роль инсулина, глюкагона и адреналина.
19. Основные фосфолипиды и гликолипиды тканей человека (глицерофосфолипиды, сфингофосфолипиды, гликоглицеролипиды, гликосфинголипиды). Представление о биосинтезе и катаболизме этих соединений.
20. Нарушение обмена нейтрального жира (ожирение), фосфолипидов и гликолипидов. Сфинголипидозы.
21. Строение и биологические функции эйкозаноидов. Биосинтез простагландинов и лейкотриенов.
22. Холестерин как предшественник ряда других стероидов. Представление о биосинтезе холестерина. Написать ход реакций до образования мевалоновой кислоты. Роль гидроксиметилглутарил-КоА-редуктазы.
22. Синтез желчных кислот из холестерина. Конъюгация желчных кислот, первичные и вторичные желчные кислоты. Выведение желчных кислот и холестерина из организма.

Вопросы по разделу «Биологическая роль липидов в организме»

1. Липиды – как факторы питания. Источники. Условия переваривания липидов, характеристика ферментов, схема процесса.
2. Желчные кислоты, их строение и свойства, классификация. Первичные и вторичные желчные кислоты. Роль желчных кислот в пищеварении липидов.
3. Ресинтез триацилглицеридов в стенке кишечника. Биологическая роль.
4. Транспорт липидов кровью. Липопротеины: химический состав, структура, классификация: хиломикроны, ЛПОНП, ЛПНП, ЛПВП, биологическая роль. Липопротеинлипаза сыворотки крови и ее значение.
5. Внутриклеточный катаболизм триацилглицеридов. Липолиз. Гормончувствительная (тканевая липаза). Каскадный механизм активирования ТАГ-липазы. Роль гормонов (адреналина, глюкагона) и ц-АМФ в активировании ТАГ-липазы.
6. Внутриклеточное окисление глицерола: химизм процесса, энергетический эффект. Конечные продукты внутриклеточного окисления глицерола. Общность процессов окисления углеводов и липидов.
7. Внутриклеточное окисление жирных кислот. Локализация процесса в клетке. Поступление жирных кислот в митохондриальный матрикс, роль карнитинового челночного механизма.
8. Две фазы окисления жирных кислот. I фаза – β -окисление (сущность процесса, химизм реакций, характеристика ферментных систем, энергетический эффект).

9. Характеристика второй фазы окисления жирных кислот (ЦТК): окисляемый субстрат, конечные продукты окисления. Общий энергетический эффект полного окисления (общая формула подсчета энергии). Взаимосвязь окисления жирных кислот с процессами тканевого дыхания.
10. Биосинтез липидов. Синтез высших жирных кислот. Локализация процесса: условия биосинтеза. Роль цитратного челночного механизма в биосинтезе жирных кислот. Образование малонил-КоА. Характеристика синтазной системы высших жирных кислот. Химизм процесса.
11. Биосинтез триацилглицеринов и фосфолипидов.

Тест на общие знания по теме «Липиды»

Вопрос	Ответ
Липиды хорошо растворимы в:	
Потребность в пищевых липидах составляет (по ВОЗ):	
Калорический коэффициент для липидов составляет:	
Растительные масла в спектре липидов рациона человека должны составлять:	
Незаменимой для человека является жирная кислота:	
Насыщенной жирной кислотой является:	
Мононенасыщенной жирной кислотой является:	
Полиненасыщенной жирной кислотой является:	
Глицерофосфолипиды участвуют в формировании липидного бислоя мембран вследствие:	
Неполярная часть структуры глицерофосфолипида представлена:	
Олигосахариды входят в состав каких гликолипидов:	
Моносахариды входят в состав каких гликолипидов:	
К гликолипидам относятся:	
Основной функцией сфинголипидов является:	
Церамид представляет собой:	
Сфингомиелины и ганглиозиды содержат общий компонент:	
Сложноэфирные связи в молекулах пищевых триглицеридов подвергаются ферментативному гидролизу при участии:	
Сложноэфирные связи в молекулах пищевых фосфолипидов подвергаются ферментативному гидролизу при участии:	
Правильно описывает особенности структуры холестерина утверждение:	
Гидролиз сложноэфирных связей в	

молекулах	триацилглицеринов	
панкреатической липазой происходит:		

Тестовые задания по теме « Липиды»

