

ТРАНСЖИРЫ:
ЧТО ЭТО ТАКОЕ И С ЧЕМ ИХ ЕДЯТ
(ПОЛНЫЙ ВАРИАНТ)

Москва 2012

УДК 613.288
ББК 51.23
Ж91

Журавлев А. В.

Ж91 Трансжиры: что это такое и с чем их едят (полный вариант). — М.: 2012. — 138 с.

Книга посвящена трансизомерам жирных кислот. Всемирная организация здравоохранения признала вредность промышленно производимых трансжиров, но они все еще выпускаются. В книге рассказывается о том, как производятся пищевые жиры, как образуются трансизомеры, как трансизомеры влияют на организм и как узнать об их наличии в продукте, чтобы читатель мог при выборе продуктов принимать решение не под влиянием рекламы, а на основе знаний. Некоторые трансизомеры, встречающиеся в натуральных продуктах, например в молоке и мясе, оказались полезными для организма.

Для всех интересующихся проблемами питания.

УДК 613.288
ББК 51.23

Содержание

Предисловие	4
Краткая история маргарина	6
Строение жиров	10
Роль в организме жирных кислот.	14
Масличные культуры растений.	21
Извлечение масел (отжим и экстракция).	26
Рафинирование масел	31
Модификация жиров.	37
Производство маргарина	48
Влияние гидрированных жиров на организм	55
Что должны писать на упаковке продуктов питания	90
Что пишут на упаковке продуктов питания	99
С чем едят трансжиры?	102
Что происходит в пищевой индустрии.	118
Что кушать (резюме).	125
Приложение 1. Номенклатура жирных кислот	130
Приложение 2. Содержание жирных кислот в некоторых продуктах	136
Использованная литература.	138

Предисловие

В 2011 г исполнилось 100 лет с начала использования гидрогенизированных жиров в пищу. В процессе гидрогенизации жиров часть жирных кислот преобразуется в трансизомеры, которые в природе встречаются лишь в следовых количествах. Всемирная организация здравоохранения в 2003 г признала вредность производимых пищевой промышленностью трансжиров и в 2009 г рекомендовала полное их исключение из продуктов. Однако на прилавках российских магазинов это мало отразилось.

По-видимому, информации о трансжирах на русском языке еще недостаточно и она пока доступна лишь узкому кругу специалистов. В журнале «Вопросы питания» с 2000 по 2011 год не опубликовано ни одной статьи, посвященной трансжирам, если не считать одного содержательного упоминания в №3 за 2002 г. в разделе дискуссий. На английском языке опубликованы сотни статей и несколько книг¹. Обзорные статьи опубликованы в 2006 г. в журналах *The New England Journal of Medicine*² и *Lipids*³ ведущими зарубежными исследователями.

Данная книга рассказывает о том, как производятся пищевые жиры, как они влияют на организм, и как узнать о наличии трансжиров в продуктах.

¹ Одна из последних книг: Ed.: Albert J. Dijkstra, Richard J. Hamilton, Wolf Hamm, *Trans Fatty Acids*. UK 2008. – 244 pp.

² Mozaffarian D et al., *Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease*. *N Engl J Med* 2006; 354:1601-1613

³ Hunter JE, *Dietary trans Fatty Acids: Review of Recent Human Studies and Food Industry Responses*. *Lipids* 2006; 41:967–992

В маргарине на трансжиры может приходиться свыше 50% всех жиров. Однако, основная часть трансжиров попадает в пищу не с маргарином, а с пищевыми жирами специального назначения. Последние широко используются в кондитерских изделиях, полуфабрикатах, и в блюдах общепита.

Благодаря деятельности транснациональных компаний качество продуктов стало таково, что не располагая информацией о том, как на самом деле производятся продукты, какое влияние они оказывают на нас, и что скрывается за названиями на упаковке, трудно обеспечить здоровое (а порой и просто безопасное) питание себе и близким.

Гидрогенизированные и прочие модифицированные жиры выделяются среди прочих сомнительных изобретений пищевой промышленности тем, что потребляются в больших количествах. При этом масложировая промышленность не прозрачна для конечного потребителя. Цель данной книги приоткрыть эту завесу, чтобы читатель мог при выборе продуктов принимать решение не под влиянием рекламы, а на основе знаний.

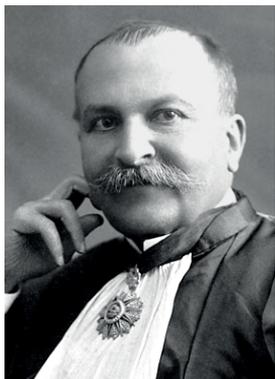
Краткая история маргарина



Ипполит Меж-Мурье

В 1869 г французский император Наполеон III предложил вознаграждение тому, кто сделает хороший заменитель сливочного масла, ориентированный на потребление вооружёнными силами и нижними классами населения. В том же году французский химик Ипполит Меж-Мурье (*Hippolyte Mège-Mouriès*) предложил эмульгировать низкоплавкую часть говяжьего жира с молоком в присутствии сычужной вытяжки из коровьего желудка. В результате получалась белая маслянистая масса, напоминающая по консистенции сливочное масло. Он запатентовал метод и назвал полученный продукт «олеомаргарин». Патент был продан в 1871 г датской компании Jurgens (ныне принадлежит компании Unilever). Название было сокращено до торгового «маргарин».

Маргарин зачастую использовался для фальсификации масла. С 1877 г в США появились законы, требующие маркировки маргарина, введены акцизы на маргарин и высокая плата за лицензию на его производство. Молочная промышленность лоббировала запрет на окраску маргарина в цвет сливочного масла. В некоторых штатах требовалось окрашивать маргарин в розовый цвет. Однако в годы Первой мировой войны запреты были ослаблены и производство маргарина сильно выросло. В послевоенные годы запреты опять вступили в силу, но пали в годы Второй мировой.



Поль Сабатье

В 1897 г французский химик Поль Сабатье (*Paul Sabatier*) открыл метод каталитического гидрирования соединений углерода и в 1912 г получил за свои работы Нобелевскую премию. В частности, он впервые получил насыщенный стеариновую кислоту, пропуская смесь водорода с парами ненасыщенных жирных кислот через никелевый катализатор. В прикладном отношении это дало возможность превращать жидкие жиры в твердые.



Вильгельм Норман

В 1901 г немецкий химик Вильгельм Норман (*Wilhelm Normann*) модифицировал процедуру гидрирования жиров – он пропускал водород через смесь масла с порошковым катализатором, который затем удалялся фильтрованием. Отверждение жиров не в газообразной, а в жидкой форме позволяло проводить его в промышленных масштабах. В 1903 г он запатентовал свой метод в Германии и Англии. Патент был куплен английской фирмой *Joseph Crosfield & Sons*, выпускающей мыло и свечи (основана

в 1814 г Джозефом Кросфильдом, с 1929 г волилась в *Unilever*). Она начала предлагать технологию европейским производителям мыла.

В 1907 г химик этой компании, Эдвин Кайзер, заключил соглашение с менеджером американской компании *Procter & Gamble* (основана в 1837 г свечником Уильямом Проктером и мыловаром Джеймсом Гэмблом) Джоном Бурченалом. В 1910 г Бурченал подал патентную заявку на новый пищевой продукт – шортенинг из «не полностью гидрогенизированного» растительного масла. В 1915 г патент был выдан под № 1,135,351.



Бесплатная книга рецептов от компании Procter & Gamble.

В 1911 г Procter & Gamble начала продажи шортенинга для выпечки и жарки под торговым наименованием Crisco. В то время для этих целей использовались свиной жир и сливочное масло. Компания продвигала Crisco как продукт высшего качества, более здоровый (меньше прогоркал) и экономичный. Бесплатно распространялась книга с 615 рецептами на основе Crisco. Шортенинг имел большой успех.

Американская компания Berlin Mills, производящая бумагу, имела водород как побочный продукт. В 1914 г она начала успешно продавать шортенинг Kream Krisp из гидрогенизированных жиров. Компания Procter & Gamble подала на нее в суд в 1916 г за нарушение патента Бурченала. Дело было проиграно в суде первой и второй инстанций, но выиграно в Верховном суде в 1920 г, что сделало Procter & Gamble монополистом в Америке.⁴ Свидетельства экспертов, приглашенных по этому делу, показывают сегодня, что первые производители гидрогенизированных жиров крайне мало знали об их химических свойствах и составе, не говоря уже о влиянии на организм. Это же видно и из самого патента Бурченала, в котором твердость патентуемого продукта объясняется исключительно наличием «стеарата», а не трансизомеров олеиновой кислоты.

Твердые гидрогенизированные жиры начали использовать и при производстве маргарина. Сырьем служило хлопковое масло, которое получалось как отход при производстве хлопка, или жиры, ранее используемые преимущественно как технические, например, китовый. Основным конкурентным преимуществом маргаринов всегда была их дешевизна.

⁴ List, G.R., Jackson, M.A. 2007. Giants of the past: The battle over hydrogenation (1903-1920). Inform. 18:403-405. (<http://lipidlibrary.aocs.org/history/hydrogenation/index.htm>)

К середине 20 века натуральные маргарины были почти полностью вытеснены с рынка еще более дешевыми синтетическими маргаринами. К 1953 г общее потребление маргарина в США превысило потребление сливочного масла.

Когда распространенность атеросклероза достигла масштабов эпидемии и началась борьба с холестерином, маргарин стал рекламироваться как содержащий мало холестерина. К 1980-м годам большинство фастфудов отказались от использования твердого животного жира, заменив его гидрогенизированными жирами.

Влияние гидрогенизированных жиров на здоровье во время их широкого внедрения в пищевой промышленности в первой половине 20 века толком не изучалось. В то время даже не существовало методов точного определения состава жиров. Актуальными были проблемы дефицита калорий у «трудящихся масс и армии» и денег у капиталистов. Гидрогенизированные жиры хорошо служили решению обеих проблем, поэтому интерес к исследованиям их безопасности не поощрялся.

В СССР первый маргариновый завод был запущен в 1930 г в Москве. К 1940 г маргариновая промышленность СССР выпускала 120 тыс. тонн маргарина в год (0,7 кг на человека в год). В 2007 г в России было произведено 750 тыс. тонн маргариновой продукции (5,3 кг на человека в год), в 2010 г – 440 тыс. тонн (3,1 кг на человека в год).

В конце 20 века начали публиковаться исследования влияния гидрогенизированных жиров на здоровье. Оказалось, что образующиеся при их производстве трансизомеры провоцируют сердечно-сосудистые заболевания, в том числе тем, что повышают уровень холестерина в крови. В развитых странах началось изменение технологии производства гидрогенизированных жиров с целью уменьшения в них трансизомеров и возврат к маргаринам из негидрогенизированных жиров. В России планируется существенно снизить содержание трансизомеров в жировых продуктах к 2018 г.

Строение жиров

В молекуле любого жира можно выделить две части. Это «хвост», состоящий из одной, двух или трех довольно длинных молекул жирных кислот, и «голова», определяющая функции жира в организме. Большинство жиров состоит из одной головы и трех хвостов – молекулы глицерина и трех молекул жирных кислот. Поэтому эти жиры называют триглицеридами (или по международной номенклатуре – триацилглицеролами, ТАГ). В пищевых жирах их до 96-98 %. Другой важный тип жиров – фосфолипиды. Из них построены мембраны всех клеток живых организмов. Фосфолипид имеет два хвоста из жирных кислот и голову, состоящую из глицерина и молекулы, содержащей фосфор. Еще один вид жиров – церамиды. Они также входят в состав клеточных мембран и служат переносчиками сигналов. Голова церамида состоит из спирта сфингозина, а единственный хвост – из жирной кислоты.

Пример молекулы жирной кислоты показан на [Рис. 1](#). Это лауриновая жирная кислота, состоящая из 12 атомов углерода, 24 – водорода и 2 – кислорода. В молочном жире ее около 5%, в кокосовом масле – 45-50%, в пальмоядровом – 45-55%, в подсолнечном масле – отсутствует. Она относится к насыщенным жирным кислотам. Жирнокислотный состав некоторых продуктов приведен в [Приложении 2](#).

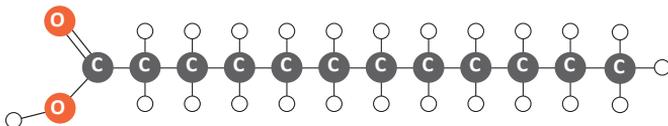


Рис. 1 Лауриновая жирная кислота C12:0. Атомы углерода обозначены черным цветом, водорода – белым, кислорода – красным.

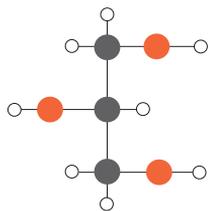


Рис. 2 Глицерин $C_3H_8O_3$

Все насыщенные жирные кислоты имеют одинаковые концы и отличаются только длиной. В пищевых жирах кислоты обычно имеют от 4 до 24 атомов углерода, более длинные встречаются в восках. Жирные кислоты, содержащие менее 6 атомов углерода, называют короткими, от 6 до 12 – средними, от 13 до 22 – длинными, более 22 – очень длинными.

В живых организмах жирные кислоты собираются последовательным добавлением фрагментов, содержащих два атома углерода. Поэтому почти все природные жиры содержат жирные кислоты лишь с четным числом атомов углерода. Добавление происходит со стороны «головы» жирной кислоты (под ней подразумевается конец, содержащий кислород, – левый на Рис. 1).

Часто встречаются жирные кислоты, у которых в средней части жирной кислоты отсутствует пара атомов водорода, и освободившиеся связи соединены друг с другом – образуют двойную связь между атомами углерода (Рис. 3). Такие

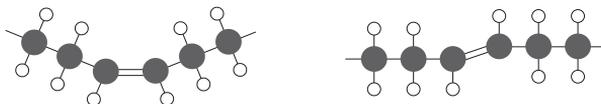


Рис. 3 Двойные связи в ненасыщенных жирных кислотах (показаны фрагменты средней части молекул). Слева – цис-изомер, справа – транс-изомер.

жирные кислоты называют ненасыщенными. Если двойная связь одна – мононенасыщенными (по международной номенклатуре – моноеновыми), если две и более – полиненасыщенными (полиеновыми). В каждой двойной связи возможны две пространственные конфигурации – атомы водорода могут быть расположены по одну сторону от двойной связи или по разные. Первая конфигурация называется цис-изомером, вторая – транс-изомером.⁵ Например, самая частая в пище

⁵ Латинское слово *cis* означает «по одну сторону», *trans* – «по разные стороны».

мононенасыщенная жирная кислота, – олеиновая C18:1, имеет одну двойную связь в цис-конфигурации между 9 и 10 атомами углерода. Живые организмы, за редкими исключениями, синтезируют только цис-изомеры жирных кислот.

Хотя химический состав изомеров одной и той же жирной кислоты одинаков, их свойства сильно отличаются. Например, олеиновая кислота C18:1 имеет температуру плавления 13,5°C, а ее трансизомер, элаидиновая кислота C18:1t, – 44°C. Два триглицерида с одинаковым набором жирных кислот, но разным их порядком присоединения к глицерину, также имеют разную форму кристаллизации и температуру плавления.

В природных жирах двойные связи обычно расположены на расстоянии трех атомов углерода друг от друга. Если первая двойная связь расположена после 3-го атома углерода, считая от конца (правого на Рис. 1), то такие жирные кислоты называют омега-3, если после 6-го – омега-6.⁶ Олеиновая кислота относится к классу омега-9.

