

Т.П.ИЛЬЕНКО-ПЕТРОВСКАЯ

Э.Ф.БУХТАРЕВА

ТОВАРОВЕДЕНИЕ

ПИЩЕВЫХ

ЖИРОВ,

МОЛОКА

И МОЛОЧНЫХ

ТОВАРОВ



ЭКОНОМИКА

Т.П.ИЛЬЕНКО-ПЕТРОВСКАЯ

Э.Ф.БУХТАРЕВА

ТОВАРОВЕДЕНИЕ

ПИЩЕВЫХ

ЖИРОВ,

МОЛОКА

И МОЛОЧНЫХ

ТОВАРОВ

Допущено Министерством торговли
СССР в качестве учебника для студен-
тов товароведных факультетов торго-
вых вузов



МОСКВА

«ЭКОНОМИКА»

1980

ББК 65.9(2)421.5
И45

И $\frac{10808^* - 108}{011(01) - 80} 128 - 80. \quad 3503000000$

*** Книга имеет второй книготорговый индекс 31700.**

© Издательство «Экономика», 1980

ПИЩЕВЫЕ ЖИРЫ

Пищевые жиры — необходимая составная часть сбалансированного рациона питания человека: на их долю должно приходиться около 30 % общей энергетической ценности пищи. Жиры используются организмом в качестве резервного вещества, как источник энергии, так как в отличие от углеводов и белков они обладают высокой энергетической ценностью — 37,7 кДж/г (углеводы — 15,7 кДж/г, белки — 16,7 кДж/г). Они участвуют также в построении клеток. Вместе с жирами организм получает ряд физиологически важных веществ: фосфатиды, незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, стерины.

Институтом питания АМН СССР разработаны научно обоснованные нормы потребления жиров: взрослому человеку в сутки необходимо 80—100 г жиров, т. е. 34,6 кг в год. Рекомендуется следующий набор жиров:

	В сутки, г	В год, кг
Масло сливочное	20	7,3
Масло растительное	25	9,1
Животные жиры	20	7,3
Маргарин, кулинарные жиры . . .	30	11

Помимо непосредственного употребления в пищу, натуральные жиры (растительные и животные) используют в производстве маргарина, майонеза, кулинарных, кондитерских и хлебопекарных жиров. Жиры служат также сырьем для выработки мыла, олиф, лаков, красок, производства косметических изделий, медицинских препаратов.

Производство пищевых жиров занимает значительное место в пищевой промышленности нашей страны.

Растительные масла, маргарин, кулинарные, кондитерские и хлебопекарные жиры вырабатываются на предприятиях масложировой промышленности, а топленые животные жиры — на предприятиях мясной промышленности.

Выпуск продукции масложировой промышленности должен возрасти на основе увеличения закупок таких масличных культур, как подсолнечник, хлопчатник и соя. При этом особое внимание уделяется производству сои, которая становится одним из основных источников получения кормового, а в перспективе и пищевого растительного белка.

В настоящее время наиболее распространен экстракционный метод получения растительных масел. Однако и прессовым способом все еще перерабатывается значительное количество масличного сырья, при этом теряются тысячи тонн растительных масел. В перспективе намечено производство растительных масел перевести в основном на метод экстракции. Это обеспечит не только увеличение выхода, но и улучшение качества масла и шрота. Предполагается также дальнейшее увеличение производства фосфатидов, которые получают при гидратации растительных масел как самостоятельный продукт, широко используемый для пищевых и кормовых целей. К 1985 г. все вырабатываемое на маслозаводах масло (за исключением хлопкового) должно подвергаться гидратации с получением товарных фосфатидов.

На основе научных исследований постоянно совершенствуются технология и оборудование для производства маргарина. Выработка маргариновой продукции в дальнейшем будет увеличена, продолжится работа по улучшению ее качества. Выпуск маргарина высших сортов, а также улучшенных бутербродных маргаринов, в том числе со Знаком качества, значительно возрастет. Расширится ассортимент маргариновой продукции. Так, намечено начать производство наливных бутербродных и низкокалорийных диетических маргаринов, причем наливного маргарина в полимерной таре. Значительно возрастет выработка фасованной продукции — не менее 80% фонда розничной реализации.

