

жиры и там упаковываются в сферосомы. Жиры являются источником энергии (при расщеплении 1 г жира выделяется 38,9 кДж тепла); подкожный жировой слой — хороший терморегулятор; входя в состав мембран и обеспечивая их полупроницаемость, жиры выполняют строительную функцию; кроме того, они являются компонентами витаминов, растительных пигментов (каротиноидов), источником воды для животного организма.

Липоиды — жироподобные вещества (см. схему б). Как гидрофобные соединения, липоиды нормализуют работу клеточных мембран. Они входят в состав всех клеток и тканей. Особенно много их в желтке яиц, в мозговой и нервной ткани, эритроцитах, коре надпочечников, сперматозоидах и т. д.

Липопротеины — соединения липидов с белками.

Воски — один из классов липидов; сложные эфиры высших жирных кислот и одноатомных высокомолекулярных спиртов (т. е. спиртов, имеющих длинный углеродный скелет и одну —ОН группу).

Сфинголипиды — липиды, в построении которых участвует спирт сфингозин. (Он содержит две —ОН группы, одну аминогруппу —NH₂ и длинный углеводородный хвост.) Некоторые сфинголипиды содержат остаток фосфорной кислоты и поэтому могут быть отнесены к классу фосфолипидов.

Фосфолипиды — липиды, имеющие в своем составе остаток фосфорной кислоты. Наиболее распространены фосфолипиды — производные жиров, хотя и встречаются фосфолипиды — производные других спиртов.

Гликолипиды — соединения липидов с углеводами.