Чем длиннее жирная кислота, тем выше температура плавления состоящих из нее жиров. Однако, наличие двойных связей в цис-конфигурации делает молекулы изогнутыми, что препятствует их плотной упаковке и делает их более подвижными, тем самым снижая температуру плавления. При 20 °C жиры, в которых преобладают ненасыщенные жирные кислоты (подсолнечное, оливковое, соевое, рыбий жир), обычно жидкие⁷, а жиры с большой долей насыщенных жирных кислот (молочный, говяжий, масло какао) – кристаллизованы. Жирные кислоты, имеющие транс-конфигурацию, почти прямые, поэтому их наличие в жире повышает температуру его плавления.

В маслах бывает некоторый процент свободных жирных кислот, не соединенных с глицерином. Их общее количество

⁶ Буква ω является последней буквой в греческом алфавите и поэтому была использована как символ конца жирной кислоты. В международной номенклатуре вместо ω используется буква n: n-3, n-6.

⁷ Жидкие жиры в быту называют маслами, но это не образует правила. Например: сливочное масло, масло какао, рыбий жир.

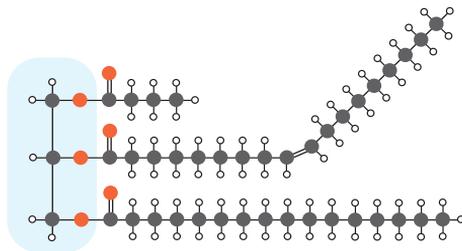


Рис. 4 Один из типичных триглицеридов молочного жира (составляет около 4% жира молока). Состоит из масляной C4:0, пальмитиновой C16:0, олеиновой C18:1 кислот и глицерина (выделен голубым). Хвосты могут вращаться вокруг глицеринового остова.

характеризуется кислотным числом, которое иногда указывают на бутылке масла. Свободные жирные кислоты образуются в основном при взаимодействии триглицеридов с водой. Их количество постепенно увеличивается при хранении масла. Они охотнее, чем связанные с глицерином, вступают в реакции, в частности легче прогоркают и быстрее начинают дымить при нагреве. Свободные жирные кислоты длиннее C14 безвкусны, более короткие имеют вкус.⁸ Даже при небольшом содержании свободной лауриновой кислоты C12:0 появляется мыльный привкус. Вкус уксусной кислоты C2:0 хорошо известен всем (хотя жирной кислотой ее не считают, потому что в липидах встречаются только кислоты C4 и более длинные).

В натуральных пищевых жирах наиболее часто встречаются жирные кислоты:

C14:0	миристиновая,
C16:0	пальмитиновая,
C18:0	стеариновая,
C16:1 n-7	пальмитолеиновая,
C18:1 n-9	олеиновая,
C18:2 n-6	линолевая,
C18:3 n-3	α -линоленовая.

Названия других распространенных в природе жирных кислот приведены в [Приложении 1](#).

⁸ Мазалова Л.М. Окислительная порча специализированных жиров. // Пищевая промышленность, 6/2007

Роль в организме жирных кислот

Поступающие с пищей жиры, наряду с белками и углеводами, являются основными источниками энергии для организма. Калорийность 1 г жира – 9 ккал, белка и углеводов – по 4 ккал. Организм не всегда имеет возможность получать пищу, поэтому важное значение имеет его способность запасать энергию. Энергетических запасов организма в виде белка и углеводов хватает примерно на сутки, а в виде жиров – до 3 месяцев. Запасной жир откладывается в подкожном слое и в сальниках вокруг внутренних органов. Отложения жира также защищают тело от переохлаждения и механических повреждений. Жир служит смазочным материалом кожи, защищая ее от высыхания. У женщин при снижении запасов жира ниже некоторого критического уровня обратимо прекращается менструальный цикл и способность к зачатию. Запасной жир обновляется каждые 2-3 недели.

В начале 20 века специалисты по питанию полагали, что роль жиров в организме сводится к вышеуказанным функциям, и вид жира в рационе не имеет особого значения, кроме разве что вкусовых предпочтений. Полагали, что жир в организме синтезируется из углеводов или белков (из чего именно и как – велись споры), а поступающий с пищей жир сгорает или полностью разбирается на части. Поэтому появление в питании гидрогенизированных жиров не вызвало опасений.

С открытием витаминов наука о питании коренным образом изменилась. Появилось понимание, что организму необходимы не только белки, жиры, углеводы и соли, но и многие другие вещества. Поиск таких веществ путем содержания животных на экспериментальных рационах привел

среди прочего к открытию в 1923 г витамина F. В 1930 г в опытах на крысах было установлено, что им являются две жирные кислоты – линолевая и α -линоленовая. Сегодня их принято называть не витамином, а незаменимыми жирными кислотами. Полагают, что все остальные жирные кислоты, необходимые организму, могут синтезироваться в нем из белков и углеводов.

Незаменимые жирные кислоты регулируют процессы воспаления, влияют на настроение. При недостатке поступления незаменимых жирных кислот наблюдаются сухость кожи, выпадение волос, замедленное заживление ран, замедленный рост у детей, развиваются кожные заболевания, нарушения обмена веществ, депрессия, повреждения митохондрий.

Эти проявления оказались обусловлены участием линолевой и α -линоленовой кислот в нескольких метаболических путях. В частности из них в организме синтезируются три двадцатиуглеродные жирные кислоты (дигомо- γ -линолевая 20:3n-6, арахидоновая 20:4n-6 и эйкозапентаеновая 20:5n-3), из которых в свою очередь синтезируются многочисленные эйкозаноиды (от греческого $\epsilon\acute{\iota}\kappa\omicron\varsigma\iota$ – 20) – сигнальные молекулы, обладающие сильным физиологическим действием (иногда их называют гормонами местного действия). Например, простагландины (эйкозаноиды, открытые первыми в 1930-1935 гг) регулируют сокращение и расслабление гладких мышц сосудов; эндоканнабиоды (эйкозаноиды, родственные содержащимся в конопле веществам) необходимы для нормального функционирования головного мозга.

Однако, наиболее важная функция жиров заключается в том, что их них построены мембраны всех клеток. Мембраны представляют собой двойной слой фосфолипидов. Хвосты фосфолипидов обращены внутрь мембраны, а головы образуют внешнюю и внутреннюю поверхность мембран (Рис. 5, Рис. 6). Хвосты фосфолипидов состоят из двух жирных кислот и отталкиваются молекулами воды (гидрофобны), головы, наоборот, притягивают воду (гидрофильны). Благодаря такому строению клеточная мембрана отделяет внутреннюю среду клетки от внешней. Растворенные в воде вещества с

трудом проходят через мембрану или не проходят вовсе. Это позволяет клетке поддерживать состав внутренней среды, избирательно впуская или выпуская нужные молекулы. Транспорт молекул происходит как пассивно, так и активно, с помощью специальных белков, расположенных в мембране. Подобными мембранами также окружены ядро клетки, митохондрии и многие другие клеточные образования.

К 1972 г было установлено, что мембрана в действительности является жидкой пленкой толщиной 5-10 нм, по вязкости напоминающей подсолнечное масло, в которой плавают белки и другие структуры, управляющие потоком веществ через мембрану или служащие рецепторами, передающими сигналы внутрь клетки.

Фосфолипиды не стоят на одном месте, а десятки миллионов раз в секунду меняются местами со своими соседями. В результате, отдельный фосфолипид может обогнуть всю мембрану примерно за секунду.⁹ Несмотря на быстрое перемещение по мембране фосфолипиды и холестерин в мембранах замещаются очень медленно – скорость исчисляется месяцами и годами.¹⁰

По мере прогресса в создании инструментов, позволяющих изучать микро- и наномир, представления о строении мембраны продолжают развиваться. В настоящее время считается, что мембрана является не просто жидкостью, а жидким кристаллом, или точнее структурой из различных жидких кристаллов, в которой при обычных для тела температурах происходят фазовые переходы. Некоторые мембранные структуры представляют собой группу больших молекул, которые сообща выполняют одну функцию и поэтому дрейфуют по мембране как единое целое в виде рафтов («плотиков»). Армирующим материалом, снижающим подвижность фосфолипидов в рафтах, служат молекулы холестерина.

Функции мембранных структур существенно зависят от вида составляющих ее липидов, в том числе от входящих

⁹ Антонов В.Ф., Биофизика. М.: Владос, 1999, – С.22.

¹⁰ Гайтон А.К., Медицинская физиология, М.: Логосфера, 2008, – С.952

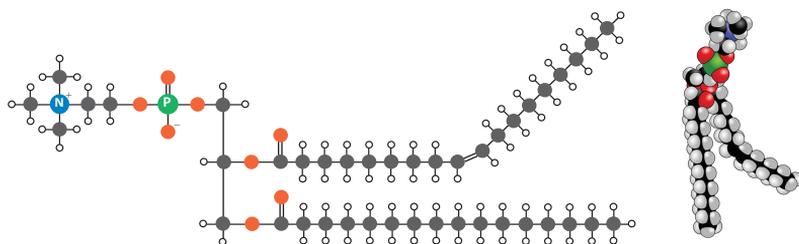


Рис. 5 Типичный фосфолипид – фосфатидилхолин. Синим обозначен азот, зеленым фосфор. В хвосте могут быть различные жирные кислоты, обычно одна из них ненасыщенная. Справа – трехмерная модель фосфатидилхолина.

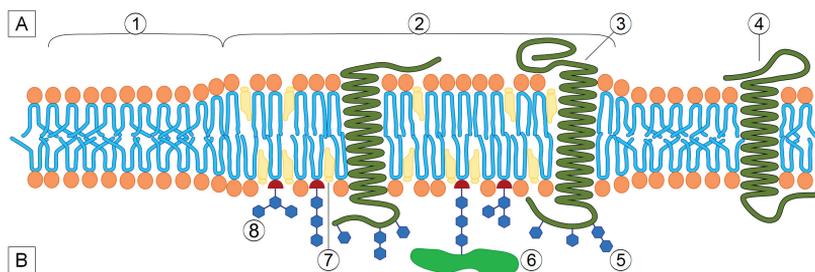


Рис. 6 Фрагмент мембраны (цвета на схеме выбраны произвольно). А – внутриклеточная среда, В – межклеточная среда; 1) обычная фосфолипидная часть мембраны; 2) липидный рафт; 3,4) трансмембранные белки; 5) олигосахаридные остатки на белке; 6) гликозилфосфатидилинозитол; 7) холестерин; 8) олигосахаридные остатки на липидах. (© *Artur Jan Fijalkowski*)

в них жирных кислот. Например активность инсулиновых рецепторов снижается при увеличении доли насыщенных кислот в мембранах¹¹ (это провоцирует развитие диабета). При различных патологиях наблюдается изменение жирнокислотного состава мембран, что в перспективе может использоваться для диагностики. На состав жирных кислот в мембранах оказывают влияние питание и климат, в котором

¹¹ Field C.J., Toyomizu M., and Clandinin M.T. (1989) Relationship between dietary fat, adipocyte membrane composition and insulin binding in the rat. *J. Nutr.* 119, 1483–1489.

обитает организм. В холодном климате у животных в фосфолипидах мембран больше ненасыщенных жирных кислот, чем у животных теплых краев. У полярного оленя температура ноги в области копыта зимой может быть около -20°C , а ближе к туловищу около $+30^{\circ}\text{C}$; мембраны клеток в области копыта содержат больше ненасыщенных кислот, чем в области туловища.¹²

В организме человека наиболее распространены три жирные кислоты: насыщенные стеариновая C18:0 и пальмитиновая C16:0 и мононенасыщенная олеиновая C18:1 .

Особенно много липидов в тканях мозга, нервной ткани, половых желез. Мозг в целом состоит на 10-12% из липидов, в то время как среднее содержание липидов в мышцах – 5%. В сухом веществе мозга около 50% липидов. Повышенная концентрация липидов в мозге объясняется их высокой концентрацией в миелиновой оболочке нервов: 70-75% в сухом веществе. Миелиновая оболочка представляет собой мембрану глиальных клеток, многократно обмотанную вокруг аксонов нервных клеток подобно изоленте. В состав мембран нервных клеток помимо олеиновой кислоты входит нервоновая C24:1 , что делает мембраны более толстыми и тугоплавкими.

Таким образом, жиры в питании – не только источник энергии для организма, как полагали во времена изобретения гидрожиров. Вид жирных кислот в пище влияет на состав и функции клеточных мембран. Две жирные кислоты, линолевая и α -линоленовая, не могут синтезироваться в организме и получают их только из пищи.

Если вид поступающих с пищей жиров столь важен, каково же оптимальное соотношение в рационе насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот? На этот вопрос ответа пока нет. Теоретически, оптимальное соотношение должно достигаться автоматически, если употреблять в пищу цельные продукты из той местности, где живет человек. В этих продуктах соотношение жиров оптимально для данных климатических условий, потому что

¹² Антонов В.Ф., Биофизика. М.: Владос, 1999, – С.27.

растения или животные, из которых их получили, здесь выросли. Человек не смог бы выжить, если бы ему были необходимы продукты из дальних краев. Поэтому представляется не очень естественным употреблять жирную рыбу жителям тропиков, а эскимосам есть кокосы. Однако современный человек частично изолировал себя от климатических влияний и его образ жизни сильно отличается от образа жизни далеких предков. Поэтому эти соображения требуют коррекции.

Среди специалистов по питанию до сих пор нет единого мнения относительно того, каким должно быть соотношение различных жиров в рационе и какую часть жиры должны занимать в его калорийности. Скорее всего это индивидуально для каждого человека и зависит условий его жизни и текущего состояния.

Для взрослых отечественными специалистами рекомендуются следующие приблизительные суточные уровни потребления жирных кислот при калорийности рациона 2300 ккал:¹³

- Насыщенные: 25 г
- Мононенасыщенные: 30 г
- Полиненасыщенные омега-6: 8-10 г
- Полиненасыщенные омега-3: 1-2 г

Такое соотношение сегодня считается благоприятным для поддержания нормального уровня триглицеридов и холестерина в крови.

Хотя полиненасыщенные кислоты снижают уровень холестерина в крови, их количество не должно превышать трети всех жиров в рационе; оптимально 10-20% всех жиров. При избыточном потреблении полиненасыщенных жирных кислот, развивается дефицит витамина Е, угнетается иммунная система, появляется склонность к кровотечениям (при избытке эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот). У животных

¹³ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432 -08. Утверждены в 2008 г.

при избытке линолевой кислоты увеличивается вероятность рака молочной железы.

В отношении жиров еще много неясного. Например, мононенасыщенная эруковая кислота C22:1 считается неподходящей для питания, хотя обстоятельных ее исследований на людях не проводилось. Эруковой кислоты много в семенах рапса, горчицы и других крестоцветных. В Канаде выведен сорт рапса с низким содержанием эруковой кислоты – канола. Горчичное масло издавна употребляется в пищу в Индии. Возможно, значение имеют дозировка и пищевые традиции, связанные с генетически обусловленными особенностями ферментных систем. В растениях (например в специях), водорослях и морских животных не редки необычные полиненасыщенные кислоты, свойства которых до сих пор мало исследованы.¹⁴

Жирные кислоты склонны к прогорканию – окислению при контакте с кислородом. Прогоркшие масла вредны для здоровья. Прогоркание ускоряется в присутствии металлов, на свету, при повышении температуры и при наличии микроорганизмов. Для уменьшения влияния металлов в жиры добавляют лимонную или аскорбиновую кислоту, которые соединяясь с металлами нейтрализуют их влияние. Скорость окисления мононенасыщенной олеиновой кислоты C18:1 на порядок больше, чем насыщенной стеариновой C18:0, а полиненасыщенных линолевой C18:2 и α -линоленовой C18:3 – на два порядка. Скорость окисления жиров возрастает в 3 раза на каждые 10°C повышения температуры.¹⁵

Хранить масла лучше в темном сухом прохладном месте, плотно закупоренными. Масла, богатые жирными кислотами с двойными связями числом три или более (льняное, грецкого ореха, рапсовое, рыжиковое, соевое, горчичное, рыбий жир), требуют особо бережного обращения, чтобы вреда от них было меньше, чем пользы.