Совершенствуется техника производства и расширяется ассортимент кулинарных, кондитерских и хлебопекарных жиров.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИРОВ

Общая характеристика состава жиров

Натуральные растительные масла и животные жиры не являются химически чистыми веществами. Они представляют собой смесь триглицеридов (собственно жиры) и сопутствующих им веществ.

Необходимо иметь в виду, что термину «жиры» часто придают различный смысл. В обиходе им обозначают большую группу пищевых продуктов: растительные масла, животные жиры, маргарин, сливочное масло, кулинарные жиры. В органической химии термин «жиры» применяют для обозначения глицеридов — соединений, являющихся сложным эфиром глицерина и жирных кислот. В химии жиров — разделе органической химии — это общее понятие конкретизировано и под собственно жирами понимают не глицериды вообще, а именно триглицериды, т. е. соединения глицерина с тремя молекулами жирных кислот. Соединения глицерина с одной (моноглицериды) или двумя (диглицериды) молекулами жирных кислот являются продуктами частичного гидролиза триглицеридов либо неполного синтеза их.

Собственно жиры (триглицериды) и сопутствующие им вещества, а также ряд других веществ, происхождение которых не связано с жирами, объединяют под общим названием липиды (от греч. *lipos* — жир). Понятие липиды, включающее всю сумму веществ, входящих в состав натуральных растительных и животных жиров (как глицериды, так и разнообразные сопутствующие вещества), более общее, чем понятие жиры.

Липиды — это группа веществ, разнообразных по химическому составу и структуре, но обладающих некоторыми общими свойствами: нерастворимостью в воде, способностью растворяться в органических растворителях, высокой молекулярной массой основных структурных элементов, физиологической активностью.

Понятие липиды не имеет точной химической характеристики и единой классификации. Наиболее распространена классификация на основе химического состава липидов, приведенная в книге проф. Б. Н. Тютюнникова¹. По этой классификации

¹ Тютюнников Б. Н. Химия жиров. М., Пищевая промышленность, 1974, с. 5.

липиды делят на простые (не содержащие фосфора и азота), сложные (содержащие фосфор, азот, иногда серу) и циклические.

К простым липидам относятся глицериды. Глицериды (точнее — триглицериды) — основная часть жиров. На их долю приходится 95—98%, а остальные 5—2% — сопутствующие триглицеридам вещества. В эту же группу входят церины (составляющие основу восков), микрозиды, церолы, а также углеводороды жирного ряда (сквален, терпены).

В группу сложных липидов входят: фосфатиды — сложные эфиры спиртов, жирных кислот и фосфорной кислоты, которая может быть связана с азотистым основанием; гликозидолипиды — соединения сахаров, высокомолекулярной жирной кислоты и аминок спирта (иногда аминокислоты); липопротеиды — соединения белков с липидами.

К циклическим относятся липиды, содержащие компоненты с циклической структурой молекул, например стерины (стеролы) и их эфиры (стериды) с высокомолекулярными алифатическими (или жирными) кислотами.

Большинство липидов находится в растительных и животных организмах в сравнительно небольшом количестве (в пределах нескольких процентов). В больших количествах, как уже отмечалось, встречаются триглицериды.

Основными структурными элементами триглицеридов являются трехатомный спирт глицерин и жирные кислоты. Глицерин — неизменная составляющая молекул триглицеридов в отличие от жирных кислот. Физические и химические свойства триглицеридов определяются составом, структурой и расположением в молекуле жирных кислот.

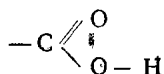
Рассмотрим основные составляющие молекул триглицеридов.

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

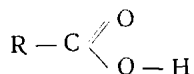
Жирные кислоты входят в состав молекул различных групп липидов: триглицериды почти на 90% состоят из жирных кислот; они являются составной частью фосфатидов и восков, стеринов и витаминов.

Жирные кислоты природных глицеридов, как правило, принадлежат к классу алифатических прямоцепочечных одноосновных карбоновых кислот. Алифатические карбоновые кислоты называют жирными кислотами, так как многие из них встречаются в жирах и были выделены из последних.