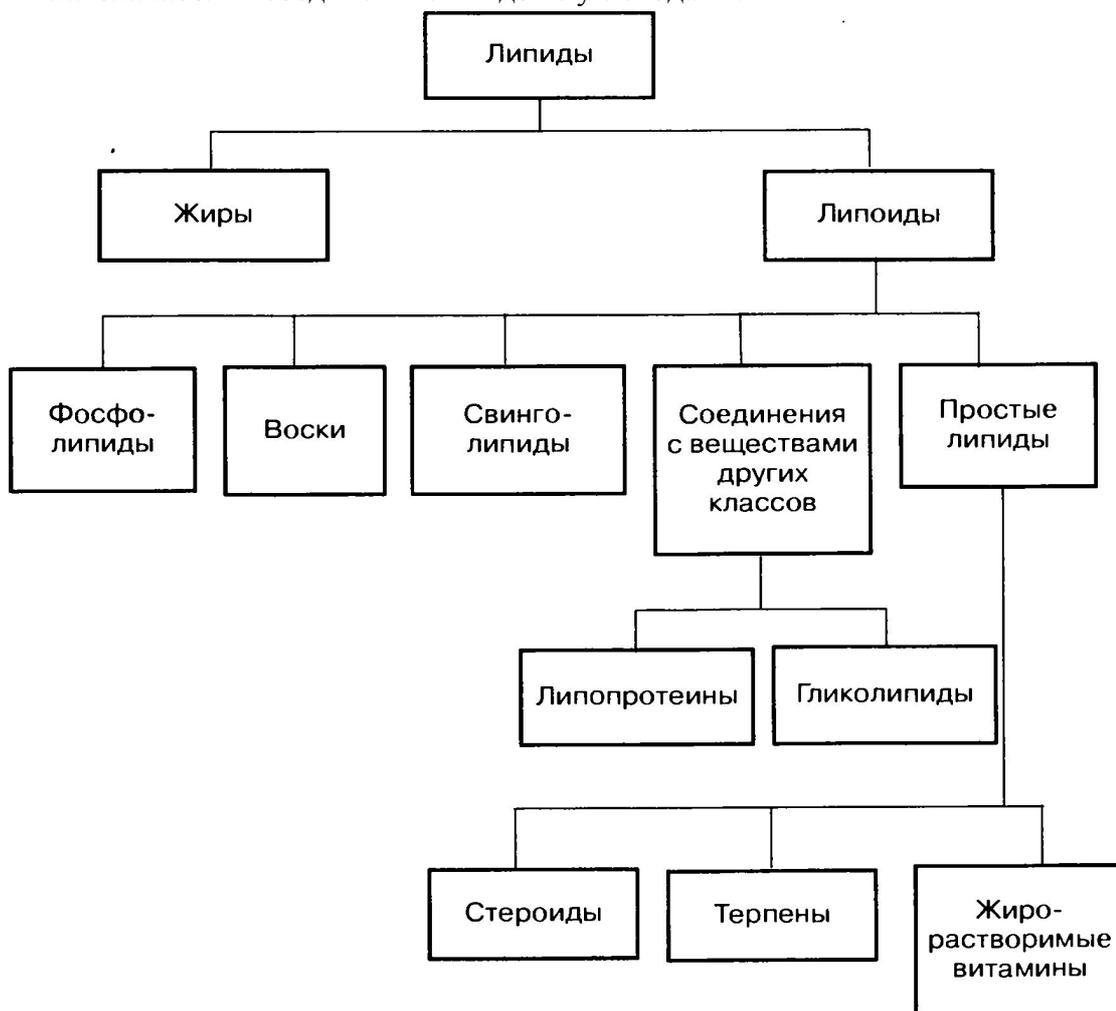


Схема 1 – Классификация липидов

Таблица 12. Основные функции липидов

Функция	Уровень организации	Примеры
Энергетическая	Клеточный	Жиры – наилучший источник энергии: при окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. У позвоночных примерно половина всей энергии, потребляемой в состоянии покоя, образуется за счет окисления жирных кислот, входящих в состав жиров.
резервная	Организменный	1. Источник энергии для синтеза АТФ: жиры являются основным запасным веществом у животных. 2. Источник метаболической воды.
Структурная	Клеточный	1. Двойной слой фосфолипидов является основой клеточной мембраны. 2. Стероид холестерин входит в состав животных клеток (производные холестерина составляют до 60% всех липидов эритроцитов) 3. В состав мембран клеток некоторых тканей входят также липопротеины и гликолипиды.
	Тканевый и органнй	1. Гликолипиды – производные сфингозина – участвуют в межклеточных контактах в тканях, являясь молекулярными рецепторами. 2. Различные фосфолипиды необходимы для нормального функционирования нервной ткани и содержатся там в значительных количествах. 3. Сфинголипиды обеспечивают электрическую изоляцию поверхности аксона в миелинизированных нервных волокнах, создавая условия для быстрого прохождения импульса по перехватам Ранвье. 4. Желчные кислоты и их соли являются производными холестерина. 5. Липопротеины являются транспортной формой липидов в организме млекопитающих. 6. Зрительный пурпур глаза ² является липопротеином.
Защитная	Тканевый	Гликолипиды – производные сфингозина – участвуют в распознавании (рецепции) и связывании токсинов возбудителей опасных болезней – ботулизма, столбняка, холеры, дифтерии.
	Организменный	Подкожный жир млекопитающих выполняет функцию термоизоляции и амортизации (т.е. защиты от механических повреждений).
Регуляторная	Организменный	1. Производными холестерина являются многие гормоны: половые (тестостерон у мужчин,

²Родопсин (зрительный пурпур) - основной зрительный пигмент. Содержится в палочках сетчатки глаза

		прогестерон у женщин), адренкортикотропные (альдостерон, кортикостерон, кортизон). 2. Жирорастворимые витамины (А, D, Е, К) необходимы для роста и развития организма. 3. Сердечные гликозиды являются простыми липидами (стероидами)
--	--	---

Физико-химические свойства липидов

Насыщенные жирные кислоты образуют триглицериды, имеющие при обычной температуре твердую консистенцию. Ненасыщенные жирные кислоты образуют триглицериды, имеющие при тех же условиях жидкую консистенцию – животные жиры (например, рыбий жир) и подавляющее большинство растительных масел. В жире человека, плавящемся при температуре 15 °С (при температуре тела он жидкий), содержится 70 % олеиновой кислоты. Плотность подавляющего числа жиров находится в пределах 0,910–0,945.