Выберите правильный ответ

- К незаменимым жирным кислотам относятся:
 - Масляная и пальмитиновая.
 - Масляная и олеиновая.
 - Линолевая и α -линоленовая.
 - Линолевая и стеариновая.
- Синтез жиров из углеводов в организме наиболее активно протекает в:
 - Кишечном тракте.
 - Печени.
 - Мышцах.
 - Почках.
- В составе гликолипидов вместе с остатками высших карбоновых кислот присутствуют:
 - Остатки фермента.
 - Углеводные фрагменты.
 - Ароматические радикалы.
 - Гетероциклические остатки.
- Основным ферментом, содержащимся в соке поджелудочной железы и осуществляющим гидролиз сложноэфирной связи в триацилглицеринах, является:
 - Амилаза.
 - Уреаза.
 - Липаза.
 - Каталаза.
- Интенсивный синтез жирных кислот, необходимых для образования жировой ткани, в организме протекает в:
 - Желудке.
 - Печени.
 - Почках.
 - Мышцах.
- Плазматические липиды, структурно связанные с белками, входящие в состав мембраны, называются:
 - Гликолипидами.
 - Липопротеинами.
 - Ацилглицеринами.
 - Фосфолипидами.
- Основным исходным веществом, из которого происходит синтез жирных кислот в организме, является:
 - Глюкоза.
 - Мочевина.
 - Этанол.
 - Глицин.
- Основными структурными соединениями, входящими в состав липидов, являются: Остатки углеводов.
 - Остатки жирных кислот.
 - Остатки ароматических соединений.
 - Остатки минеральных кислот.
- Многоатомный спирт, входящий в состав природных липидов, называется: Глицерин.
 - Сорбит.

- Б) Пропандиол-1,2.
 - В) Этиленгликоль.
10. Кислота, остаток которой входит в состав растительных жиров....
- А) олеиновая
 - Б) пальмитиновая
 - В) масляная
 - Г) маргариновая
11. Фосфолипиды отличаются от триацилглицеринов тем, что у них одна гидроксильная группа глицерина этерифицирована
- А) фосфорорганической кислотой
 - Б) высшим спиртом
 - В) фосфорной кислотой
 - Г) фосфористой кислотой.

10. Методические материалы для оценивания итоговых результатов обучения по дисциплине

Вопросы к зачету

Тема 1. Общие представления о липидах

1. Классификация липидов, основанная на структурных особенностях липидов. Основные классы липидов.
2. Простые липиды – ацилглицерины и воска. Сложные липиды – глицерофосфолипиды, сфинголипиды. Стероиды. Сульфолипиды, аминлипиды.
3. Запасные и структурные липиды. Липопротеины.
4. Предшественники и производные липидов: жирные кислоты, глицерол, стеролы и прочие спирты (помимо глицерола и стеролов), альдегиды жирных кислот, углеводороды, жирорастворимые витамины и гормоны. Химические свойства липидов.

Тема 2. Строение липидов.

1. Строение ацилглицеринов. Триацилглицерины, нумерация спиртовых групп. Диольные липиды.
2. Строение восков.
3. Строение фосфолипидов.
4. Глицерофосфолипиды: фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины, фосфатидил-серины.
5. Плазмалогены, кардиолипин.
6. Сфинголипиды. Гликолипиды.

Тема 3. Метаболизм липидов

1. Переваривание липидов в желудке. Переваривание липидов в кишечнике, всасывание липидов в кишечнике. Факторы, влияющие на всасывание липидов.
2. Липиды крови и липопротеиды.
3. Основные представления о метаболизме триацилглицеринов. Синтез триацилглицеринов.
4. Характеристика депонированных липидов. Регуляция синтеза и депонирования липидов. Мобилизация депонированных липидов и липидов печени.
5. Кетоновые тела и кетоз. Некоторые аспекты метаболизма липидов в организме.
6. Взаимоотношения процессов метаболизма липидов.
7. Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих.