Жирные, или карбоновые, кислоты содержат карбоксильную группу и в общем виде обозначаются формулой RCOOH , где R — углеводородный, или жирнокислотный, радикал, а COOH — карбоксильная группа, или карбоксил. Карбоксильным группам приписывают строение



Следовательно, общая формула жирных кислот будет иметь вид



В монографии проф. А. Л. Маркмана¹ наиболее полно и четко представлена классификация жирных кислот, встречающихся в натуральных жирах и восках (табл. 1).

Наряду с алифатическими прямоцепочечными кислотами в глицеридах встречаются, но значительно реже, кислоты с разветвленной цепью (изокислоты, которые в качестве отщепления чаще всего содержат метильную группу — CH_3), а также алициклические кислоты (с предельным пяти- или трехчленным кольцом).

Прямоцепочечные алифатические карбоновые кислоты, содержащиеся в глицеридах природных жиров, могут быть насыщенными (предельными) и ненасыщенными (непредельными), с четным и нечетным числом углеродных атомов. Жирные кислоты с нечетным числом углеродных атомов имеются, например, в растительных маслах в сравнительно небольших количествах. Обнаружены они были методами газожидкостной хроматографии.

Также редко встречаются в природных глицеридах двухосновные кислоты, содержащие две карбоксильные группы COOH , и кислоты, содержащие в радикале функциональные группы (окси-, кето- и эпокси-).

В жирах содержатся жирные кислоты с числом углеродных атомов от 6 до 26 (в молочных жирах начиная от C_4). В наиболее распространенных в нашей стране подсолнечном, хлопковом, соевом, арахисовом, льняном маслах и животных жирах до 95% составляют жирные кислоты с 18 углеродными атомами (высокомолекулярные жирные кислоты). Низкомолекулярные кислоты (от C_6 до C_{14}) встречаются обычно в жирах в небольшом количестве.

Насыщенные (предельные) жирные кислоты. Общая формула этих кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$. Кислоты этого гомологического ряда приведены в табл. 2 (от C_4 до C_{20}).

Физические свойства насыщенных жирных кислот различны и изменяются в зависимости от их молекулярной массы.

Низкомолекулярные жирные кислоты, например муравьиная, уксусная, пропионовая, представляют собой легкоподвижные жидкости с резким запахом. Средние члены этого ряда — масляная, капроновая, каприловая кислоты — маслянистые жидкости с неприятным прогорклым запахом. Высокомолекулярные жирные кислоты, например пальмитиновая, стеариновая, арахисовая, твердые кристаллические вещества без запаха.

¹ Маркман А. Л. Химия липидов. Вып. I. Ташкент, Фан, 1963, с. 14.

Классификация кислот	Общая формула	Формула и название представителя
----------------------	---------------	----------------------------------

Насыщенные, или предельные, кислоты (алкановые)

Кислоты прямые- почечные (нормаль- ного строения): одноосновные . . .	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$ пальмити- новая
двухосновные . . .	$C_nH_{2n-2}O_4$	$HOOC(CH_2)_2COOH$ янтарная
Кислоты с развет- вленной цепью (изокислоты) . . .	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3-CH-(CH_2)COOH$ изо- $\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}$ валерьяновая