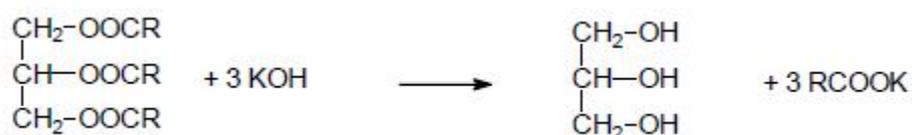
Температура плавления твердых жиров возрастает с числом углеродных атомов входящих в их состав жирных кислот. Поскольку жиры представляют сложные смеси разных триглицеридов, точка плавления и температура застывания обычно не бывает четко выраженной.

Температура кипения жиров не может быть определена, поскольку при нагревании до 250 °С они разрушаются с образованием из глицерина сильно раздражающего слизистые оболочки глаз альдегида акролеина. Показатель преломления и число рефракции тем выше, чем больше содержится в жире триглицеридов ненасыщенных кислот.

Химические свойства липидов

Химические свойства жиров проявляются в их способности к омылению, прогорканию, высыханию и гидрогенизации.

Омыление. Триглицериды жирных кислот способны к превращениям, характерным для сложных эфиров. Под влиянием едких щелочей происходит расщепление эфирных связей, в результате чего образуются свободный глицерин и щелочные соли жирных кислот (мыла):



Реакция омыления широко используется для приготовления бытовых и медицинских мыл, а также для выяснения состава жиров и их доброкачественности. С этой целью определяют **число омыления**.

Число омыления – это количество миллиграммов едкого калия (KOH), необходимое для нейтрализации свободных и связанных в виде триглицеридов жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Количество КОН, которое требуется для омыления 1 г жира, зависит от молекулярной массы входящих в его состав жирных кислот. Чем больше молекулярная масса жирных кислот, тем меньше молекул триглицеридов будет в 1 г жира и, следовательно, меньше КОН пойдет на омыление. Таким образом, число омыления характеризует молекулярный состав жира. (В количество КОН, идущего на омыление 1 г жира, включается также количество щелочи, затраченное на нейтрализацию свободных жирных кислот).

Прогоркание. Этот сложный химический процесс происходит при хранении жира в неблагоприятных условиях (доступ воздуха и влаги, свет, тепло), в результате чего жиры приобретают горьковатый вкус и неприятный запах. Если жиры в этих условиях подвергаются действию фермента липазы, то происходит их разложение, аналогичное реакции омыления. Этот вид порчи жира легко контролируется по величине **кислотного числа** (КЧ). Доброкачественные жиры содержат небольшое количество свободных жирных кислот.

Кислотное число – это количество миллиграммов едкого кали (КОН), которое необходимо для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

С помощью других констант можно определить природу содержащихся в масле свободных жирных кислот. Так, по **числу Рейхерта–Мейсля** можно судить о количестве летучих растворимых в воде кислот, а по **числу Поленске** – о количестве летучих кислот, нерастворимых в воде.

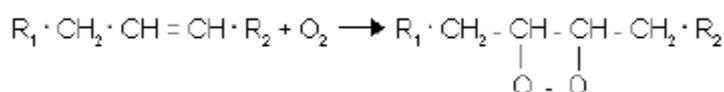
Число Рейхерта–Мейсля – количество миллилитров 0,1 М раствора едкого кали, необходимое для нейтрализации летучих растворимых в воде жирных кислот, полученных при строго определенных условиях из 5 г жира.

Число Поленске – количество миллилитров 0,1 М раствора едкого кали, необходимое для нейтрализации нелетучих, нерастворимых в воде жирных кислот, полученных при строго определенных условиях из 5 г жира. Устанавливается вслед за определением летучих кислот в той же навеске жира. Выпавшие жирные кислоты переводят в спиртовой раствор и титруют 0,1 М спиртовым раствором едкого калия.

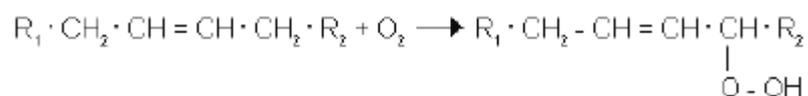
К числу летучих кислот относятся масляная, капроновая, каприловая и каприновая кислоты. Из них растворимы в воде масляная и капроновая, нерастворимы – каприловая и каприновая.