¹⁴ Christie W, Fatty acids: polyunsaturated with other than methylene-interrupted double bonds structures, occurrence and biochemistry. The AOCS Lipid Library (2011). (http://lipidlibrary.aocs.org/Lipids/fa_conj+/index.htm)

¹⁵ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – С.227.

Масличные культуры растений

Растительные масла извлекают из частей растений, содержащих значительный процент жиров. Больше всего в мире потребляется соевого и пальмового масел (Таблица 1). Пальмовое масло добывают из мякоти плодов масличной пальмы, соевое – из бобов сои.

Таблица 1 Мировое годовое потребление основных растительных масел в 2007/2008 гг.

Вид масла	Потребление (млн. т/год)	Примечание
Пальмовое	41.31	Наиболее широко используемое тропическое масло. Также используется для дизельного биотоплива
Соевое	41.28	Доля соевого масла составляет примерно половину среди всех используемых в пищу масел. Основное потребление в США
Рапсовое (канола)	18.24	Одно из наиболее широко используемых в пищу масел
Подсолнечное	9.91	Обычное пищевое масло. Также используется для дизельного биотоплива
Арахисовое	4.82	Пищевое масло с мягким ароматом
Хлопковое	4.99	Широко применяется в пищевой промышленности
Пальмоядровое	4.85	Из ядра плодов масличной пальмы
Кокосовое	3.48	Используется в мыловарении и в пищу
Оливковое	2.84	Используется в пищу, в косметике, мыловарении, и как ламповое масло

Мировое потребление сливочного масла в 2007/2008 гг составило 9 млн. т., что в несколько раз меньше потребления растительных жиров.



Рис. 7 Масличная пальма и ее плоды

В России основной масличной культурой остается подсолнечник, – на его долю приходится более 75 % общего объема производства растительных масел в стране. В 2007 г в России произведено 2,1 млн. тонн подсолнечного масла и импортировано 0,74 млн. тонн пальмового масла.¹⁶

Оливковое масло ценится из-за высокого содержания олеиновой кислоты (около 80%) и стойкости при хранении. Масло высокого качества имеет зеленовато-желтый цвет и характерный оливковый вкус и запах. Зеленоватый цвет масла связан главным образом с присутствием хлорофилла и феофитина, которые также обеспечивают защиту от окисления в темноте. Каротиноиды придают маслу желтизну и защищают масло от окисления на свету. Острый аромат и вкус оливкового масла создают множество летучих соединений, присутствующих в чрезвычайно малых концентрациях. Свет вызывает быстрое ухудшение качества оливкового масла при наличии доступа воздуха. По мере хранения у масла появляется окисленный привкус, оно становится бесцветным вследствие разрушения хлорофилла и каротина. В темноте, в герметично закрытых стеклянных бутылках оливковое масло может сохраняться больше 2 лет.¹⁷

С целью изменения в лучшую сторону состава жирных кислот растений выводят их новые сорта. Для этого используют традиционную селекцию, мутацию генов облучением радиацией или химиопрепаратами, генную инженерию.

Традиционная селекция использовалась многие столетия. Выведение высокоолеинового сафлора в 1964 г. и рапсового масла с низким содержанием эруковой кислоты, которое стало известно как масло канولا в 1978 г., являются примерами модификаций жирнокислотного состава селекцией. В 1996 г путем селекции выведен сорт подсолнечника NuSun с содержанием 57% олеиновой и 29% линолевой кислот. Масло из него используется, например, в чипсах Lay's. Также вы-

¹⁶ Oilseeds: World Markets and Trade. USDA 2009

¹⁷ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – С.62.

ведены сорта сои с низким содержанием линолевой жирной кислоты.¹⁸

Химический мутагенез с последующей селекцией использовался в СССР при разработке высокоолеинового подсолнечного масла.

Одним из первых масел, полученным с помощью генной инженерии в промышленных масштабах, было высоколауриновое масло канолы. Высоколауриновая канола была создана введением отдельного гена из распространенного в Калифорнии лавра благородного, что существенно повысило содержание лауриновой кислоты С12:0 в масле.¹⁹ Высоколауриновая канола, как и многие другие ГМ культуры с измененным составом жиров, не получила широкого распространения из-за повышенной стоимости, пониженной урожайности (на 5-15%), сложностей в уходе, нестабильности признаков.

Широкое распространение получили ГМ культуры, стойкие к действию гербицидов и/или насекомых, что позволяет упростить выращивание и тем самым снизить стоимость. Эти ГМ культуры имеют обычное соотношение основных жиров. В 2000 г 54% всей сои, выращенной в США, приходилось на ГМ сорта, устойчивые к гербицидам, в 2011 г – 94%.²⁰ Схожими темпами растут в США доли ГМ-хлопка и ГМ-кукурузы. В 1995 г в Канаде выведены ГМ сорта канолы, устойчивые к гербицидам.

Устойчивость растений к гербицидам позволяет применять эти химикаты в повышенных дозах. В 1997 г после появления ГМ-соеи допустимое содержание в сое глифосата (входит в состав гербицида «Раундап») в странах Евросоюза было под-

¹⁸ Trans-fat. (2012). Encyclopædia Britannica Ultimate Reference Suite. Chicago: Encyclopædia Britannica.

¹⁹ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007

²⁰ U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, *Data Sets: Adoption of Genetically Engineered Crops in the U.S., Soybean Varieties* (Washington, DC: USDA, 2011, доступны онлайн: www.ers.usda.gov/Data/BiotechCrops/ExtentofAdoptionTable3.htm).

нято в 200 раз – с 0,1 мг/кг до 20 мг/кг.²¹ Содержание глифосата в ГМ сое может достигать 17 мг/кг.²² Гербицид «Раундап» занимает первое место в мире по объемам применения. Точный его состав держится в секрете компанией Монсанто. В России в действующей редакции СанПин 2.3.2.1078-01 глифосат не упоминается, однако по новым таможенным правилам содержание глифосата в импортируемой сое должно быть не более 0,15 мг/кг, в соевом масле – 0,05 мг/кг, рапсе – 3,0 мг/кг, в рапсовом масле не контролируется.²³ С вступлением в ВТО нормы России могут быть пересмотрены, потому что международные законы имеют приоритет над национальными.

Глифосат, основной компонент гербицидов, официально считается нетоксичным для животных, потому что у них иная ферментная система, чем у растений. Эта оценка разделяется не всеми учеными.²⁴ Проводятся новые исследования. Глифосат опасен для водных животных, например для лягушек. В эмбриональном развитии человека есть стадии, соответствующие водным животным. Отравления раундапом во время беременности приводят к порокам развития плода.²⁵

²¹ FAO. Pesticide residues in food – 1997: Report. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues. Lyons, France, 22 September – 1 October 1997.

²² FAO. 2005. Pesticide residues in food – 2005. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues, Geneva, Switzerland, 20–29 September. FAO Plant Production and Protection Paper 183, 7.

²³ Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 N 299 (ред. от 15.06.2012) «О применении санитарных мер в таможенном союзе».

²⁴ Antoniou M. et al, GM Soy. Sustainable? Responsible? A summary of scientific evidence showing that genetically modified (GM) soy and the glyphosate herbicide it is engineered to tolerate are unsustainable from the point of view of farming, the environment, rural communities, animal and human health, and economies. 2010

²⁵ Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., López S.L., Carrasco A.E.. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. Chem. Res. Toxicol., 2010, 23 (10), pp 1586–1595

Извлечение масел (отжим и экстракция)

Собранное масличное сырье (семена или другие части растений) очищают от примесей, сортируют по качеству, высушивают, отделяют лишние части (например, оболочку семян от ядра), измельчают и далее отжимают.

Масло высшего качества получают старинным способом – однократным холодным отжимом. Выход масла при этом невелик. Масло холодного прессования сохраняет вкус, аромат и все питательные свойства жиров исходного сырья. К сожалению, также сохраняются и жирорастворимые ядохимикаты, если они использовались при выращивании. Масла холодного прессования из чистого сырья сегодня дороги.

Чтобы увеличить выход масла измельченные семена или жмых, оставшийся после холодного отжима, прогревают (не выше 110-120 °С) сухим или влажным способом и производят второй отжим. Так получается натуральное масло более низкого качества.

Полностью извлечь масло отжимом невозможно, поэтому для полного извлечения применяют экстракцию растворителем. Она заключается в прогрессивной промывке жмыха растворителем при температуре 50-60 °С. Типичный состав растворителя приведен в Таблице 2.²⁶ В результате на выходе получается два продукта: смесь масла с растворителем (мисцелла) и обезжиренный жмых (шрот). Иногда первый и второй отжим не производят вовсе, а экстрагируют масло прямо из измельченного сырья.

²⁶ Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб.пособие/ ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т; Иваново, 2007. – 124 с.

Далее отфильтрованную мисцеллу нагревают до температуры не выше 100 °С. Растворитель закипает и испаряется. Для улучшения отгонки растворителя через мисцеллу пропускают горячий водяной пар при низком давлении. Процесс осуществляется в несколько этапов с прогрессивной степенью очистки. Сконденсированный растворитель очищается и снова используется. Часть растворителя теряется – уходит в атмосферу, в сточные воды и с выпускаемой продукцией. Маслоэкстракционные заводы, перерабатывающие в сутки 800-1000 тонн семян, теряют до 5 тонн растворителя в сутки.

Таблица 2 Состав экстракционного бензина марки А (температура кипения 63-75 °С):

Компонент	доля, %
н-Гексан	54,39
н-Гептан	0,23
Бутан	0,13
Изопентан	0,19
3-Метилпентан	20,02
2, 3-Метилбутан +2-метилпентан	11,59
Метициклопентан	9,00
Бензол	0,50

Экстрагированное масло должно содержать не более 0,01 % растворителя. Остаток растворителя контролируется температуре вспышки²⁷ – она должна быть не ниже 225-230 °С. Масло с большей концентрацией растворителя в условиях масложирового производства пожароопасно. Температура вспышки большинства чистых жиров 270-330 °С.

В ходе дистилляции под действием воды и температуры образуются свободные жирные кислоты, изменениям подвергаются фосфатиды, каротиноиды, стеролы, витамины и другие компоненты масла, образуются продукты окисления. Это снижает пищевые и технические качества масла.

²⁷ Температура, при которой пары над поверхностью масла способны вспыхивать в воздухе под воздействием источника зажигания.



Рис. 8 Текстурированный белок сои

Выходящий из экстрактора шрот содержит 25-40 % растворителя и воды. Выпаривание растворителя из шрота проводится при температуре до 160 °С. При высокой температуре улучшается испарение, но больше нарушается структура белков. Обычная используемая температура 100-105 °С, время около 60 мин. После выпаривания растворителя шрот высушивают, обогащают фосфатидной эмульсией и гранулируют. Готовый шрот по нормативам должен содержать не более 0,1 % растворителя. Шрот идет на корм и для пищевых целей.

Из шрота путем отделения пищевых волокон получают белковый концентрат, содержащий до 70% белка.

Из шрота также получают белковый изолят, содержащий не менее 80% белка. Для этого шрот погружают в раствор соли, а потом в раствор едкого натра²⁸, и затем фильтруют.

²⁸ Белок хорошо растворим в щелочной и сильнокислой среде, плохо растворим в слабокислой.

Отфильтрованный раствор содержит 2-3% белка. Белок из раствора осаждают соляной кислотой. Осажденный белок промывают и высушивают распылением при 180-200 °С.

Концентрат соевого белка и изолят соевого белка используются в энергетических батончиках, белковых концентратах для спортсменов, для лечебного питания, смесях для детского питания, белковых добавках к колбасам и т.п.

Текстурированный белок, используемый в заменителях мяса, получают путем нагревания обезжиренного соевого концентрата до 150-200 °С под высоким давлением 50-100 атм. Белок денатурируется и превращается в клейкую массу, которая при выходе в атмосферное давление вздувается и застывает, образуя губку. Из-за высокотемпературной обработки пищевые качества белка снижаются.

Основным компонентом растворителей для экстракции масел является гексан – бесцветная жидкость, со слабым бензиновым запахом, получаемая из нефти.

Токсические свойства паров гексана хорошо известны. У рабочих, несколько месяцев вдыхающих пары гексана в объемной концентрации 0,04-0,06%, наблюдаются воспаление периферических нервов, истончение миелиновой оболочки нервов, уменьшение скорости прохождения нервных импульсов.²⁹ Клинические проявления – мышечная слабость, парестезии в конечностях. Со временем развивается полинейропатия. При попадании на кожу гексан вызывает ожоги.³⁰ В России предельно допустимая концентрация (ПДК) паров гексана в воздухе – 0,03% по объему.

Воздействие гексана при поступлении его с пищей не изучалось. Гексан запрещено использовать при производстве органических продуктов.³¹

²⁹ Hathaway GJ et al., (2004). Proctor and Hughes' chemical hazards of the workplace. 5th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.

³⁰ U.S. Occupational Safety and Health Office, Occupational Safety and Health Guideline for n-Hexane (Washington, DC: USOSHO, last updated March 10, 2009, available online at www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/n-hexane/recognition.html)

³¹ В России требования к производству органических продуктов, в том числе перечень разрешенных для них добавок и удобрений, регламентируется разделом VI СанПиН 2.3.2.1078-01. 2.3.2, введенным в 2008 г. В качестве

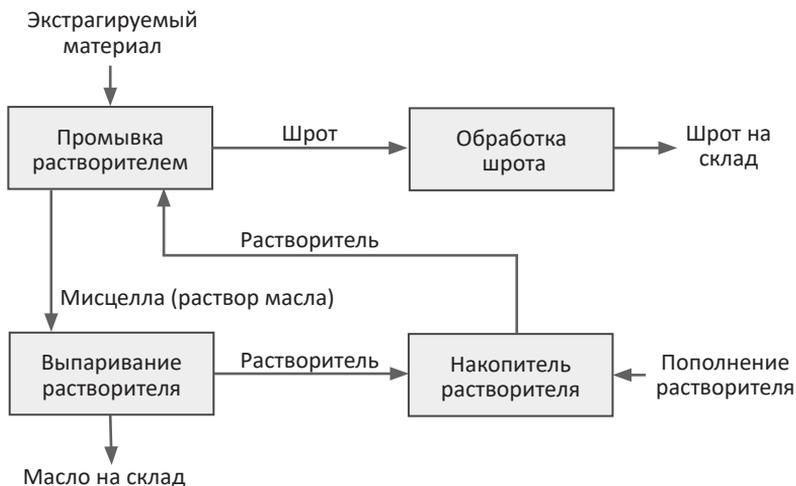


Рис. 10 Схема экстракции масла

Метод экстракции масел путем вымывания их растворителем на основе гексана высокоэффективен и дешев. Если растительное масло или соевый продукт (лецитин, белок) не относятся к классу органических, то в подавляющем большинстве случаев в их производстве использовался гексан.³²

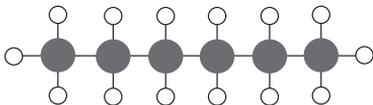


Рис. 9 Гексан (C_6H_{14})

Существует и экологически чистый способ экстракции, в котором в качестве растворителя используется углекислый газ под высоким давлением порядка 700 атм и температура

80 °C.³³ Однако, технологические трудности пока не позволяют применять его в промышленном масштабе для экстракции пищевых масел. Он применяется для экстракции эфирных масел и в лабораториях в аналитических целях.