Ненасыщенные, или непредельные, кислоты

Кислоты прямые- почечные (нор- мального строе- ния): с двойными свя- зями (алкеновые) с одной — моное- новые	$C_nH_{2n-2}O_2$	$CH_3(CH_2)_7CH=$ $=CH(CH_2)_7COOH$ олеиновая
полиеновые: с двумя — диено- вые	$C_nH_{2n-4}O_2$	
с тремя — триено- вые	$C_nH_{2n-6}O_2$	
с четырьмя — тет- раеновые	$C_nH_{2n-8}O_2$	
с пятью — пентае- новые	$C_nH_{2n-10}O_2$	
с шестью — гексае- новые	$C_nH_{2n-12}O_2$	
с тройными свя- зями (алкиновые)	$CH_3(CH_2)_n \cdot C \equiv C \cdot$ $\cdot COOH$	$CH_3-(CH_2)_{10}-C \equiv$ $\equiv C-(CH_2)_4-COOH$ таририновая
Кислоты разветвлен- ные непредельные	$C_nH_{2n-2}O_2$	$CH_3(CH_2)_{17}CH \cdot CH_2CHCH=$ $\begin{array}{c} \quad \quad \\ CH_3 \quad \quad CH_3 \\ =C \cdot COOH \end{array}$ $\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}$ фриеновая (миколипеновая)
Кислоты алицикли- ческие	$\begin{array}{c} CH=CH \\ \quad \quad \\ CH_2-CH_2 \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ CH(CH_2)_n \end{array} COOH$	$\begin{array}{c} CH=CH \\ \quad \quad \\ CH_2-CH_2 \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ COOH \end{array}$ алеполовая

Классификация кислот	Общая формула	Формула и название представителя
<i>Кислоты с дополнительными функциональными группами</i>		
Оксикислоты: предельные моно- оксикислоты . . . полиоксикислоты	$C_nH_{2n}O_3$	$CH_3CH(OH)COOH$ молочная $CH_3(CH_2)_7CH(OH)CH(OH)(CH_2)_7COOH$ 9,10-диоксистеариновая
непредельные ок- сикислоты		$CH_3(CH_2)_5CH(OH)CH_2CH \equiv CH(CH_2)_7COOH$ рицинолевая
Кетокислоты		$CH_3(CH_2)_{11}CO(CH_2)_4COOH$ 6-кетостеариновая
Эпоксикислоты . . .		$CH_3(CH_2)_4CH \begin{array}{c} \diagup O \diagdown \end{array} CHCH_2CH:CH$ вернолевая

Температура кипения жирных кислот возрастает с увеличением молекулярной массы.

Летучие жирные кислоты — это кислоты с небольшой молекулярной массой (до каприновой кислоты включительно), перегоняющиеся при атмосферном давлении без разложения.

Таблица 2

Название кислоты		Формула	Молекулярная масса	Плотность d_4^{25} , кг/м ³ , при температуре, °С, обозначенной в скобках
по Женевской номенклатуре	тривиальное			
Бутановая	Масляная	$C_4H_8O_2$	88,10	0,959 (20)
Пентановая	Валерьяновая	$C_5H_{10}O_2$	102,13	0,942 (20)
Гексановая	Капроновая	$C_6H_{12}O_2$	116,15	0,929 (20)
Гептановая	Гептиловая	$C_7H_{14}O_2$	130,18	0,922 (20)
Октановая	Каприловая	$C_8H_{16}O_2$	144,21	0,910 (20)
Нонановая	Пеларгоновая	$C_9H_{18}O_2$	158,23	0,907 (20)
Декановая	Каприновая	$C_{10}H_{20}O_2$	172,26	0,895 (30)
Ундекановая	Ундециловая	$C_{11}H_{22}O_2$	186,29	0,991 (25)
Додекановая	Лауриновая	$C_{12}H_{24}O_2$	200,31	0,883 (20)
Тридекановая	Тридециловая	$C_{13}H_{26}O_2$	214,34	0,846 (80)
Тетрадекановая	Миристиновая	$C_{14}H_{28}O_2$	228,36	0,858 (80)
Пентадекановая	Пентадециловая	$C_{15}H_{30}O_2$	249,39	0,842 (80)
Гексадекановая	Пальмитиновая	$C_{16}H_{32}O_2$	256,42	0,853 (62)
Гептадекановая	Маргариновая	$C_{17}H_{34}O_2$	270,44	0,853 (60)
Октадекановая	Стеариновая	$C_{18}H_{36}O_2$	284,47	0,847 (69)
Нонадекановая	Нонадециловая	$C_{19}H_{38}O_2$	298,49	0,877 (24)
Эйкозановая	Арахниновая	$C_{20}H_{40}O_2$	312,52	0,824 (100)

Жирные кислоты с более высокой молекулярной массой, которые перегоняются без разложения только под вакуумом или с перегретым водяным паром, носят название нелетучих кислот.