Для более точного представления о количестве содержащихся в жирах глицеридов из числа омыления вычитают кислотное число и получают так называемое **эфирное число** (ЭЧ), которое характеризует только связанные жирные кислоты.

Иногда прогоркание жиров зависит от жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих окисление отщепленных жирных кислот в кетоны или альдегиды. Однако чаще всего прогоркание жиров обуславливается окислением ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха. Последний может присоединяться по месту двойных связей, образуя перекиси.



Кислород может присоединяться также и к углеродному атому, соседнему с двойной связью, образуя гидроперекиси

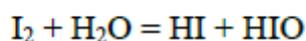


Образовавшиеся перекиси и гидроперекиси подвергаются разложению с появлением альдегидов и кетонов. Для характеристики окислительного прогоркания жира используется константа, известная под названием *перекисное число*.

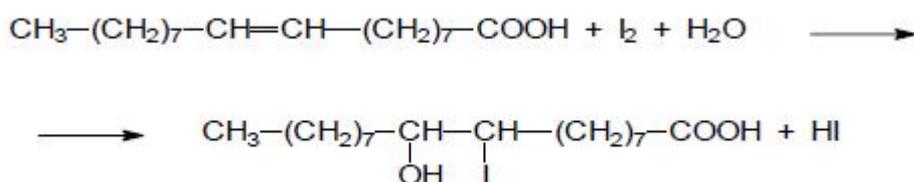
Перекисное число – количество граммов йода, которое может прореагировать с активным водородом перекисей, содержащихся в 100 г жира.

Высыхание. Намазанные тонким слоем жидкие жиры ведут себя на воздухе по-разному: одни остаются без изменения жидкими, другие, окисляясь, постепенно превращаются в прозрачную смолоподобную эластичную пленку – линоксин, нерастворимую в органических растворителях. Масла, не образующие пленку, называются *невысыхающими*. Главной составной частью в таких маслах являются глицериды олеиновой кислоты. Масла, образующие плотную пленку, называются *высыхающими*. Главной составной частью в таких маслах являются глицериды линоленовой кислоты. Масла, образующие мягкие пленки, называются *полувсыхающими*. Главной составной частью в таких маслах являются глицериды линолевой кислоты.

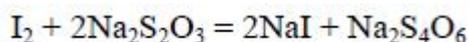
Надежным способом выявления высыхаемости масел служит определение *йодного числа*. Известно, что все непредельные кислоты, в том числе и жирные, способны присоединять по месту двойной связи галогены. Чем больше в жирных кислотах будет двойных связей, тем больше присоединится галогена. Для аналитических целей обычно используют йод. Метод определения йодного числа основан на действии спиртового раствора йода в присутствии воды:



В обычных условиях эта реакция почти не идет, но, когда образующаяся йодноватистая кислота расходуется на присоединение по месту двойных связей, реакция идет легко и быстро:



Обычно прибавляемый избыток йода оттитровывается раствором тиосульфата натрия по реакции:



Йодное число – количество граммов йода, которое поглощается 100 г жира.

Таким образом, по величине йодного числа можно легко установить, к какой группе по степени высыхаемости относится то или иное масло.

Гидрогенизация. К двойным связям, помимо галогенов, легко присоединяется также водород. В результате такого присоединения жирные кислоты из ненасыщенных переходят в насыщенные; жиры при этом приобретают плотную консистенцию. Реакция гидрогенизации широко используется для получения плотных жиров из растительных

масел. Среди них имеются пищевые жиры (маргарин, саломас) и жиры, используемые в фармацевтике (основы для мазей и суппозиториев) и космецевтике.

Физико-химические методы

Определение числа рефракции

Число рефракции жира определяют по показателю преломления. Показатель преломления зависит от жирно-кислотного состава триглицеридов жиров и масел. Чем больше в состав жира входит ненасыщенных кислот и чем выше их молекулярный вес, тем выше показатель преломления и число рефракции. Показатель преломления жира измеряют на специальном приборе – рефрактометре.

Фракционирование липидов методом тонкослойной хроматографии

Для проведения опыта используют экстракт липидов, выделенных из биологического материала.