растворителя не запрещено использовать лишь этиловый спирт, но он плохо растворяет масла (5-10%).

³² Behind the Bean. The Heroes and Charlatans of the Natural and Organic Soy Foods Industry. The Social, Environmental, and Health Impacts of Soy. – The Cornucopia Institute, 2009. <http://www.cornucopia.org>

³³ На англ. *supercritical CO₂ extraction*.

Рафинирование масел

Растительные масла и животные жиры после отжима или экстракции содержат сопутствующие вещества и нежировые примеси. Нежировые примеси – это обрывки растительных и животных тканей, влага, ядохимикаты (гербициды и прочие пестициды) и другие несвойственные жирам вещества и продукты их превращений. Сопутствующие вещества – это фосфолипиды, пигменты (каротин, хлорофил и т.п.), воски, витамин Е и другие жирорастворимые витамины, стеролы, свободные жирные кислоты, вкусоароматические вещества, сульфоллипиды, гликолипиды, гликопротеиды, фосфопротеиды и др., а также нежелательные вещества – продукты окислительной порчи (окси-соединения, альдегиды, кетоны, и т.п.), продукты полимеризации. Полный цикл рафинации производится в несколько этапов.

1. Предварительная очистка

Предварительная очистка масла от взвесей производится путем отстаивания и фильтрации.

2. Гидратация

На следующем этапе – гидратации – от масла отделяются фосфолипиды, которых может быть до 5,0%. К маслу при температуре 45-70 °С примешивается вода (или водные растворы солей, кислот, щелочей) в количестве 0,5-6%.

В качестве кислоты часто используются фосфорная и лимонная. Фосфолипиды притягиваются к воде, выпадают в осадок и удаляются из масла в виде эмульсии. Полностью отделить фосфолипиды от триглицеридов сложно, поэтому глубина очистки и используемые реагенты зависят от предназначения масла. Тщательно проведенный процесс позволяет получить масла с остаточным содержанием фосфолипидов 0,1-0,2%. Далее масло сразу осушают от остатков воды путем распыления при температуре 85-90 °С в вакууме 0,025 атм. Отделенная фосфолипидная эмульсия также осушается, в результате получается фосфатидный концентрат. В зависимости от технологии и используемого сырья он может быть разного качества.

3. Вымораживание (винтеризация)³⁴

Далее из масла удаляются восковые вещества путем вымораживания. Именно они в основном определяют прозрачность масла. Масло охлаждают до 10-12 °С или ниже, выдерживают, затем нагревают до 18-20 °С и пропускают через фильтры, на которых осаждаются восковые вещества. Снятые с фильтров восковые вещества используют для кормовых целей. Для улучшения отделяемости восковых веществ применяются методы, включающие обработку фосфорной кислотой и раствором силиката натрия; растворением масла в органических растворителях и помещением раствора в электрическое поле.

4. Нейтрализация

Следующим этапом рафинирования является нейтрализация – удаление свободных жирных кислот. Это делается смешиванием с раствором щелочи (едкого натра, едкого

³⁴ От англ. *winter* – зима.

калия и др.), в результате чего образуется мыло, которое потом удаляется центрифугированием в виде так называемого соапстока³⁵. Для уменьшения увлечения с соапстоком триглицеридов, добавляются сульфат натрия и триполифосфат натрия. Нейтрализация проводится при 85-90 °С. Требуемое остаточное содержание мыла в масле не более 0,1%, при хорошо отлаженном процессе – около 0,01%. Оставшееся мыло вымывают чистой горячей водой или преобразуют раствором лимонной или фосфорной кислоты. В двух последних случаях мыло удаляется лучше, но вновь образуется небольшое количество свободных жирных кислот. Затем масло осушается распылением в вакууме при температуре 90-95 °С. Соапстоки идут на производство мыла. Остатки мыла в масле придают ему мыльный привкус.

Щелочная рафинация была разработана в Европе в 1840-х годах, то есть ранее изобретения маргарина.

5. Отбеливание

Далее масло отбеливают. Нейтрализованное масло все еще содержит каротиноиды и хлорофилл, которые придают маслу желто-красные и зеленый оттенки. Эти полезные для организма вещества нежелательны для масел, направляемых на гидрогенизацию, и поэтому удаляются путем адсорбции на специальным образом обработанных природных бентонитовых глинах или реже на активированном угле. Масло смешивается с 0,5-2% порошка отбелочной глины, выдерживается и фильтруется. Температура отбелки составляет 75-80 °С, абсолютное давление 0,04 атм. Время отбелки составляет 20-30 мин; более длительный контакт адсорбента и масла приводит к его окислению и приобретению маслом землистого привкуса. При отбелке глинами происходит частичная изомеризация жирных кислот и образование глицеридов с сопряженными двойными связями, что ухудшает пищевые качества масла.

³⁵ От англ. *soapstock* – сырье для мыла.

6. Дезодорирование

Завершающей стадией обычно является дезодорирование – удаление из масла вкусовых и ароматических веществ, ядохимикатов. К ним относятся короткие жирные кислоты, алифатические углеводороды, эфирные масла, терпены, альдегиды, кетоны, оксикислоты, продукты распада сульфо- и нитросоединений, каротиноидов, стероинов, витаминов, фосфатидов, пестициды и гербициды. Ядохимикаты не удаляются на других стадиях.³⁶ Водяной пар температурой 325-375 °С впрыскивается в масло температурой 170-230 °С, находящееся под вакуумом не выше 0,07 атм. Нежелательные вещества испаряются из масла и уносятся паром. Процесс дезодорации длится в среднем от 1,0 до 3 ч. Качество дезодорации оценивается органолептически – на вкус и запах. Для повышения качества дезодорации в начале процесса добавляют 20% раствор лимонной кислоты (около 0,6 л на тонну).

При дезодорации образуются трансизомеры. Причина этого проста – из-за сильных тепловых колебаний хвостов триглицеридов часть из них «перекручивается» из цис в транс форму.

В оригинальной работе, посвященной измерению содержания трансизомеров в дезодорированных маслах, было обнаружено, что при дезодорации масел при 230 °С в течение 2-3 часов в изомеры преобразовывалось 2-3% линолевой и 25-35% α -линоленовой кислоты; а в продаваемых в розницу маслах было обнаружено до 20% трансизомеров α -линоленовой кислоты от общего ее количества, при общем содержании трансизомеров до 0,6%.³⁷ Таким образом, дезодорированные масла с большим содержанием α -линоленовой кислоты (рапсовое, льняное, соевое, кедровое, конопляное, облепиховое, рыжиковое, хлопковое масла) могут содержать в несколько раз больше трансизомеров, чем обычные масла. Например, дезодорированное рапсовое масло в Америке содержит 1,0-2,5%

³⁶ Отсюда следует, что нерафинированные масла лучше не употреблять в пищу, если они не относятся к классу органических продуктов

³⁷ Ackman, R.G. et al. Linolenic Acid Artifacts from the Deodorization of Oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 51:42 (1974).

трансизомеров α -линоленовой кислоты.³⁸ Тем не менее, согласно действующему в Америке закону на нем может быть написано «0 г трансжиров в одной порции», потому что в одной столовой ложке оно содержит 0,35 г трансжиров – меньше «законных» 0,5 г.

Можно предположить, что жиры с числом двойных связей больше трех (например, рыбий жир) очень легко изомеризуются и поэтому для пищевых целей их лучше вообще не дезодорировать.

Очевидно, для улучшения качества масла необходимо сокращать воздействие температуры, кислорода и щелочи на масло. Существуют технологии, в которых удаление свободных жирных кислот и дезодорирование производят одновременно, путем выпаривания жирных кислот и нежелательных веществ горячим паром. Масло при температуре 170-250 °С и остаточном давлении ниже 0,0013 атм в течении 20-40 мин течет тонким слоем по плоским чашам, в которых смешивается с горячим паром. Испарившиеся вещества конденсируются на стенках дистилляционной емкости и удаляются. Однако, щадящие схемы очистки не подходят для сырья с большим содержанием ядохимикатов.

При выборе схемы рафинации производители исходят из экономических показателей, в том числе допустимого уровня потерь масла, и назначения рафинированного масла. Из двух рафинированных подсолнечных масел, сильно отличающихся по цене, более дешевое было, скорее всего, произведено из менее качественного сырья, по более грубой схеме, с более дешевыми реагентами, с менее строгим контролем, и как результат – содержит больше вредных примесей. Кроме того, добросовестность и стабильность технологических параметров у отечественных производителей в среднем уступает таковым у европейских производителей. Технологии и оборудование для производства масел могут отличаться по качеству не меньше, чем жигули и дорогая иномарка. То же справедливо и по отношению к самому маслу, хотя на вид это может быть незаметно.

³⁸ Hunter JE, Dietary trans Fatty Acids: Review of Recent Human Studies and Food Industry Responses. *Lipids* 2006; 41:967–992

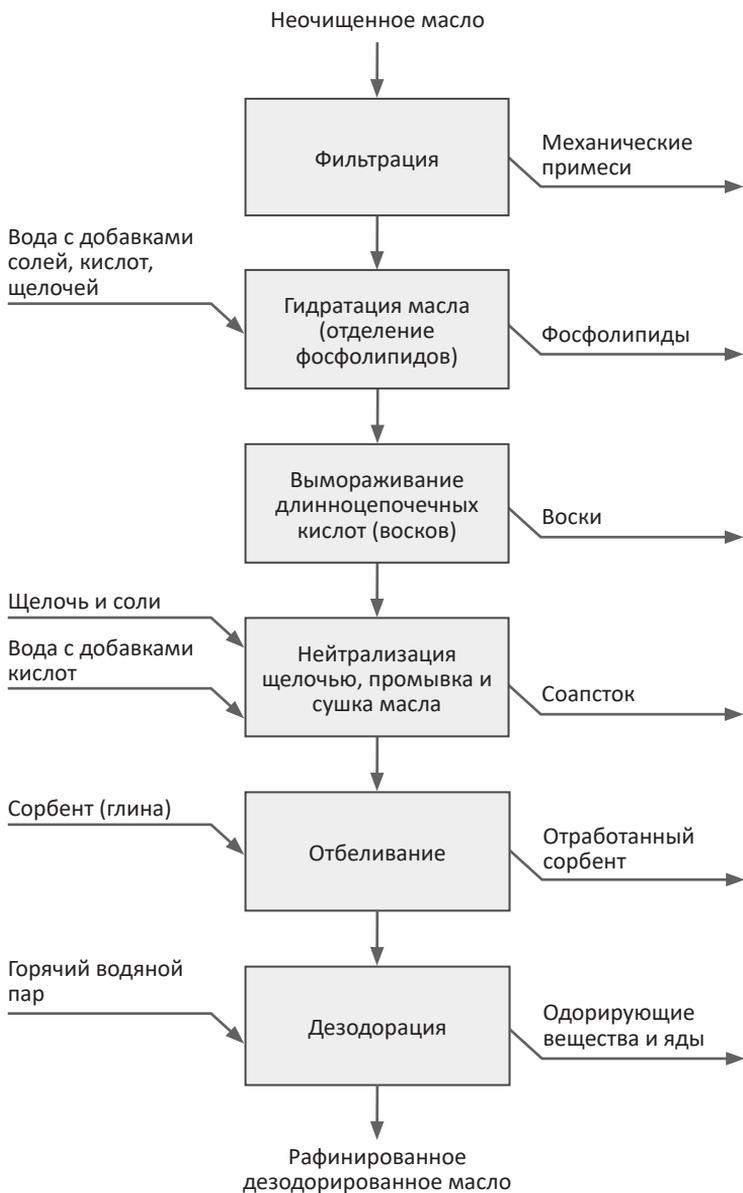


Рис. 11 Схема полного цикла рафинации масла

Модификация жиров

Высококачественные твердые жиры, например сливочное масло и масло какао, довольно дороги и производятся в количестве, не способном удовлетворить потребности пищевой промышленности. Жидкие жиры не могут заменить твердые в большинстве рецептур и часто содержат чрезмерное количество полиненасыщенных жиров. Полиненасыщенные жиры, хотя и обладают высокой пищевой ценностью, требуются в рационе в малом количестве, быстро портятся и не пригодны для интенсивной тепловой обработки. В результате возникла идея химической модификации растительных жиров таким образом, чтобы они стали похожи на сливочное масло или масло какао. Эта идея была реализована с помощью гидрирования жиров.

Гидрогенизация

Процесс гидрирования (гидрогенизации) жиров заключается в том, что двойная связь в ненасыщенной жирной кислоте частично разрывается, и к ней присоединяются два атома водорода³⁹, превращая жирную кислоту в насыщенную. Если после гидрирования в жире остаются двойные связи, то говорят о частичном гидрировании.

Используемый в промышленности процесс гидрирования не является деликатным процессом. Рафинированные жиры смешиваются с водородом в автоклаве под давлением 2-4 атм,

³⁹ Водород на латыни *гидрогениум* – «рождающий воду».

при температуре 190-220 °С в присутствии порошкового катализатора (обычно содержащего никель). Реакция идет с выделением тепла и на поверхности катализатора температура может достигать до 1000 °С.

Помимо насыщения двойных связей в условиях реакции гидрогенизации параллельно также происходят другие процессы:

- перекручивание молекул – преобразование цис-связей в транс-связи (геометрическая изомеризация);
- миграция двойной связи в другое место (позиционная изомеризация);
- образование свободных жирных кислот, соединение их с металлом катализатора (синтез никелевого мыла), образование диглицеридов и моноглицеридов, глицерина. Часть этих веществ подвергается дальнейшему распаду с образованием метана, акролеина, кетонов и других углеводородов и альдегидов;
- переэтерификация – обмен жирными кислотами между триглицеридами и внутри триглицеридов (миграция из крайнего положения в среднее);
- димеризация, циклизация, полимеризация ненасыщенных жирных кислот;
- реакции примесей с катализатором и между собой.