Температура плавления в гомологическом ряду возрастает, но неравномерно.

Кислоты с четным числом углеродных атомов плавятся при более высокой температуре, чем кислоты с нечетным числом углеродных атомов, следующие за ними в гомологическом ряду, т. е. имеющие на один атом углерода больше. Например, пальмитиновая кислота имеет температуру плавления $63,1^{\circ}\text{C}$, а маргаиновая — $61,3^{\circ}\text{C}$.

Температура застывания предельных жирных кислот обычно несколько ниже температуры плавления.

Различие между насыщенными карбоновыми кислотами с четным и нечетным числом углеродных атомов проявляется не только в температуре плавления, но и в химических и даже биологических свойствах их.

Растворимость в воде с возрастанием молекулярной массы уменьшается. Так, уксусная и масляная кислоты смешиваются с водой во всех соотношениях, а растворимость каприновой кислоты не превышает 1%.

Насыщенные жирные кислоты растворяются в спиртах, ацетоне, ледяной уксусной кислоте, бензине, хлорированных углеводородах, петролейном и диэтиловом эфирах. При этом наблюдается также понижение растворимости с увеличением длины углеводородного радикала кислоты.

Плотность насыщенных жирных кислот (см. табл. 2) и число нейтрализации уменьшаются с увеличением их молекулярной массы.

Химические свойства насыщенных жирных кислот определяются карбоксильной группой и длиной углеводородного радикала кислоты. Наиболее характерными являются реакции замещения, в которых гидроксильная группа замещается другими атомными группами или отдельными атомами, например Cl, SH, NH_2 , N_3 , NHOH . Насыщенные жирные кислоты неспособны к реакциям присоединения.

Рассмотрим краткие характеристики некоторых насыщенных жирных кислот.

Масляная кислота $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ — бесцветная жидкость с резким запахом. Входит в состав коровьего масла в виде глицериновых эфиров. В свободном состоянии ее обнаруживают в прогорклом масле, а также в мышцах и поте животных.

Капроновая кислота $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ — бесцветная маслянистая жидкость с резким неприятным запахом. Содержится в коровьем, кокосовом и пальмовом маслах.

Каприловая кислота $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ — бесцветная жидкость с запахом пота. Входит в состав молочного жира, кокосового и пальмового масел.

Каприновая кислота $C_{10}H_{20}O_2$ — белое кристаллическое вещество. Она имеется в кокосовом, коровьем, пальмовом и спермацетовом маслах.

Лауриновая кислота $C_{12}H_{24}O_2$ — твердое кристаллическое вещество в виде игл. Широко распространена в природных жирах и маслах. В больших количествах содержится в маслах плодов различных пальм, например в кокосовом масле и в лавровом масле (отсюда и ее название). Она входит также в состав молочных жиров.

Миристиновая кислота $C_{14}H_{28}O_2$ — кристаллическое вещество в виде тонких пластин. Содержится в большей части растительных масел (арахисовом, кокосовом, мускатном) и животных жиров (молочном, рыбьем), а также в восках (спермацетовом жире, ланолине).

Пальмитиновая кислота $C_{16}H_{32}O_2$ — твердое белое вещество в виде кристаллов игольчатой формы. Имеется в составе почти всех жиров растительного и животного происхождения, особенно твердых.

Стеариновая кислота $C_{18}H_{36}O_2$ — твердое вещество в виде блестящих, белых, жирных на ощупь чешуек. Одна из самых распространенных в природе кислот. Входит в состав почти всех жиров и масел.

Арахидиновая кислота $C_{20}H_{40}O_2$ — твердое вещество в виде небольших блестящих листочков. Содержится в различных животных и растительных жирах. Она характерна для масла семян арахиса (отсюда и ее название).

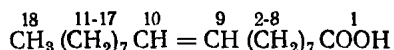
Все рассмотренные выше насыщенные жирные кислоты имеют прямую цепь атомов углерода.

Установлено, что в некоторых жирах (молочном, говяжьем) и восках содержатся в небольшом количестве (менее 1%) насыщенные жирные кислоты с разветвленной цепью.