Тема 4. Метаболизм структурных липидов

1. Тканевые липиды, их функции.
2. Распределение фосфолипидов и обмен, синтез.
3. Другие пути образования фосфатидилэтаноламина и фосфатидилхолина.
4. Типы фосфолипаз и их действие.
5. Сфинголипиды. Образование сфингозинов. Образование церамидов.
6. Образование сфингомиелинов. Образование гликосфинголипидов.
7. Синтез цереброзидов. Синтез ганглиозидов.
8. Сфинголипазы и нарушения метаболизма гликосфинголипидов.
9. Метаболизм стероидов и его контроль.
10. Источники холестерина в организме. Регуляция метаболизма холестерина.
11. Простагландины. Химические свойства. Биосинтез. Метаболизм.
12. Биологическое действие: простагландины и циклический АМФ; действие на сердечнососудистую систему; на водно-электролитный обмен; на нервную систему; на желудочно-кишечный тракт; на репродуктивную систему; бронхи, трахею и гладкие мышцы; воспалительное действие; иммуносупрессия. Антиоксидантная система клетки.
13. Гипотеза элементарной мембраны. Другие модели структуры мембран

Тема 5. **Жирные кислоты**

1. Жирнокислотный состав липидов живых организмов разных систематических групп.
2. Насыщенные и ненасыщенные кислоты.
3. Пространственная конфигурация ненасыщенных кислот.
4. Длинноцепочечные ненасыщенные кислоты.
5. Синтез жирных кислот de novo.

Тема 6. **Синтез жирных кислот**

Цитоплазматический механизм синтеза пальмитиновой кислоты.
 Образование малонил-КоА. Ацилпереносящий белок и трансацилазы.
 Стадии синтеза жирных кислот.
 Элонгация жирных кислот в митохондриях.
 Элонгация жирных кислот в микросомах.
 Синтез жирных окислителей, как источников восстановления нуклеотидов.
 Другие аспекты синтеза жирных кислот.
 Взаимопревращения жирных кислот: укорочение и удлинение углеродного скелета.
 Образование мононенасыщенных кислот.
 Образование и превращения полиеновых кислот.

Тема 7. **Метаболизм жирных кислот**

1. Особенности метаболизма жирных кислот в организме.
2. Внутриклеточный гидролиз липидов.
3. Цикл окисления жирных кислот. Активация жирных кислот и механизм, с помощью которого они проникают в митохондрии.
4. Первая стадия дегидрирования при окислении жирных кислот.
5. Стадия гидратации. Вторая стадия дегидрирования.
6. Стадия тиолитического расщепления. Баланс процесса.
7. Окисление ненасыщенных жирных кислот.
8. Кетоновые тела и их окисление.
9. Окисление кислот с нечетным числом атомов углерода.
10. Второстепенные пути окисления жирных кислот

Тема 8. **Роль липидов в адаптации организмов к условиям среды**

1. Клеточные мембраны. Жидкокристаллическое состояние мембран, как

- необходимое условие функционирования.
2. Роль жирнокислотного компонента мембран.
 3. Влияние температуры на биологические мембраны.
 4. Влияние давления на биологические мембраны.
 5. Роль липидов в природных адаптациях.
 6. Адаптивная роль липидов, не входящих в состав клеточных мембран: бурая жировая ткань; липиды, как регуляторы испарения воды; липиды как регуляторы плотности тела.
- Феномен биохимической преадаптации жирнокислотных спектров липидов к изменению температурного режима окружающей среды.