Конечный продукт гидрогенизации называется саломасом. При частичной гидрогенизации в саломасе получается большой процент трансизомеров жирных кислот – теоретически до 67%, на практике обычно до 50%⁴⁰. Повторно используемые катализаторы дают больший выход трансизомеров, чем новые. Это целенаправленно используется для повышения

⁴⁰ В 1995 г в одном из французских шортенингов (из частично гидрогенизированного арахисового масла) было найдено 63,5% трансизомеров. Образец был предоставлен кулинаром, который использовал его для приготовления здоровой пищи. Интересно, что производитель шортенинга в это же время вывел на рынок мягкий маргарин, рекламируемый, как содержащий 0%-трансжиров. [Bayard C.C., Wolff R.L., Trans-18:1 Acids in French Tub Margarines and Shortenings: Recent Trends JAOCS, Vol. 72, no. 12 (1995)]

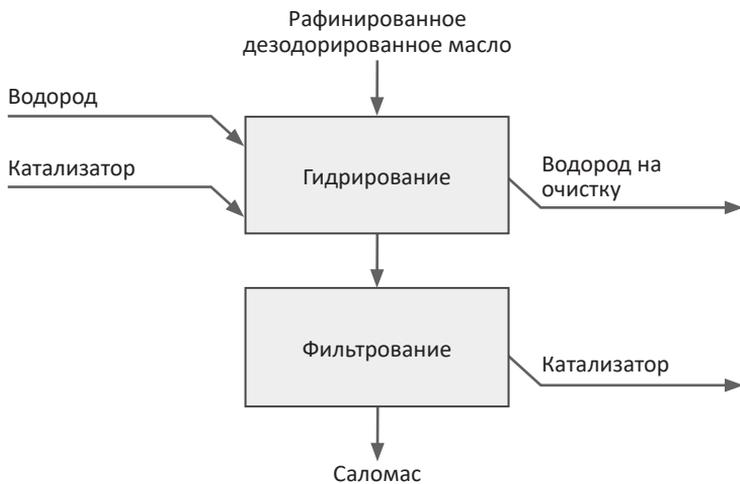


Рис. 12 Схема гидрирования жиров

выхода трансизомеров, поскольку их присутствие повышает твердость саломасов, не ухудшая пластических свойств и незначительно повышая температуру плавления. Твердые саломасы с невысокой температурой плавления применяются в производстве кондитерского жира и заменителей масла какао.

Исходное жировое сырье – рафинированные жиры – не является идеально чистым – в него входят не только триглицериды, но и широкий спектр других компонентов⁴¹, в том числе остатки сельскохозяйственных ядохимикатов⁴² и используемых при рафинации реагентов. Водород, вода и катализаторы также не являются идеально чистыми. Например, водород может содержать примеси аммиака, угарного газа, кислорода, сероводорода, альдегидов, кетонов и т.д.^{43,44} Результирующие вещества и остатки катализаторов должны быть удалены из конечного продукта. До недавнего времени требовалось, чтобы в 1 кг саломаса оставалось не более 10 мг никеля и не более 0,15% влаги и летучих веществ. Ввиду токсичности никеля нормы были ужесточены и по ныне действующему СанПиН 2.3.2.1078–01 содержание никеля в саломасе должно быть не более 0,7 мг/кг.

При подборе оптимальных условий для проведения реакции принимают во внимание характер исходного сырья и степень его загрязнения, требования к техническим характеристикам продукта, его чистоте, рентабельности, производительности, экономии сырья, уменьшению загрязнения окружающей среды и др. Эти требования находятся в противоречии

⁴¹ Хлопок, например, содержит ядовитый черный пигмент госсипол, который делает нерафинированное хлопковое масло несъедобным. Его остатки портят катализатор и затрудняют гидрогенизацию.

⁴² В СССР хлопковое масло являлось по количеству вторым после подсолнечного сырьем для гидрогенизации. Семена хлопка являются побочным продуктом производства хлопкового волокна. По оценкам, на хлопковых плантациях в мире ежегодно отравляются пестицидами 300-500 тысяч людей, 20 тысяч из них погибают [Наука и жизнь. - 2011. - № 3. - С. 76]. Хлопок, наряду с соей, кукурузой и рапсом относится к 4 главным культурам, подвергающимся генетической модификации.

⁴³ Основными способами получения водорода являются электролиз воды и конверсия природного газа (чистота получаемого водорода 97.5-99.8%).

⁴⁴ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – С.137.

друг с другом, поэтому подбор параметров является компромиссом. Поскольку саломас позиционируется как дешевый заменитель натуральных жиров, то главными целями на практике оказываются дешевизна и улучшение потребительских и технологических качеств.

Перезэтерификация

Основной компонент жиров – триглицериды, – состоят из глицерина и трех жирных кислот (Рис. 4). Взяв два триглицерида с разным набором жирных кислот, можно химическим путем произвести частичный обмен жирных кислот между ними и получить новые триглицериды. Этот процесс называется перезэтерификацией.⁴⁵ Обычно перестановка получается случайной, поэтому перезэтерификацию жиров иногда называют рандомизацией⁴⁶.

Механическая смесь жидкого и тугоплавкого жиров будет со временем расслаиваться на фракции, особенно при охлаждении. Однако, если эту смесь перезэтерифицировать, она превратится в однородный жир. При подходящем соотношении исходных жиров получается востребованный в пищевой промышленности низкоплавкий твердый жир.

Структура жирных кислот при перезэтерификации почти не изменяется, за исключением частичной изомеризации. В качестве тугоплавкого жира обычно используется саломас, пальмовое масло или его фракция.

Перед перезэтерификацией жиры рафинируют, нейтрализуют (снижают кислотное число менее 0,5 мг КОН) и осушают (менее 0,015% воды), чтобы уменьшить образование нежелательных побочных продуктов в ходе реакции. Для осушения жиры нагревают до 120-150 °С под низким давлением.

Для ускорения перезэтерификации в качестве катализаторов чаще всего используют порошкообразные этилат

⁴⁵ На англ. перезэтерифицированный жир – *interesterified fat*.

⁴⁶ От англ. *random* - случайный.

натрия и метилат натрия⁴⁷ – 1,0-1,4 кг на тонну жира. Реакция проходит при температуре 80-90 °С, абсолютном давлении 0,16-0,24 атм, около 30 мин. Основным побочным продуктом катализированной переэтерификации является мыло. Катализатор и основная масса мыла удаляется из конечного продукта двукратной промывкой горячей водой. Остатки мыла (около 0,01% от массы продукта) разрушаются 5% раствором лимонной кислоты (около 10 кг раствора на тонну жира).⁴⁸ Готовый жир должен иметь отрицательную качественную реакцию на мыло.

Каталитическая переэтерификация сопровождается образованием небольшого количества трансизомеров. При переэтерификации образуются моноглицериды и диглицериды жирных кислот. Они удаляются дезодорацией. В некоторых случаях переэтерифицированный жир отбеливают глиной. Дезодорация и отбеливание добавляют трансизомеров.

Переэтерификация позволяет уменьшить содержание трансжиров в сравнении с частичной гидрогенизацией. Например, в качестве альтернативы частичной гидрогенизации соевого масла, можно рандомизировать полностью гидрогенизированное соевое масло с негидрогенизированным соевым маслом. При этом общее содержание трансизомеров удается снизить с 30% до 2,5-3,5%, сохранив желаемую температуру плавления. Снижение происходит прежде всего за счет трансизомеров 18:1, содержание трансизомеров 18:2 и 18:3 в переэтерифицированном жире может оказаться даже выше, чем в частично гидрогенизированном.

Из гидрогенизированного пальмоядрового масла получают переэтерифицированный жир с температурой плавления 35-37 °С, который используется в качестве кондитерского жира. Из хлопкового масла вырабатывают переэтерифицированный жидкий жир для хлебопечения.

⁴⁷ Метилат натрия при взаимодействии с водой распадается на едкий натр и сильно ядовитый метиловый спирт, поэтому важна сухость масла.

⁴⁸ Технология переработки жиров. Арутюнян Н.С. и др. М: Агропромиздат, 1985.

В некоторых странах, например в Дании, в качестве катализаторов используют липазы (ферменты, расщепляющие жиры). Применение липаз специального вида позволяет получить направленную перестановку жирных кислот в триглицеридах, в отличие от случайной перестановки, имеющей место при описанной выше химической переэтерификации. Ферментная переэтерификация проводится при более низких температурах (до 70 °С) и лучше контролируется.

Фракционирование

Фракционирование – разделение растительных масел термомеханическим способом на фракции с разным составом жирных кислот. Это наиболее щадящий вид модификации масла. Бывает трех видов: сухое, с применением воды и детергента, с применением растворителя.⁴⁹

Сухое фракционирование заключается в нагревании масла до жидкого состояния, затем охлаждении до частичной кристаллизации и последующем механическом разделении твердой и жидкой фаз. Процесс может быть снова применен к полученным фракциям для более точного разделения триглицеридов.

Фракционирование с применением детергента сначала идет как сухое, а после кристаллизации добавляется 5%-ый раствор детергента, например, лаурилсульфата натрия, с 2% электролита, например, сульфата магния. Далее с помощью центрифуги отделяют твердую фазу. Этот способ позволяет точнее разделить разные триглицериды.

Фракционирование с применением растворителя – сложнее и дороже двух других, но благодаря высокой разделяющей способности, позволяет получить масла с особыми функциональными характеристиками, требующимися для эквивалентов и заменителей масла какао, кондитерских жиров, жидких масел с высокой стойкостью к нагреванию.

⁴⁹ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – С.170.

В качестве растворителя возможно применение ацетона, гексана и 2-нитропропана. Подогретое до жидкого состояния масло смешивают с 3-5 частями растворителя, затем медленно охлаждают до частичной кристаллизации и механически разделяют фазы. Процесс может многократно повторяться к полученным фазам. Растворитель потом удаляется методами, аналогичным используемым при экстракции.

Из пальмового масла путем фракционирования получают пальмовый олеин и пальмовый стеарин. Пальмовый олеин широко используется как масло для жарки, которое более стойко к окислению, чем рапсовое и подсолнечное, не дает салюного привкуса. Пальмовый суперолеин получается фракционированием олеина, используется в салатах и для жарки.

Изменение среднего процентного содержания жирных кислот при фракционировании пальмового масла

Фракция	C16:0	C18:1	C18:2	Прочие ЖК	Т плавл.
Исходное масло	44	37	9	10	33-39 °С
Олеин	41	41	12	6	19-24 °С
Стеарин	57	29	7	7	47-54 °С
Суперолеин	35	45	13	7	13-17 °С

«Средняя фракция» пальмового масла получается многократным фракционированием, сухим или с растворителем, направленным на выделение симметричных триглицеридов, у которых по краям расположены две пальмитиновые жирные кислоты, а в середине – олеин. Имеет крутую кривую плавления, является наиболее часто используемым эквивалентом масла какао. Жировой состав эквивалентов масла какао близок к маслу какао, поэтому они хорошо смешиваются с ним, в отличие от заменителей масла какао, имеющих принципиально иной состав кислот и плохо с ним совместимых.

Стеариновая фракция пальмоядрового масла служит заменителем масла какао. Фракции молочного жира используются в хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Фракционирование также применяется в сочетании с гидрогенизацией или совместно с переэтерификацией. Например, для коррекции неприятного привкуса соевого

масла, который как оказалось, обусловлен наличием в нем линолевой кислоты (7-8%), раньше его частично гидрогенизировали и затем фракционировали («вымораживали») для удаления твердых фракций. Полученное таким способом масло с пониженным содержанием линолевой кислоты (до 3-4%) появилось на рынке США как салатное в 1960-х годах и имело широкий спрос у потребителей и в пищевой промышленности до 1980-х годов. Оно было вытеснено рафинированным соевым маслом, подвергнутым отбеливанию и дезодорации.

Молочный жир разделяют сухим фракционированием на олеиновую и стеариновую фракции. Первая находит применение в печенье и молочных продуктах, вторая – в слоеном тесте.

Фракционирование, благодаря щадящему воздействию на структуру жиров, возможно, станет доминирующей технологией в производстве жиров специального назначения. Невостребованные в пищевой промышленности фракции можно использовать для непищевых целей – для производства топлива, мыла и т.п.

Используемые сегодня в России фракционированные масла с низким содержанием трансизомеров в основном являются импортными.

Таблица 3 Методы, применяемые при производстве растительных масел и жиров

Метод	Условия	Цель	Недостатки
Генетическая модификация	генная инженерия	Получение растений, устойчивых к гербицидам, вредителям, с заданным жировым составом	Повышенное применение ядохимикатов, изменения экосистем. Нынешний уровень развития науки не позволяет предвидеть отдаленные последствия генетической модификации.
Применение удобрений	на поле	Повышение урожайности	Истощение микроэлементного состава почвы, нарушение биоценоза в почве
Применение пестицидов	на поле	Снижение стоимости выращивания	Пестициды (в т.ч. гербициды) накапливаются в тканях растения, отравляются окружающая среда и рабочие
Холодный отжим	прохладная температура	Получение масла высокого качества	Не подходит для сырья, отравленного ядохимикатами
Горячий отжим	до 120 °С	Получение большего выхода масла	Образуется небольшое количество продуктов окисления и разложения
Экстракция	до 100 °С, растворитель	Получение максимального выхода масла	Остатки растворителя в масле, образуются свободные жирные кислоты, изменениям подвергаются фосфатиды, каротиноиды, стеролы, витамины и другие вещества, образуются продукты окисления
Предварительная очистка		Отделение механических примесей	
Гидратация	до 90 °С, кислоты, щелочи	Отделение фосфатиды от триглицеридов	Повышение содержания свободных жирных кислот
Вымораживание	10-20 °С	Отделение восковых веществ	
Нейтрализация	85-95 °С, щелочь	Удаление свободных жирных кислот	Остатки мыла 0,01%
Отбеливание	75-80 °С, глина	Удаление красящих веществ	Изомеризация жирных кислот и образование сопряженных двойных связей
Дезодорирование	до 230 °С, горячий пар до 375 °С	Удаление из масла вкусовых и ароматических веществ, ядохимикатов	Изомеризация преимущественно полиненасыщенных жирных кислот: до 3% линолевой, до 30% линоленовой. Общее содержание трансизомеров прямо пропорционально количеству полиненасыщенных жирных кислот в масле и обычно не превышает 1%, но может быть и больше 3%.
Гидрогенизация	до 220 °С, локально до 1000 °С, никелевый катализатор	Отверждение масла	Многочисленные продукты превращений и распада, остатки никеля. Количество трансжиров в маргаринах сильно варьирует, обычно: 18:1t – до 40%; 18:2t – до 5%; 18:3t – до 1%.
Переэтерификация	до 150 °С, химический или ферментный катализатор	Изменение физических свойств масел без изменения жирнокислотного состава	Переэтерифицированные жиры обычно содержат 2-3% трансизомеров, преимущественно полиненасыщенных жирных кислот; в зависимости от технологии и используемых жиров, возможны сильные отклонения в обе стороны.
Фракционирование сухое	до 50 °С	Изменение пропорции жирных кислот в масле	
Фракционирование с детергентом	до 50 °С, детергент	Изменение пропорции жирных кислот в масле	Остатки детергента
Фракционирование с растворителем	до 100 °С, растворитель	Выделение фракции с узким спектром жирных кислот	Те же, что при экстракции

Производство маргарина

Маргарин представляет собой эмульсию (смесь мелких капель) жиров и воды. Его можно сделать из различных жиров, в том числе натуральных. Например, в маргарине, изобретенном Меж-Мурье, использовались олеиновая фракция говяжьего жира, молоко и соль.

Подавляющее большинство маргаринов сегодня делается на основе гидрогенизированных жиров – саломасов. Саломасы, имеющие непривлекательные вид и вкус, оказалось возможным реализовывать населению в виде маргаринов и спредов. Для улучшения пищевых и товарных свойств в рецептуру маргаринов вводятся растительные масла, молоко, эмульгаторы, жирорастворимые витамины, ароматизаторы и красители.

Маргариновая промышленность СССР выпускала десятки видов маргарина. Приведем две типичные рецептуры.