Ненасыщенные (непредельные) жирные кислоты. Ненасыщенность жирных кислот определяется наличием двойных (этиленовых) или тройных (ацетиленовых) связей в углеродных цепях.

В природных жирах встречаются ненасыщенные жирные кислоты моноеновые (моноэтиленовые) $C_nH_{2n-2}O_2$ — с одной двойной связью и полиеновые, или полиэтиленовые (см. табл. 1), — с двумя и более двойными связями.

При наличии в молекуле кислоты C_{16} и C_{18} одной двойной связи она находится, как правило, в положениях 9,10 (отсчет атомов углерода ведется от карбоксильной группы). Примером может служить олеиновая кислота $C_{18}H_{34}O_2$:



Если двойных связей больше одной, то они располагаются обычно в цепи через три углеродных атома, иногда через два.

Ненасыщенные жирные кислоты с пятью (пентаеновые) и

шестью (гексаеновые) двойными связями встречаются редко, главным образом в жирах морских животных и рыб. Также редко ненасыщенные кислоты с тройными связями (ацетиленовые).

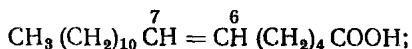
Физические и химические свойства ненасыщенных жирных кислот обуславливаются длиной углеводородного радикала, числом ненасыщенных связей, позиционной и геометрической изомерией.

Число атомов углерода в молекулах ненасыщенных жирных кислот может быть различным. Обнаружены кислоты с числом атомов углерода в молекулах от 10 до 20. Однако наиболее распространены ненасыщенные жирные кислоты с 18 атомами углерода.

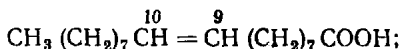
Позиционная изомерия определяется различным положением двойных связей в углеродной цепи.

Примером позиционных изомеров могут служить изомеры олеиновой кислоты, встречающиеся в натуральных жирах и маслах, — петрозелиновая и вакценовая кислоты. Положение двойных связей в этих кислотах отличается от положения их в олеиновой кислоте следующим образом:

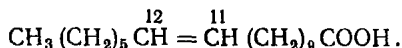
6-октадеценовая, петрозелиновая, кислота



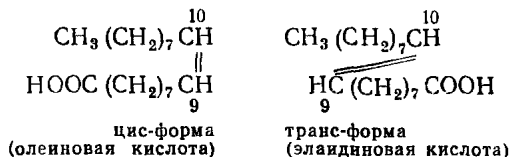
9-октадеценовая, олеиновая, кислота



11-октадеценовая, вакценовая, кислота



Геометрическая (цис-транс) изомерия определяется различным расположением в пространстве групп или атомов по отношению к этиленовой связи. Например, олеиновая кислота может иметь две изомерные формы:



В натуральных растительных и животных жирах моноэтиленовые кислоты находятся главным образом в цис-форме (цис-при написании часто опускают).

Как позиционные, так и геометрические изомеры моноэтиленовых и полиэтиленовых кислот различаются температурами плавления. Так, транс-кислоты, как правило, имеют более высокую температуру плавления, чем цис-кислоты, хотя число углеродных атомов и этиленовых связей у них одинаково.

Ненасыщенные кислоты отличаются от насыщенных наличием двойных связей. Это обуславливает различие в свойствах кислот с одинаковым числом углеродных атомов, но с разной степенью ненасыщенности.

Некоторые характеристики кислот с одинаковым числом углеродных атомов (C_{18}), но с различным числом этиленовых связей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Название кислоты	Число этиленовых связей	Формула	Температура плавления, °C	Плотность d_4^t , кг/м ³	Показатель преломления, n_D^t	Растворимость в <i>n</i> -гексане, г/100 г
Стеариновая	0	$C_{18}H_{36}O_2$	69,6	0,8470 (69)	1,4283 (85,6)	0,5 (20° C)
Олеиновая	1	$C_{18}H_{34}O_2$	13,4 (α) 16,3 (β)	0,8905 (20)	1,4582 (20)	720 (10° C)
Линолевая	2	$C_{18}H_{32}O_2$	—5	0,9030 (20)	—	~ (10° C)
Линоленовая	3	$C_{18}H_{30}O_2$	—10	0,9140 (20)	1,4805 (20)	—

Из данных табл. 3 видно, что с ростом числа двойных связей в молекуле кислоты температура плавления кислот снижается, возрастают плотность и показатель преломления. Растворимость ненасыщенных жирных кислот в органических растворителях выше, чем насыщенных.