11. Учебная литература

Основная литература

1. Авдеева, Л.В. Биохимия: Учебник / Л.В. Авдеева, Т.Л. Алейникова, Л.Е. Андрианова . - М.: ГЭОТАР-МЕД, 2013. - 768 с.
2. Бокуть, С.Б. Биохимия филогенеза и онтогенеза: Учебное пособие / А.А. Чиркин, Е.О.
3. Данченко, С.Б. Бокуть; Под общ. ред. А.А. Чиркин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2012. - 288 с.
4. Бородин, А.П. Биохимия животных: Учебное пособие / А.П. Бородин. - СПб.: Лань, 2015. - 384 с.
5. Гидранович, В.И. Биохимия: Учебное пособие / В.И. Гидранович, А.В. Гидранович. - Мн.: ТетраСистемс, 2012. - 528 с.
6. Димитриев, А.Д. Биохимия: Учебное пособие / А.Д. Димитриев, Е.Д. Амбросьева. - М.: Дашков и К, 2013. - 168 с.
7. Зезеров, Е.Г. Биохимия (общая, медицинская и фармакологическая): Курс лекций / Е.Г. Зезеров. - Ереван: МИА, 2014. - 456 с.
8. Капилевич, Л.В. Биохимия человека.: Учебное пособие для вузов / Л.В. Капилевич, Е.Ю. Дьякова, Е.В. Кошельская. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 151 с.
9. Комов, В.П. Биохимия: Учебник / В.П. Комов, В.Н. Шведова. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 640 с.
10. Конопатов, Ю.В. Биохимия животных: Учебное пособие / Ю.В. Конопатов, С. Васильева. - СПб.: Лань, 2015. - 384 с.
11. Новиков, Н.Н. Биохимия растений / Н.Н. Новиков. - М.: Ленанд, 2014. - 680 с.
Beccaccioli M, Reverberi M, Scala V Fungal **lipids**: biosynthesis and signalling during plant-pathogen interaction. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2019 Vol. 24:172-185. PMID: 30468650
12. Mamode Cassim A, Gouguet P, Gronnier J, Laurent N, Germain V, Grison M, Boutté Y, Gerbeau-Pissot P, Simon-Plas F, Mongrand S. Plant **lipids**: Key players of plasma membrane organization and function. *Prog Lipid Res*. 2018. Vol.73 P. 1-27. doi: 10.1016/j.plipres.2018.11.002.
13. de Carvalho CCCR, Caramujo MJ. The Various Roles of Fatty Acids. *Molecules*. 2018. 23(10). pii: E2583. doi: 10.3390/molecules23102583. **Review**.
14. Robertson JL. The lipid bilayer membrane and its protein constituents. *J Gen Physiol*. 2018. Vol 150(11). P.1472-1483. doi: 10.1085/jgp.201812153. **Review**.
15. Wertz PW. **Lipids** and the Permeability and Antimicrobial Barriers of the Skin. *J Lipids*. 2018; 2018:5954034. doi: 10.1155/2018/5954034
16. Ikenouchi J. Roles of membrane **lipids** in the organization of epithelial cells: Old and new problems. *Tissue Barriers*. 2018. Vol. 6(2):1-8. doi: 10.1080/21688370.2018.1502531
17. Carobbio S, Guénantin AC, Samuelson I, Bahri M, Vidal-Puig A. Brown and beige fat: From molecules to physiology and pathophysiology. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*. 2019 Vol. 1864(1)P. 37-50. doi: 10.1016/j.bbali.2018.05.013.

18. Radi R. Oxygen radicals, nitric oxide, and peroxyxynitrite: Redox pathways in molecular medicine. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Vol. 115(23). P.5839-5848. doi:10.1073/pnas.1804932115.
19. Steensels S, Ersoy BA. Fatty acid activation in thermogenic adipose tissue. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*. 2019 Vol. 1864(1) P.:79-90. doi: 10.1016/j.bbalip.2018.05.008
20. Moi IM, Leow ATC, Ali MSM, Rahman RNZRA, Salleh AB, Sabri S. Polyunsaturated fatty acids in marine bacteria and strategies to enhance their production. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018. Vol. 102(14) P.5811-5826. doi: 10.1007/s00253-018-9063-9.
21. Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A **review**. *Life Sci*. 2018. Vol. 203. P. 255-267. doi: 10.1016/j.lfs.2018.04.049.
22. Fahy E, Cotter D, Sud M, Subramaniam S. Lipid classification, structures and tools. *Biochim Biophys Acta*. 2011 Nov;1811(11):637-47. doi: 10.1016/j.bbalip.2011.06.009. Epub 2011 Jun 16. PMID: 21704189; PMCID: PMC3995129.
23. Watson R.R., De Meester F. Lipids in human function. Fatty acids. ISBN 978-1-63067-036-8. 2016. AOCS Press: Elsevier Inc.
24. Bergé, JP., Barnathan, G. Fatty Acids from Lipids of Marine Organisms: Molecular Biodiversity, Roles as Biomarkers, Biologically Active Compounds, and Economical Aspects. In: Ulber, R., Le Gal, Y. (eds) *Marine Biotechnology I. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, vol 96. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/b135782>
25. Lipids in Aquatic Ecosystems. Martin Kainz, Michael T. Brett, Michael T. Arts (Eds.). Springer New York, NY. 2009. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-89366-2>