Маргарин столовый молочный ГОСТ 240-72

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-1, рецептура 1 (Т.пл 31-34 С; тв. 160-280 г/см)	69,0-54,0
Масло растительное жидкое	12,91-27,46
Красители	0,10-0,20
Эмульгаторы: Т-1, Т-2, Т-Ф, МД	0,10-0,30
Сахар-песок	0,50-0,30
Соль	0,70-0,30
Молоко коровье цельное	4,50-9,00
Вода	12,19-8,44
Ароматизаторы	согласно инструкции

Диетический маргарин «Здоровье» ТУ 18-17/44-76⁵⁰

Наименование компонентов	Содержание, %
Пластифицированный саломас, вид 2, марка 2-3, рецептура 2 (Т.пл 29-34 С; тв. 40-90 г/см)	79,50-78,87
Масло растительное жидкое	1,60-2,00
Красители пищевые	0,20-0,30
Эмульгаторы: Т-1, Т-2, Т-Ф, МД	0,10-0,20
Концентрат фосфатидный пищевой	0,40
Сахар-песок	0,50-0,30
Соль	0,15-0,20
Молоко коровье цельное	14,00-15,00
Лимонная кислота	0,01-0,02
Ароматизаторы	согласно инструкции
Витамин А	100000 МЕ на 1 кг маргарина
Витамин Е	300 мг на 1 кг маргарина
Вода	3,98-2,81

Список используемых саломасов показан в Таблице 4.

На основе саломасов также производят жиры специального назначения – кулинарный, кондитерский, хлебопекарный и фритюрный, используемые в общепите и пищепроме. Их основное отличие от маргарина в том, что они почти не содержат воду, количество жира в них до 99,7%. Из саломаса, полученного гидрированием хлопкового и арахисового масел, делают кондитерский жир. Переэтерификацией гидрогенизированной смеси 75% пальмоядрового масла с 25% хлопкового или пальмового получают заменители масла какао.

Жир кондитерский для печения ОСТ 18-197-74

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-1, рецептура 1 (Т.пл 31-34 С; тв. 160-280 г/см)	74,0-72,0
Жир говяжий топленый пищевой	11,5-12,5
Жир свиной топленый пищевой	11,5-12,5
Концентрат фосфатидный пищевой	3,0

⁵⁰ Рецептуры на маргарины и жиры кондитерские, хлебопекарные кулинарные. Л.: ВНИИЖ 1980

Жир кондитерский для шоколадных изделий, конфет и пищевых концентратов ОСТ 18-197-74⁵¹

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-3, рецептура 1 (Т.пл 35-36,5 °С; тв. не менее 550 г/см)	100,0

Жир кондитерский для вафельных и прохладительных начинок ОСТ 18-197-74

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-1, рецептура 1 (Т.пл 31-34 С; тв. 160-280 г/см)	60,0-80,0
Масло кокосовое или пальмоядровое	40,0-20,0

Жир кулинарный «Фритюрный» ОСТ 18-197-74

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-1, рецептура 1 (Т.пл 31-34 С; тв. 160-200 г/см)	100,0

Жир кулинарный «Сало растительное» ОСТ 18-197-74

Наименование компонентов	Содержание, %
Саломас, вид 1, марка 1-1, рецептура 1 (Т.пл 31-34 С; тв. 160-280 г/см)	75,0-85,0
Масло растительное жидкое	25,0-15,0

В качестве эмульгаторов обычно используются моноглицериды и диглицериды⁵² жирных кислот, которые получают переэтерификацией дистиллированного глицерина с триглицеридами. Температура процесса 210-220 °С, вакуум 0,3-0,37 атм. В качестве источника триглицеридов обычно используют саломас, рафинированные говяжий и бараний жир.

⁵¹ В оригинале, по видимому, ошибка, потому что указанный в рецептуре саломас обладает твердостью не выше 450 г/см (см. Таблицу 4).

⁵² Диглицерид получается из триглицерида заменой одной из жирных кислот на гидроксил ОН. В моноглицериде на гидроксил заменены две жирные кислоты. Гидроксильная часть имеет сродство к воде, жирнокислотная – к жирам. Благодаря этому эмульгаторы располагаются на границе между водой и жиром и посредством сил поверхностного натяжения повышают стабильность водно-жировых эмульсий.

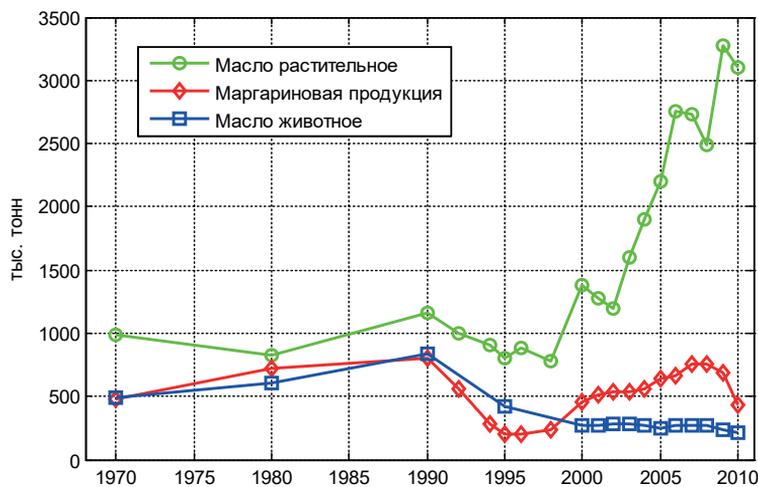


Рис. 13 Производство жиров в России (данные из «Российского статистического ежегодника» 2008-2011 гг.)

Катализатором служит гидроксид калия или оксид кальция. В состав эмульгаторов также могут вводиться фосфолипиды.

Моноглицериды используются в хлебопекарной и макаронной промышленности для улучшения текстуры и облегчения технологических процессов. Например, хлебопекарный улучшитель «Волжский» представляет собой смесь моноглицеридов, эфиров диацетилвиниловой кислоты, хлопкового масла, саломаса, сахара.

За рубежом для приготовления хлеба, кексов, бисквитов, а также для жарения производят газонаполненные жиры, содержащие 4-35% азота.

В России маргариновой продукции производится больше, чем животных жиров, к которым относится и молочный жир (Рис. 13). Число специализированных жиров сегодня исчисляется уже сотнями, если не тысячами. Их состав и происхождение обычно скрыто от посторонних за торговыми наименованиями. По форме они бывают твердыми, мягкими, жидкими, зернистыми, пластифицированными,

Таблица 4 Марки саломасов, используемых при производстве маргариновой продукции в СССР¹

Саломасы	Основные показатели					Исходные жиры и масла	
	Вид	Марка	№	Т пл., °С	Твердость, г/см (при 15°)	Наименование	Содержание, %
Саломас	1	1-1	1	31,0–34,0	160–280	Растительные масла, за исключением пальмового и пальмоядрового, китовый жир и их смеси в любых соотношениях	100
Саломас	1	1-1	1	34,0–38,0	160–450	Хлопковое масло	100
Саломас	1	1-1	2	34,0–38,0	160–450	Пальмовое масло	10-90
						Прочие растительные масла	90-10
Саломас	1	1-1	3	34–43,0	160–450	Пальмовое масло	10–90
						Прочие растительные масла	90–10
Саломас	1	1-2	1	34–36,0	130–450	Пальмовое масло	100
Саломас	1	1-3	1	35–37,0	350–450	Растительные масла (за исключением пальмового и пальмоядрового масел), китовый жир и их смеси в любых соотношениях	100
Саломас	1	1-4	1	18–25,0	Не ниже 550	Хлопковое, арахисовое масла и их смеси с соевым, подсолнечным маслами	100
Пластифицированный саломас ²	1	1-5	1	25–34,0	40–130	Растительные масла, за исключением кокосового, пальмового и пальмоядрового и их смеси	100
						Подсолнечное, хлопковое, соевое масла и их смеси	25–35
						Частично гидрированные пальмовое и др. растительные масла и их смеси с Т. пл. 31–34° С	75–65
Пластифицированный саломас	1	1-5	2	28–34,0	40–70	Соевое, подсолнечное, хлопковое масла	30–65
						Пальмовое масло	70–35
Пластифицированный саломас	1	1-5	3	Не выше 25	Не более 60	Хлопковое масло	100
Пластифицированный саломас	1	1-5	4	Не выше 25	Не более 60	Соевое, подсолнечное, хлопковое масла	80
						Саломас из растительных масел (в том числе пальмового с Т. пл. 39–43° С)	20
Пластифицированный саломас	1	1-5	5	Не выше 25	Не более 60	Масло подсолнечное, соевое	60–80
						Пальмовое масло	40–20
Пластифицированный саломас	1	1-6	1	34–36	Не менее 750 (20° С)	Масло пальмоядровое	100–70
						Масло хлопковое, пальмовое	0–30
Пластифицированный саломас	1	1-7	1	35–37,0	Не менее 700 (20° С)	Масло кокосовое	100–70
						Масло хлопковое, пальмовое	0–30
Саломас	2	2-1 (А)	1	31–34,0	168–280	Растительные масла, за исключением пальмового и пальмоядрового масел	80
						Пищевые топленые животные жиры	20
Саломас	2	2-2 (Б)	1	31–37,0	160–280	Растительные масла, за исключением пальмового и пальмоядрового масел	60
						Пищевые топленые животные жиры	40
Пластифицированный саломас	2	2-3	1	28–35,0	40–130	Растительные масла, за исключением пальмового и пальмоядрового масел	45–15
						Частично гидрированное пальмовое и др. растительные масла с Т. пл. 31–43°С	20–50
						Пищевые топленые животные жиры	35
Пластифицированный саломас	2	2-3	2	29–34,0	40–70	Масло подсолнечное	65
						Говяжий пищевой топленый жир	35

¹ Рецептуры на маргарины и жиры кондитерские, хлебопекарные кулинарные. Л.: ВНИИЖ 1980

² Пластифицированный саломас имеет однородную (не зернистую) структуру, получается быстрым охлаждением и гомогенизацией.

гранулированными, порошкообразными. Крупные производители жиров для оптимизации производства используют внутренние системы саломасов, – все разнообразие выпускаемых жиров делается на основе небольшого числа саломасов.

Производители соперничают между собой в создании специализированных жиров, лучше отвечающих технологическим запросам и более дешевых. В формировании спроса на их продукцию преобладает второе.⁵² Этому способствуют и сами производители специжиров, – продвигая свои продукты, они делают акцент на их технологических преимуществах, а о недостатках предпочитают умалчивать или не привлекать к ним внимание. У покупателей создается впечатление, что все спецжиры – продукты высокого качества, поэтому при выборе решающими оказываются цена и удобство работы с поставщиком, а не пищевые качества продукта.

Использование суррогатов в производстве кондитерских и мучных изделий – основная причина, почему они стали дешевыми и невкусными.

⁵² Рынок промышленных жиров (специализированных жиров и маргаринов) в России. СПб.: КредИнформ, 2011.

Влияние гидрированных жиров на организм

(О чем не любят говорить производители трансжиров).

Практически все биохимические реакции в живых организмах происходят не пассивно, а ускоряются ферментами в миллионы и миллиарды раз, а иногда и триллионы. Жизнь не могла бы противостоять разрушающему действию неживой материи без преимущества в скорости протекания реакций. Ферменты представляют собой белки размером несколько нанометров, обычно состоящие из десятков тысяч атомов. По сути, белки – это специализированные квантовые наномашинки, которые выполняют всю работу в организме. Их трехмерная структура, равно как и структура молекул обрабатываемых ими субстратов, имеет решающее значение для их функций. Если в ферменте или молекуле субстрата заменить какую-либо часть на изомер, фермент может оказаться не в состоянии работать с субстратом.

Большинство трансизомеров жирных кислот, образующихся в жирах в процессе гидрогенизации, дезодорации, отбеливания и воздействия высоких температур, в природе встречаются лишь в следовых количествах. Для организма человека они чужеродны.

Трансизомеры жирных кислот, оказавшись в составе фосфолипидов клеточных мембран, влияют на работу белковых молекул,⁵⁴ пронизывающих мембраны, так называемых трансмембранных белков. Это нарушает передачу сигналов, например, при взаимодействии гормонов с рецепторами, по-

⁵⁴ Roach C, et al. Comparison of cis and trans fatty acid containing phosphatidylcholines on membrane properties. *Biochemistry* 2004;43:6344-51

сколько рецепторы являются трансмембранными белками, а также работу рецепторов на мембранах ядер клеток, модулирующих экспрессию генов.⁵⁵ Страдает транспорт веществ, ведь белковые каналы для переноса молекул через мембрану также относятся к трансмембранным белкам. Так как фосфолипиды являются еще и сырьем для синтеза регуляторных молекул иммунной системы, наличие в них жирных кислот в транс-конфигурации приводит к нарушению биохимии воспалительных процессов. Молекулярные механизмы и последствия таких изменений в последнее время стали предметом активного изучения.

Помимо повышения риска развития атеросклероза и сопутствующих заболеваний сердца и сосудов, трансжиры снижают чувствительность клеток поджелудочной железы к инсулину (диабет 2-го типа), провоцируют развитие хронических воспалительных процессов и ожирение. Похоже, что трансжиры также повышают риск развития некоторых видов рака, однако данных, подтверждающих эту гипотезу, пока еще недостаточно.

Одним словом, если вместо нормального строительного материала мы предлагаем своему организму бракованные трансизомеры, образуются дефектные биологические структуры, которые начинают давать сбой в самых разных ситуациях.

По статистике наибольшую угрозу здоровью несут заболевания системы кровообращения, прежде всего заболевания артерий – атеросклероз. По артериям тканям доставляется высокоактивное вещество – кислород. За свою жизнь человек потребляет около 15 тонн кислорода. Кислород переносится красными кровяными клетками, эритроцитами. Они живут всего 4 месяца и лишены ядер, митохондрий и ряда других клеточных структур. В норме эритроциты отдают кислород в капиллярах. Его утечки при транспортировке приводят к окислению липидов и повреждению стенок артерий. Трансизомеры повышают твердость не только маргарина, но и мембран эритроцитов

⁵⁵ Vanden Heuvel JP. Diet, fatty acids, and regulation of genes important for heart disease. *Curr Atheroscler Rep* 2004; 6:432-40.

и липидных шариков, в форме которых транспортируются жиры в ткани и из тканей. Повышенная жесткость эритроцитов затрудняет их деформацию при протискивании через капилляры; ухудшает способность эритроцитов концентрироваться преимущественно в центре артерий, в результате чего увеличивается частота соударений со стенками артерий. Возможно, изменяется способность эритроцитов агрегироваться в монетные столбики, снижающие потери кислорода. Из-за патогенных факторов, в том числе трансжиров, система регуляции и защиты стенок артерий начинает давать сбои. В артериальных стенках появляются воспалительные процессы. По одной из версий, микроповреждения сосудов организм закрывает холестерином, по другой, превышение поступления холестерина в стенки сосудов над его выходом и является причиной воспаления. В любом случае, если дисфункция защитной системы сохраняется, сосуды повреждаются снова и снова. В них скапливаются макрофаги, поглощающие окисленный холестерин. Они образуют объемные бляшки, которые постепенно укрепляются соединительной тканью и кальцием. В бляшки прорастают сосуды артерий. Просвет артерий сужается, возникает недостаточное кровоснабжение. Недостаточное кровоснабжение тканей организм пытается компенсировать повышением давления крови, но это ускоряет износ артерий. Кровоточащие бляшки образуют тромбы, которые со временем отрываются и перекрывают сосуд по ходу движения, вызывая локальный некроз тканей. Потерявшие эластичность сосуды при нагрузке могут лопнуть. Кровоизлияние в мозг или в сердце приводит к смерти или инвалидности.

Полной теории развития (этиологии) атеросклероза до сих пор не существует, поэтому пока не известны все пути, какими трансжиры участвуют в атерогенезе.

Исследования влияния трансжиров на организм можно разделить на три группы: эпидемиологические, клинические, молекулярные.