Наиболее распространенные ненасыщенные цис-кислоты с нормальным расположением этиленовых связей и числом углеродных атомов 18 (олеиновая, линолевая, линоленовая) при комнатной температуре — жидкости в отличие от насыщенных кислот с таким же числом углеродных атомов.

Ненасыщенные жирные кислоты имеют значительно более высокую реакционную способность по сравнению с насыщенными: они способны ко всем реакциям присоединения, характерным для олефинов. Так, ненасыщенные жирные кислоты легко окисляются кислородом, полимеризуются, вступают в реакцию с галогенами, водородом, насыщаясь по месту двойных связей.

Реакционная способность ненасыщенных жирных кислот возрастает с увеличением числа этиленовых связей. Чем больше в кислотах двойных связей, тем быстрее они присоединяют различные атомные группировки и отдельные атомы, в том числе кислород, водород. Транс-кислоты менее активны по сравнению с цис-кислотами.

Появление сопряженных двойных связей приводит к увеличению реакционной способности жирных кислот, прежде всего к ускорению реакций окисления и полимеризации.

Моноэтиленовые кислоты нормального строения (жирные кислоты олеинового ряда). Общая формула ненасыщенных

жирных кислот с одной двойной связью $C_nH_{2n-2}O_2$, так как они имеют в углеродной цепи на два атома водорода меньше, чем насыщенные кислоты с таким же числом углеродных атомов. Например, формула насыщенной кислоты с 18 углеродными атомами $C_{18}H_{36}O_2$ (стеариновая), а соответствующей ненасыщенной кислоты — $C_{18}H_{34}O_2$ (олеиновая).

Ненасыщенные жирные кислоты с одной двойной связью называют кислотами олеинового ряда (по названию олеиновой кислоты, входящей в этот ряд и наиболее часто встречающейся в различных жирах).

Жирные кислоты этого ряда от C_{12} до C_{18} , найденные в природных жирах, а также некоторые характеристики этих кислот даны в табл. 4.

На примере олеиновой кислоты (в табл. 4 представлены шесть ее изомеров) хорошо видно, как многочисленны и разнообразны ненасыщенные жирные кислоты за счет позиционной и геометрической изомерии. При этом необходимо учитывать, что олеиновая кислота имеет одну двойную связь и возможное число ее только позиционных изомеров равно 16. С увеличением ненасыщенности жирных кислот возрастает и количество возможных их изомеров.

Среди моноэтиленовых кислот нормального строения, представленных в табл. 4, главное место занимает олеиновая кислота (цис-9-Октадеценовая). Она присутствует почти во всех жирах как растительного, так и животного происхождения. Особенно много ее в оливковом и миндальном маслах — до 85%; в животных жирах (свином, говяжьим, костном) ее содержится в среднем 40—60%. Изомеры олеиновой кислоты также имеются в различных жирах, иногда в значительных количествах. Так, петрозелиновая кислота обнаружена в маслах из кориандра и петрушки — соответственно около 53 и 76%. Вакценовая кислота содержится в молочных, животных и китовых жирах.

Пальмитолеиновая кислота также широко распространена и входит в состав большинства растительных и животных жиров, главным образом в состав жира рыб и морских животных.

В значительных количествах найдена эруковая кислота ($C_{22}H_{42}O_2$). Содержание ее в маслах горчицы, рапса, сурепки, рыжика до 80%.

Полиэтиленовые кислоты нормального строения. Как уже отмечалось, в группу полиэтиленовых (полиненасыщенных) кислот входят жирные кислоты с двумя и более двойными связями.

В зависимости от числа двойных связей в молекуле полиэтиленовые кислоты относят к одному из рядов, имеющих общие формулы:

$C_nH_{2n-4}O_2$ — в молекуле две двойные связи;

$C_nH_{2n-6}O_2$ — в молекуле три двойные связи и т. д.