Дополнительная литература

1. Гартнер Л.П., Хайатт Д.Л. Цветной атлас по гистологии. М.: Логосфера, 2008. 480 с.
2. Жункейра Л.К., Карнейро Ж. Гистология: атлас. Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 576 с.
3. Забуга Г.А.. Экологическая биохимия: учебное пособие— Ангарск, 2006. - 30 с.
4. Крепс Е.М. Липиды клеточных мембран. Л.:Наука. 1981. – 339 с.
5. Кулинский В.И. Обезвреживание ксенобиотиков. // Соросовский общеобразовательный журнал 1999. №1.
6. Кюнель В. Цветной атлас по цитологии, гистологии и микроскопической анатомии. М.: АСТ:Астрель, 2007. 533 с.
7. Саврова О.Б., Еремина И.З. Терминологический словарь по цитологии, эмбриологии и общей гистологии. М.: РУДН, 2009. С. 152
8. Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983, 238 с.
9. Смирнов Л.П., Богдан В.В. Липиды в физиолого-биохимических адаптациях эктотермных организмов к абиотическим и биотическим факторам среды. М.: Наука. 2007. 182 с.
10. Смирнов Л.П., Богдан В.В. Температурная преадаптация жирнокислотных составов липидов у эктотермных организмов разной организации. *Журн. эвол. биохим. и физиол.* Т. 2006. Т. 42, № 2. С. 110-115.
11. Фокина Н.Н. Биохимические адаптации морских двустворчатых моллюсков к аноксии (обзор) / Н.Н. Фокина, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экспериментальная биология. – 2011. – №3. – С. 121–130.
12. Фокина Н.Н., Нефедова З.А., Немова Н.Н. Липидный состав мидий *Mytilus edulis* L. Белого моря. Влияние некоторых факторов среды обитания. Петрозаводск. Изд-во КарНЦ РАН, 2010. 242 с.
13. Френкель Д., Смит Б. Принципы компьютерного моделирования молекулярных систем. От алгоритмов к приложениям. М.: Научный мир, 2013. 578 с.

12. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронный ресурсы научной библиотеки КарНЦ РАН

[режим доступа: <http://library.krc.karelia.ru/>]

Электронная научная библиотека eLIBRARY.RU

[режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>]

Электронная научная библиотека Wiley Online Library

[режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/>]

Электронная научная библиотека издательства Springer

[режим доступа: <http://www.springer.com/gp/>]

Электронная научная библиотека издательства Elsevier

[режим доступа: <http://www.elsevier.com/>]

Библиографическая и реферативная база данных Scopus

[режим доступа: <http://www.scopus.com/>]

Национальная библиотека Республики Карелия

[режим доступа: <http://library.karelia.ru/>]

Медико-биологический информационный портал и поисковая система Medline

[режим доступа: <http://www.medline.ru/medsearch/>]

Национальная библиотека США по Медицине PubMed

[режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>]

13. Материально-техническое обеспечение

Оборудование для пробоподготовки, выделения веществ и органелл:

Холодильные и морозильные камеры, в т.ч. низкотемпературные, сосуды Дьюара СДСТ-35, IC 20 RX;

Гомогенизатор Qiagen Tissue Lyser LT (Qiagen, Германия);

Центрифуга Allegra 64R Centrifuge (BeckmanCoulter).

Ультрацентрифуга с набором роторов Optima Beckman LE 80 (BeckmanCoulter).

Центрифуга Rotina 35R (Hettich, Германия). Центрифуга с охлаждением на 24 места Eppendorf Centrifuge 5415R (Eppendorf, США).

Универсальный комплект микроволновой и фотолизной пробоподготовки.

Оборудование для тонкослойной, газожидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографий, предназначенное для анализа спектра липидов и состава жирных кислот:

Хроматограф газовый лабораторный "МАЭСТРО ГХ";

Жидкостный хроматограф изократический «Стайер» с компьютерным обеспечением (НПК «Аквилон»),

Газовый хроматограф «Хроматэк Кристалл-5000.2» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия),

Хроматограф газовый Agilent 7890A (Agilent Tech.);

Комплекс для высокоэффективной тонкослойной хроматографии, включающий аппликатор Linomat 5, автоматическую камеру для элюирования ADC2, сканер спектроденситометр TLC Scanner 4 с ПО visionCATS (CAMAG, Швейцария);

Оборудование для гистологических исследований:

Комплекс для гистологических исследований (MICROM).

14. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Access 2010 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition – программа для работы с базами данных;
2. Power Point 2007 – программа для создания презентаций.
3. Программное обеспечение в комплекте с научным оборудованием.

15. Критерии оценивания для итогового контроля по дисциплине

Результаты зачета оцениваются на «зачтено», «незачтено» по следующим основаниям:

«Зачтено» ставится, если ответ построен логично, в соответствии с планом, показано знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов и понятий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены примеры, показан аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.

«Незачтено» ставится, если ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, отвечающий не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.