В эпидемиологических исследованиях приблизительно оценивается потребление трансизомеров среди больших групп (десятки тысяч людей) в течение многих лет и находятся

статистические связи потребления с частотой заболеваний. Сами по себе, без привлечения дополнительных соображений, эти исследования не позволяют судить о причинно-следственных связях, но позволяют оценить риски.

В клинических испытаниях небольшие группы (десятки людей или животных) находятся на строго контролируемой диете. Изучаются связи между диетой, клиническими проявлениями и биохимическими показателями.

Исследования на молекулярном уровне изучают пути и механизмы метаболизма трансжиров. В основном они проводятся *in vitro* («в пробирке») на культурах тканей или с ферментами, выделенными из живых тканей.

Статистические данные

В 1993 году в журнале *Lancet* была опубликована статья, в которой на основании анализа 10-летних данных наблюдения за медсестрами ($n = 85\,095$) установлено, что среди тех, кто употреблял много маргарина, случаев инфаркта миокарда было примерно в 1,5 раза больше, чем среди тех, кто употреблял его мало.⁵⁶

Последующие эпидемиологические исследования ($n \approx 140\,000$) позволили уточнить эти результаты. Установлено, что замена углеводов на трансжиры в объеме 2% калорийности рациона увеличивает риск ишемической болезни сердца (ИБС) на 24%; замена сливочного масла или животного жира на гидрогенизированные жиры (с содержанием 10-40% трансжиров) в объеме 8% калорийности рациона увеличивает риск ИБС на 6-10%.⁵⁷

В России, начиная с 1970-х годов, более половины смертей обусловлены болезнями системы кровообращения. Среди них половина приходится на ишемическую болезнь сердца

⁵⁶ Willett WC, et al. Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease. *Lancet* 1993;341:581-5.

⁵⁷ Mozaffarian D, Clarke R (2009). Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *Eur J Clin Nutr* 63(Suppl 2), S22–S33.

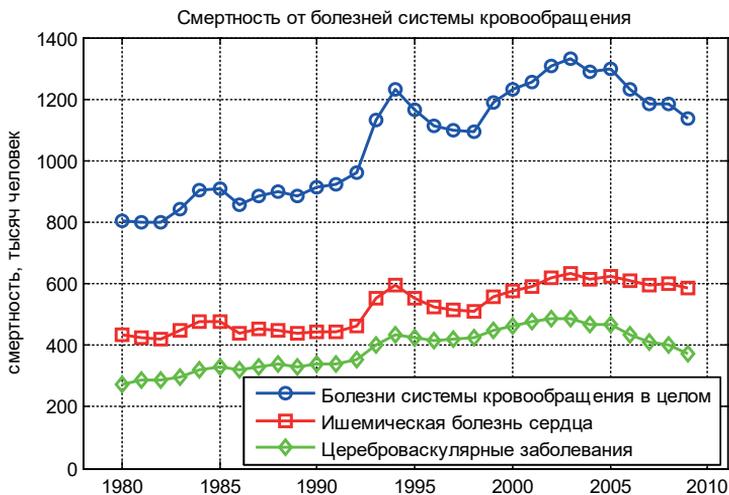


Рис. 14 Число умерших в России от болезней системы кровообращения по данным ВОЗ.

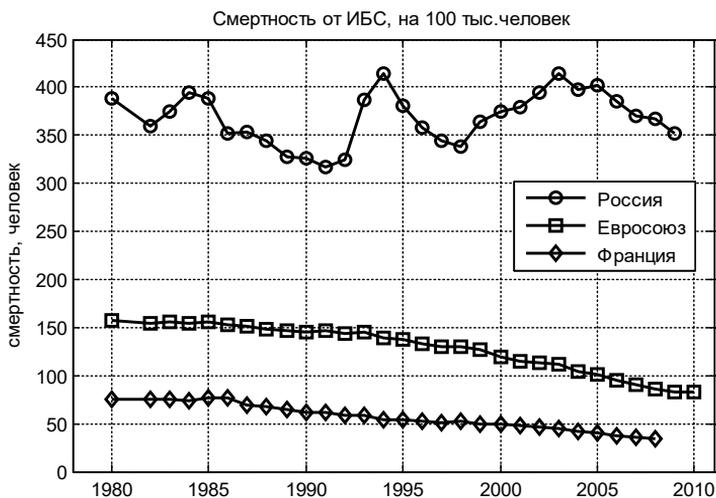


Рис. 15 Смертность в европейских странах от ишемической болезни сердца на 100 тыс. человек (WHO/Europe, European mortality database (MDB) <http://data.euro.who.int/hfamdb/>).

(52,5% в 2011 году, или 29,2% от общего числа умерших) и треть на заболевания сосудов мозга. В США и Европе почти 50% случаев всех смертей также является следствием заболеваний сосудов.

В 2007 г среднее суточное потребление маргариновой продукции в России составляло 15 г/чел, или 6-8% от калорийности рациона.⁵⁸ Отсюда можно сделать оценку, что из-за употребления гидрогенизированных жиров риск ИБС у россиян повышен на 5-10%. По данным Федеральной службы государственной статистики в России в 2010 г от болезней системы кровообращения умерли 1152 тыс. человек, из них около 600 тыс. – от ИБС. Отсюда получаем, что из-за гидрогенизированных жиров умирают 30-60 тыс. человек в год. Для сравнения: по причине убийств в России в 2010 г погибло 19 тыс. человек, самоубийств – 34 тыс. Трансжиры убивают не меньше, чем настоящие убийцы.

Похожие оценки были сделаны в США (1994 г.) – 30 тыс. смертей в год из-за употребления гидрогенизированных жиров⁵⁹ (подверглась критике^{60,61}), в США (2006 г.) – 72 тыс. инфарктов в год (включая нелетальные)⁶², в Англии (2011 г.) – 7 тыс. смертей в год.⁶³

ВОЗ рекомендовала в 2003 г, чтобы содержание трансжиров в калорийности рациона не превышало 1%.

Дания была первой европейской страной, принявшей радикальные меры. В 2003 г в Дании запретили все продукты,

⁵⁸ Основная часть гидрогенизированных жиров потребляется не в виде маргарина, а в виде специальных жиров – кондитерских, кулинарных, фритюрных и т.п..

⁵⁹ Willet WC and Ascherio A (1994). Trans – fatty Acids: Are the Effects Only Marginal? American Journal of Public Health 84: 722-724.

⁶⁰ A Leviton. 1995. Trans fatty acid and coronary disease: the debate continues. 1. The use of population attributable risk. American Journal of Public Health 85:3, 410-413.

⁶¹ S Shapiro. 1995. Trans fatty acid and coronary disease: the debate continues. 2. Confounding and selection bias in the data. American Journal of Public Health 85:3, 410-413.

⁶² Mozaffarian D et al., Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. N Engl J Med 2006; 354:1601-1613

⁶³ Coombes R, Trans fats: chasing a global ban. BMJ 2011;343:d5567 doi: 10.1136/bmj.d5567

включая продукцию общепита, в которых содержание трансжиров превышает 2% от общего жира.

В США, Канаде и многих европейских странах введены законодательные ограничения содержания трансжиров в продуктах. На этикетках обязательно должно быть указано количество трансжиров.

К 2009 г Финляндия и Норвегия сумели снизить потребление трансжиров до 0,5-0,8% в суточной калорийности.

В России снижение содержания трансжиров во всех продуктах до 2% должно быть завершено к 2018 г. Требование указания трансжиров на этикетке запланировано ввести в 2013 г.

Особый вред трансжиры могут принести детям. Нервные клетки, половые железы, сосуды, загруженные трансжирами, не помогут детям развиваться, не сделают их счастливее. В международном исследовании были изучены результаты аутопсий 1277 человек в возрасте 5–34 лет, погибших от травм.⁶⁴ Даже в самой молодой возрастной группе 5–14 лет в 87% случаев в аортах были обнаружены жировые пятна, а в 30% случаев такие пятна были обнаружены и в коронарных артериях. Площадь этих жировых пятен в сосудах увеличивалась с возрастом, особенно в возрастной группе 15–24 лет. В другом исследовании обнаружено, что чем чаще дети 3-7 лет употребляют маргарин вместо масла, тем ниже их умственные способности.⁶⁵

В одночасье невозможно удалить из оборота все продукты, содержащие трансжиры, но почему-бы уже сейчас не сократить их в питании детей? Что мешает запретить все продукты с модифицированными жирами в меню детских учреждений, в школьных буфетах и близлежащих магазинах уже сегодня? А также запретить выкладывать в магазинах кондитерские изделия, не одобренные для детского питания, в пределах досягаемости детей – на нижних полках и у касс. Или интересы производителей нам дороже здоровья наших детей?

⁶⁴ Все о холестерине: национальный доклад; под ред. академика РАМН Л. А. Бокерия, академика РАМН Р. Г. Оганова. – М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2010. – 180 с.

⁶⁵ Theodore, R.F., et al., Dietary patterns and intelligence in early and middle childhood, *Intelligence* (2009)

Клинические и лабораторные исследования

По этическим причинам клинические испытания потребления трансизомеров на людях дольше 1,5 месяцев не проводились. Учитывая то, что скорость обновления жирных кислот в мембранах клеток очень низкая – месяцы и годы, то краткосрочные исследования могут не выявить все последствия замены жирных кислот в мембранах на изомеры. В этом отношении выделяются клетки крови, например, эритроциты с их временем жизни 4 месяца, а также дети, – в их организмах идет активное формирование клеток. У взрослых основными наблюдаемыми параметрами являются сдвиги в биохимических показателях и показателях иммунитета. На детях клинических испытаний не проводилось.

Десятки кратковременных (3-6 недель) клинических исследований на людях выявили изменения в липидном составе крови при употреблении трансжиров. Нарушения в липидном обмене считаются одним из основных факторов провоцирующих атеросклероз. Холестерин переносится кровью в форме шариков, помеченных белком. Шарик низкой плотности (ЛНП-холестерин) доставляют холестерин к тканям, и поэтому условно их называют плохим холестерином. Шарик высокой плотности (ЛВП-холестерин) уносят холестерин от тканей к печени, и поэтому условно их называют хорошим холестерином. Трансизомеры повышают концентрацию в крови «плохого» ЛНП-холестерина примерно также, как насыщенные жиры, но в отличие от последних они понижают концентрацию «хорошего» ЛВП-холестерина. Отношение ЛНП/ЛВП-холестерин, – важный показатель риска ишемической болезни сердца, – повышается трансжирами примерно вдвое больше, чем насыщенными жирами.⁶⁶ Кроме того, трансжиры повышают в крови уровень триглицеридов⁶⁷

⁶⁶ Ascherio, A., Katan, M.B., Zock, P.L., Stampfer, M.J., Willett, W.C. 1999. Trans fatty acids and coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.* 340, 1994–1998.

⁶⁷ Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids

и липопротеина(а) (атерогенного липопротеина)⁶⁸; увеличивают концентрацию мелких частиц липопротеинов низкой плотности.⁶⁹ Каждое из этих изменений в липидных показателях увеличивают риск ИБС. Оценка их суммарного вклада в риск ИБС дает более низкую величину, чем наблюдаемый в эпидемиологических исследованиях рост риска ИБС при употреблении трансжиров. Это указывает, что вредное воздействие трансжиров обусловлено не только изменениями в липидном составе крови.⁷⁰

Трансжиры вызывают воспаление в организме. Об этом свидетельствует увеличение активности фактора некроза опухолей, уровня интерлейкина-6, С-реактивного белка.^{71,72,73}

Трансжиры вызывают нарушения эндотелиальной функции в сосудах (биохимических реакций, регулирующих сокращение и расширение сосудов для адекватного кровоснабжения тканей). Об этом свидетельствуют биомаркеры⁷⁴ и прямые измерения потока крови в плечевой артерии.⁷⁵

and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:1146-55.

⁶⁸ Ascherio, A., Katan, M.B., Zock, P.L., Stampfer, M.J., Willett, W.C. 1999. Trans fatty acids and coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.* 340, 1994–1998.

⁶⁹ Mauger, J-F., Lichtenstein, A.H., Ausman, L.M., Jalbert, S.M., Jauhiainen, M., Ehnholm, C., Lamarche, B. 2003. Effect of different forms of dietary hydrogenated fats on LDL particle size. *Am. J. Clin. Nutr.* 78, 370–375.

⁷⁰ Mozaffarian D et al., *Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. N Engl J Med* 2006; 354:1601-1613

⁷¹ Mozaffarian D, Pischon T, Hankinson SE, et al. Dietary intake of trans fatty acids and systemic inflammation in women. *Am J Clin Nutr* 2004;79:606-12.

⁷² Lopez-Garcia E, Schulze MB, Meigs JB, et al. Consumption of trans fatty acids is related to plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction. *J Nutr* 2005;135:562-6.

⁷³ Mozaffarian D, Rimm EB, King IB, Lawler RL, McDonald GB, Levy WC. Trans fatty acids and systemic inflammation in heart failure. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1521-5.

⁷⁴ Lopez-Garcia E, Schulze MB, Meigs JB, et al. Consumption of trans fatty acids is related to plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction. *J Nutr* 2005;135:562-6.

⁷⁵ de Roos NM, Bots ML, Katan MB. Replacement of dietary saturated fatty acids by trans fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21:1233-7.

Обстоятельный обзор влияния трансжиров на ИБС опубликован в 2006 г группой ведущих исследователей.⁷⁶ Общий обзор подготовлен Hunter в том же году.⁷⁷

На основании десятков клинических испытаний эксперты ВОЗ в 2009 г пришли к выводу, что повышение риска ИБС при употреблении трансжиров связано с:

- повышением уровня ЛНП-холестерина;
- повышением уровня липопротеина (а);
- понижением уровня ЛВП-холестерина;
- провоцированием воспаления;
- эндотелиальной дисфункцией;
- влиянием на свертываемость крови;
- снижением чувствительности клеток к инсулину;
- влиянием на функции, в которых участвуют простаноиды;
- замещением незаменимых жирных кислот в мембранах клеток;
- влиянием на ключевые функции, выполняемые мембранами.

Поскольку гидрогенизированные жиры с трансизомерами 1) будучи искусственно созданными, не являются необходимой частью рациона, и 2) оказывают вредное воздействие, ВОЗ в 2009 г рекомендовала рассматривать их как опасные вещества, подлежащие удалению из продуктов питания.⁷⁸

⁷⁶ Mozaffarian D et al., Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. N Engl J Med 2006; 354:1601-1613

⁷⁷ Hunter JE, Dietary trans Fatty Acids: Review of Recent Human Studies and Food Industry Responses. Lipids 2006; 41:967-992

⁷⁸ WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions // R Uauy, A Aro, R Clarke, Ghafoorunissa, M R L'Abbé, D Mozaffarian, C M Skeaff, S Stender, M Tavella // European Journal of Clinical Nutrition (2009) 63, с.68-75

Включение трансжиров в ткани тела

С помощью изотопных меток показано, что степень усвоения из кишечника трансизомеров вида 18:1, наиболее обильно представленных в гидрогенизированных жирах, такая же, как у обычных жиров – около 95 %.⁷⁹

В 1983 г. взрослых кроликов (24 особи) разделили на три группы и содержали в течение 5 месяцев на диетах с разным содержанием трансизомера 18:1t – 0%, 8% и 15% трансизомеров в энергии рациона. Через 5 месяцев в плазме крови, эритроцитах, митохондриях печени и микросомах печени концентрация трансизомера 18:1t была прямо пропорциональна его поступлению с пищей:⁸⁰

Содержание трансизомера 18:1t в тканях кроликов для трех рационов (в процентах от общего количества жирных кислот).