Максимально определяемое в настоящее время количество двойных связей в ненасыщенных кислотах равно семи.

Таблица 4

Название кислоты		Формула	Молекулярная масса	Плотность, кг/м ³	Йодное число, мг йода
по Женевской номенклатуре	тривиальное				
9-Додеценая	Лауроленная	$C_{12}H_{22}O_2$	198,3		
4-Тетрадеценая	—	$C_{14}H_{26}O_2$	226,35		
9-Тетрадеценая	Миристоленная	$C_{14}H_{26}O_2$	226,35	0,9018 (20°)	111,93
цис-9-Гексадеценая	Пальмитолеиновая, зоомариновая, физетоловая	$C_{16}H_{30}O_2$	254,4	—	99,78
транс-9-Гексадеценая	Пальмитэлаидиновая	$C_{16}H_{30}O_2$	254,4	—	99,78
цис-6-Октадеценая	Петрозелиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	0,8681 (40°)	89,87
транс-6-Октадеценая	Петрозэлаидиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	—	89,87
цис-9-Октадеценая	Олеиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	0,8950 (20°)	89,87
транс-9-Октадеценая	Элаидиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	0,8568 (70°)	89,87
цис-11-Октадеценая	—	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	—	89,87
транс-11-Октадеценая	Вакценовая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	0,8563 (70°)	89,87

Кислота C_{28} с семью двойными связями была выделена впервые из липидов мышечной ткани балтийской сельди с помощью современных методов исследований (Ф. М. Ржавская).

Наиболее хорошо изученные полиненасыщенные жирные кислоты и некоторые их характеристики приведены в табл. 5.

Кратко рассмотрим кислоты, которые являются характерными представителями рядов полиненасыщенных кислот.

Линолевая кислота ряда $C_nH_{2n-4}O_2$, т. е. с двумя двойными связями, имеет большое значение. Она содержится как в растительных, так и в животных жирах, часто в значительном количестве. Например, в подсолнечном, кукурузном, соевом, льняном маслах ее может быть 50% и более.

Линоленовая кислота, имеющая три двойные связи, известный представитель ряда $C_nH_{2n-6}O_2$. В небольшом количестве имеется почти во всех растительных маслах. Значительное содержание ее в льняном (43—60%) и конопляном (до 28%) маслах обуславливает их высокую высыхающую способность, т. е. способность образовывать устойчивые пленки, что используется в производстве олиф, лаков и красок. Высокое содержание линоленовой кислоты характерно также для периллового масла (65—70%).

Арахидоновая кислота — представитель ряда $C_nH_{2n-8}O_2$, содержит четыре двойные связи. В жирах растений не обнаружена. Считают, что она синтезируется в животных организмах из линолевой и линоленовой кислот.

Клупанадоновая кислота (ряд $C_nH_{2n-10}O_2$) — пять двойных связей и низиновая кислота (ряд $C_nH_{2n-12}O_2$) — шесть двойных связей являются наиболее распространенными представителями высоконепредельных кислот. Находят их в жирах морских животных и рыб.

Обнаруженная недавно кислота C_{28} с семью двойными связями точной характеристики пока не имеет. Предполагают, что двойные связи ее находятся в положениях 4, 7, 10, 13, 16, 19, 23.

Полиненасыщенные жирные кислоты — линолевая, линоленовая и арахидоновая — являются незаменимыми эссенциальными жирными кислотами. Незаменимыми их называют потому, что они не синтезируются организмом человека и должны вводиться в организм вместе с пищей, а эссенциальными, или жизненно необходимыми, потому, что они имеют важное физиологическое значение.

Олеиновая (мононенасыщенная) жирная кислота не обладает физиологической активностью, но усиливает активность линолевой кислоты.

Эссенциальные жирные кислоты участвуют в построении клеток различных тканей организма; регулируют липидный обмен, нормальное развитие организма; обуславливают устойчивость и эластичность кровеносных сосудов; понижают чувствительность организма к действию ультрафиолетовых лучей и радио-