Структура дисциплины "Биохимия липидов. Методы исследования липидов" по темам (разделам)

№	Наименование разделов или тем дисциплины	Всего час.	Контактная работа с преподавателем				Самостоятельная работа		
			Лекц.	Практ	Сем.	Виды текущ. Контроля	Час.	Виды занятий	Виды текущ. Контроля
1	Классификация липидов. Основные классы липидов. Предшественники и производные липидов. Химические свойства липидов. Содержание липидов различных групп в тканях и органах животных	16	2		2	Устный опрос по теме "Использование биохимических методов исследования липидов в экологической биохимии"	12	Подготовка реферата на тему "современные методы анализа липидов"	Проверка реферата
2	Строение ацилглицеринов. Триацилглицерины, нумерация спиртовых групп. Диольные липиды. Строение восков. Строение фосфолипидов. Глицерофосфолипиды: фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины (диацильная и плазмалогенная формы), фосфатидилсерины, фосфатидилинозитолы, плазмалогены, кардиолипин. Сфинголипиды. Гликолипиды	20	2	4	2	Беседа по теме занятия "Значение разных групп липидов в адаптациях животных"	12	Работа с литературой	Собеседование
3	Переваривание липидов в желудке. Липиды крови и липопротеиды. Основные представления о метаболизме триацилглицеринов. Некоторые аспекты метаболизма липидов в организме. Взаимоотношения процессов метаболизма липидов. Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих. Особенности метаболизма липидов животных различных филогенетических групп	20	2	4	2	Занятие- дискуссия на тему "Вариабельность жирнокислотных спектров липидов у разных групп организмов"	12	Подготовка контрольной работы	Проверка выполненной работы

4	Тканевые липиды, их метаболизм и функции. Регуляция метаболизма липидов. Простагландины. Химические свойства. Биосинтез. Метаболизм. Биологическое действие: простагландины и циклический АМФ; Гипотеза элементарной мембраны. Другие модели структуры мембран.	10	2	6	2	Беседа по теме занятия "Роль холестерина в адаптации мембранных структур эктоtherмного организма"			
5	Номенклатура, свойства, метаболизм и значение жирных кислот. Методы определения жирных кислот: газожидкостная хроматография, УФ-, ИК-, КР-спектроскопия. ЯМР спектроскопия. Масс-спектрометрия.	16	2	2	2	Занятие дискуссия на тему" Синтез жирных кислот de novo. Элонгация насыщенных жирных кислот"	10	Подготовка к семинарам	
6	Жирнокислотный состав липидов живых организмов разных систематических групп (эктоtherмные и эндотермные организмы). Насыщенные и ненасыщенные кислоты. Пространственная конфигурация ненасыщенных кислот. Длинноцепочечные ненасыщенные кислоты. Синтез жирных кислот de novo.	38	2	10	2	Беседа по теме: "Особенности метаболизма жирных кислот в организме"	24	Работа с литературой, подготовка к семинарам	Проверка списка литературы
7	Синтез жирных кислот. Взаимопревращения жирных кислот: укорочение и удлинение углеродного скелета. Образование мононенасыщенных кислот. Образование и превращения полиеновых кислот	24	2	8	2	дискуссия по теме: "Семейства линолевой и линоленовой кислот. Докозагексаеновая кислота"	12		

8	<p>Особенности метаболизма жирных кислот в организме. Внутриклеточный гидролиз липидов. Цикл окисления жирных кислот. Баланс процесса. Окисление ненасыщенных жирных кислот. Кетоновые тела и их окисление. Окисление кислот с нечетным числом атомов углерода. Второстепенные пути окисления жирных кислот</p>	18	2		2	Беседа по теме "Биохимические адаптации животных к температуре"	14	Подготовка к семинару-дискуссии	Ознакомление с подготовленными материалами
9	<p>Клеточные мембраны. Жидкокристаллическое состояние мембран, как необходимое условие функционирования. Роль жирнокислотного компонента мембран. Влияние температуры на биологические мембраны. Влияние давления на биологические мембраны. Роль липидов в природных адаптациях. Феномен биохимической преадаптации жирнокислотных спектров липидов к изменению температурного режима окружающей среды.</p>	16	2		2	Беседа по теме "Эколого-биохимическое тестирование и мониторинг ксенобиотиков в тканях на уровне липидных и жирнокислотных спектров"	12	Работа с литературой	Ознакомление с подготовленными материалами
10	Зачет	2			2		0		
11	ИТОГО	180	18	36	18		108		