	Рацион 1	Рацион 2	Рацион 3
В рационе	следы	23,0	43,0
В плазме крови	0,2	6,9	13,0
В эритроцитах	0,2	4,8	12,0
В митохондриях печени	0,2	5,5	12,0
В микросомах печени	0,35	6,1	12,0

Таким образом, трансизомер 18:1t включается в клеточные структуры наравне с другими жирными кислотами. В клеточных структурах его доля среди жирных кислот примерно в 4 раза меньше, чем в поступающем с пищей жире. Например, если в пищевом жире содержится 10% трансизомеров 18:1t, можно ожидать, что в липидах клеток его будет 2,5%.

Включение в клеточные структуры трансизомеров в таких объемах – в десятки раз превышающее их естественное содержание, должно было бы насторожить и привести к запрету их употребления в пищу до тех пор, пока не будет всесторонне выяснена их безопасность. Этого не произошло.

⁷⁹ Emken EA. 1979. Utilization and effects of isomeric fatty acids in humans. In: Emken EA, Dutton HJ, eds. Geometrical and Positional Fatty Acid Isomers. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society. Pp. 99–129.

⁸⁰ Ruttenberg H et al., Influence of Trans Unsaturated Fats on Experimental Atherosclerosis in Rabbits. J. Nutr. 113: 835-844, 1983

Исследования на крысах показали, что трансизомеры включаются в нервные клетки, в сетчатку глаза.⁸¹ Передаются плоду при вынашивании и вскармливании.⁸² Нарушают развитие половых желез.⁸³

Позже появились исследования людей. В фосфолипидах плазмы крови 3330 американцев в 1989-1993 гг найдены следующие концентрации трансизомеров: 16:1t – $0,25 \pm 0,06\%$, 18:1t – $2,0 \pm 0,71\%$, 18:2t – $0,27 \pm 0,09\%$.⁸⁴ Это приблизительно соответствует содержанию 8-10% трансжиров в поступающем с пищей жире.

Трансизомеры обнаруживаются в жировой части практически всех органов и тканей человека – 2–3%, жире женского молока – в среднем 1% в Испании, 2% во Франции, 4% в Германии, 7% в Канаде и США.⁸⁵

В 1998 г в жире грудного молока канадских женщин среднее содержание трансизомеров было 7%; у отдельных женщин – до 18%. В 2003 г в Канаде начали указывать содержание трансжиров на упаковке, в 2005 г указание стало обязательным. К 2006 г среднее содержание трансизомеров снизилось до 4,5%.⁸⁶

В 1995 г Wolff вывел приближенную формулу, позволяющую по содержанию в грудном молоке изомера t16-18:1, оценить количество трансжиров, поступающих с пищей матери из частично гидрогенизированных жиров:

⁸¹ Acar N et al., The retina is more susceptible than the brain and the liver to the incorporation of trans isomers of DHA in rats consuming trans isomers of alpha-linolenic acid. *Reprod Nutr Dev.* 2006 Sep-Oct;46(5):515-25

⁸² Grandgirard A et al., Incorporation of trans long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in rat brain structures and retina. *Lipids.* 1994 Apr;29(4):251-8.

⁸³ Jensen B, Rat testicular lipids and dietary isomeric fatty acids in essential fatty acid deficiency. 1976, *Lipids*, 11, 3:179-188

⁸⁴ Micha R et al., Food sources of individual plasma phospholipid trans fatty acid isomers: the Cardiovascular Health Study. *Am J Clin Nutr.* 2010 April; 91(4): 883–893

⁸⁵ Emken EA. Physicochemical properties, intake, and metabolism. *Am J Clin Nutr* 1995 62: 659S-669S

⁸⁶ Friesen R, Innis S, Trans Fatty Acids in Human Milk in Canada Declined with the Introduction of Trans Fat Food Labeling. *J Nutr.* 2006 Oct;136(10):2558-61

$$x = 110 - 14,2 y$$

где y – процентная доля изомера t16-18:1 среди всех транс-изомеров 18:1, x – процентная доля трансизомеров из частично гидрогенизированных жиров.⁸⁷ Например, при $y = 4,9\%$, получаем $x \approx 40\%$.

Исследования не выявили присутствия трансизомеров в жире диких животных (медведь, барсук, сурок, страус, кенгуру), морских млекопитающих и беспозвоночных (тюлень, нерпа, лахтак, киты, крабы, угри, кальмары, галатурии, мидии), а также многочисленных видов морских и речных рыб.⁸⁸

Необходимость классификации трансжиров

Представление о трансжирах, как о вредном компоненте пищи, стало распространенным. Однако, не все так просто. Дело в том, что хотя больше всего трансжиров содержится в частично гидрогенизированных жирах, они также присутствуют и в натуральных продуктах. Больше всего их в молоке и мясе жвачных животных – обычно около 4-5%, но бывает больше 8%, если животных держат на специальном рационе. Позиция ВОЗ в отношении натуральных трансжиров сводится к тому, что при употреблении в традиционных количествах они безопасны,⁸⁹ во всяком случае, доказательств обратного пока не существует.⁹⁰

⁸⁷ Wolff, R.L., Content and Distribution of trans- 18:1 Acids in Ruminant Milk and Meat Fats. Their Importance in European Diets and Their Effect on Human Milk, J. Am. Oil Chem. Soc. 72:25%272 (1995).

⁸⁸ Кулакова С.Н. и др., Транс-изомеры жирных кислот в пищевых продуктах. Масла и жиры №3-2008

⁸⁹ WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions // R Uauy, A Aro, R Clarke, Ghafoorunissa, M R L'Abbé, D Mozaffarian, C M Skeaff, S Stender, M Tavella // European Journal of Clinical Nutrition (2009) 63, с.68–75

⁹⁰ Consumption of industrial and ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. Bendtsen NT, Christensen R, Bartels EM, Astrup A. Eur J Clin Nutr. 2011 Jul;65(7):773-83.

В 1954 г. в одной из первых работ, посвященных анализу трансжиров в маргаринах и шортенингах, было отмечено, что в 1953 г. впервые потребление маргарина в США превысило потребление масла, а тщательного анализа состава трансизомеров в коммерческих продуктах до сих пор не произведено.⁹¹ Чтобы восполнить этот пробел авторы измерили общее содержание трансизомеров, в продаваемых в розницу шортенингах и маргаринах. Оно оказалось 23-42% от общего жира, в среднем 30%. Шортенинг Crisco содержал 23%. Исследователи отметили, что ненасыщенные жиры в гидрогенизированных маслах, особенно полиненасыщенные, представляют собой чрезвычайно сложную смесь позиционных и геометрических изомеров, идентифицировать которые пока невозможно; их влияние на организм не известно.

Активное изучение влияния отдельных трансизомеров началось только в конце 90-х годов, когда появились доступные методы определения их содержания. Однако, на сегодняшний день по-прежнему мало сведений о влиянии отдельных трансизомеров и их содержании в продуктах. Обычно в исследованиях указывается общее количество трансизомеров жирных кислот, либо содержание 18:1t и 18:2t без дальнейшего их разделения. Это затрудняет сравнительный анализ действия на организм отдельных изомеров и приводит к необоснованным выводам о вреде всех трансизомеров без исключения. У олеиновой кислоты 18:1 существует 23 геометрических и позиционных изомера. У линолевой кислоты 18:2 количество изомеров свыше сотни, у линоленовой 18:3 – свыше тысячи. Когда рассматривают действие на организм трансизомеров в целом, неявно полагают что их действие схоже. Однако, изучение влияний на организм некоторых изомеров 18:2, о чем речь пойдет дальше, показало, что это допущение далеко от истины.

⁹¹ Mabrouk A.F. and J. B. Brown. The trans fatty acids of margarines and shortenings J. Am. Oil Chem. Soc. 1954, 33, 3:98-102,

Трансизомерный состав продуктов

Интересно сравнить состав изомеров в гидрогенизированных жирах и натуральных продуктах.

В частично гидрогенизированных жирах обычно преобладают трансизомеры олеиновой кислоты 18:1 – 20-40% от общего жира. Содержание трансизомеров 18:2 примерно в 3-10 раз меньше, чем трансизомеров 18:1. Содержание трансизомеров 18:3 примерно в 100-1000 раз меньше, чем трансизомеров 18:1. Это объясняется тем, что чем больше двойных связей в жирной кислоте, тем быстрее она насыщается водородом при гидрогенизации. Содержание трансизомеров 16:1 обычно не превышает 0,5%. Практически отсутствуют данные об изомерах жирных кислот C20 и более длинных.

В жире молока и мяса жвачных животных из всех трансизомеров преобладает вакценовая кислота 11t-18:1 – один из трансизомеров олеиновой кислоты. Ее содержание варьирует от 0,5% до 4% и выше, в среднем около 2%. На втором месте идет руменовая кислота c9,t11-18:2 – один из трансизомеров линолевой кислоты. Ее содержание также варьирует от 0,2% до 2%, в среднем около 1%.

Соотношение позиционных изомеров трансизомера олеиновой кислоты в жире молока и маргарине показано на [Рис. 16](#). Если в жире молока доминирует один трансизомер – вакценовая кислота, то в маргарине обильно представлены 9 трансизомеров, причем их количество больше, чем в жире молока. Таким образом, спектр трансизомеров олеиновой кислоты существенно отличается в маргарине и в молочном жире.

В жире женского грудного молока, также преобладает вакценовая кислота, если женщина употребляет не слишком много маргарина ([Рис. 17](#)).

Число трансизомеров линолевой кислоты 18:2 свыше сотни. Их спектр в молоке и маргарине по-видимому различается еще больше, чем для олеиновой. Частичный спектр молочного жира показан в Таблице 6. В молоке среди трансизомеров с двумя двойными связями преобладает руменовая

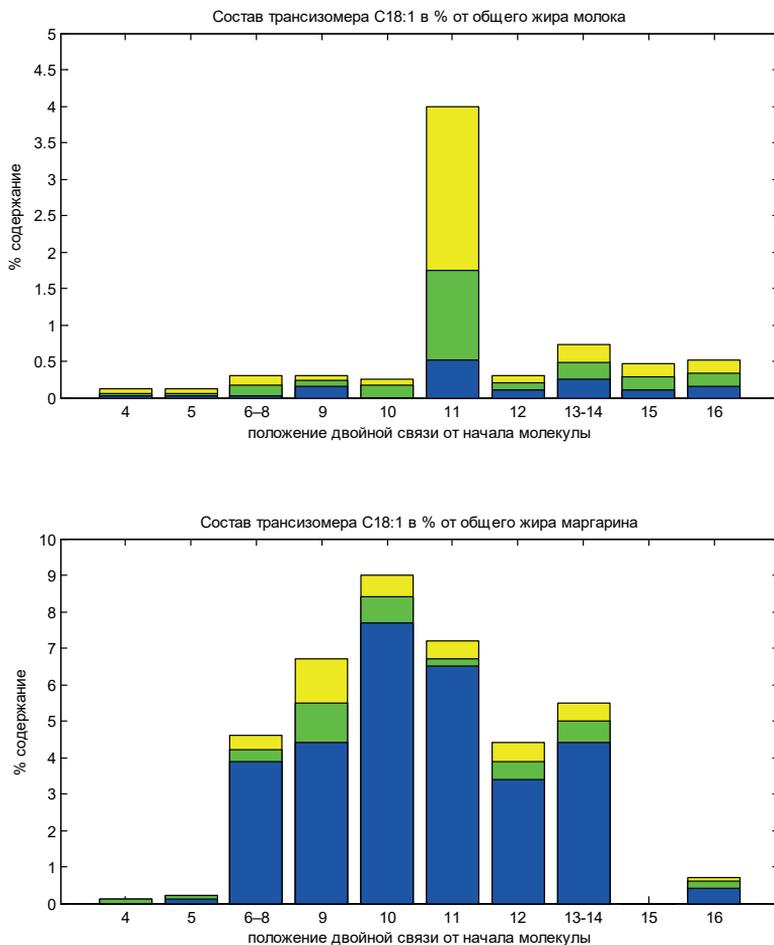


Рис. 16 Позиционные изомеры трансизомера C18:1 в жире молока и маргарина в % от общего жира. Проанализировано 100 образцов молока¹, 3 образца частично гидрогенизированного маргарина². Желтый – максимальное значение, зеленый – среднее, синий – минимальное.

¹ Fox P.F. (ed.), Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 Lipids. – Cork: 2006. – 801 с.

² Ratnayake W. M. N., et al., Trans Fatty Acid Content of Canadian Margarines Prior to Mandatory trans Fat Labelling. J Am Oil Chem Soc (2007) 84:817–825

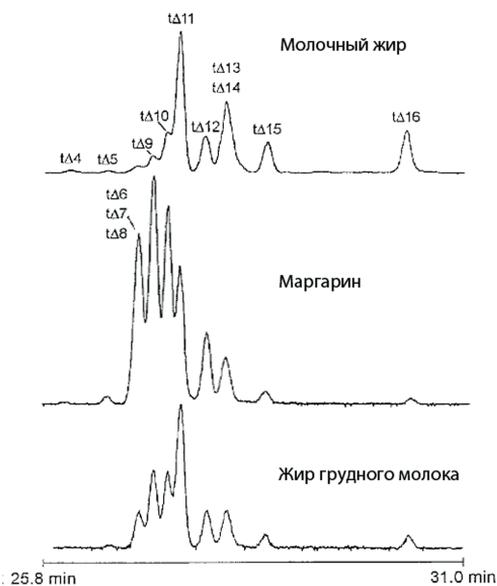


Рис. 17 Хроматограмма изомера 18:1t из жира грудного молока, коровьего молока и маргарина. Грудное молоко загрязнено трансизомерами маргарина, который употребляла женщина. (Wolff R.L. et al., *Trans-18:1 Acid Content and Profile in Human Milk Lipids. Critical Survey of Data in Connection with Analytical Methods. JAOCS, Vol. 75, 6 (1998)*)

кислота, которой далее посвящен отдельный раздел. Для маргарина данных, к сожалению, не удалось найти.

Число изомеров линоленовой кислоты 18:3 свыше тысячи. Они почти не исследованы. Основное их потребление приходится на рафинированные дезодорированные масла, а также на перетерифицированные жиры.

Среднее содержание суммы трансизомеров 18:1t + 18:2t + 18:2t в рафинированных маслах приблизительно следующее: подсолнечное 0,35%, соевое 0,8%, рапсовое 1,1%. Разница обусловлена долей полиненасыщенных жирных кислот. Чем больше двойных связей, тем больше образуется изомеров, – коэффициент изомеризации увеличивается с ростом числа двойных связей. Например, в одном из образцов

дезодорированного соевого масла было найдено: 18:1t – 0,02 %, 18:2t – 0,20 %, 18:3t – 0,56 % от общего жира.⁹² Другие примеры приведены в Таблице 5.

Таблица 5 Содержание трансизомеров линолевой и линоленовой кислот в рафинированном масле, в % от общего жира.^{93,94}

Страна, год, вид масла, (число образцов)	Трасжиры, всего	18:2t	Изомеризация 18:2t	18:3t	Изомеризация 18:3t
Франция, 1991, Соевое (n=3)	0,3–2,9	0,1–1,0	0,2–2,0 %	0,2–1,9	2–27 %
Франция, 1991, Рапсовое (n=4)	1,7–3,5	0,2–0,5	1,2–2,2 %	1,4–3,0	16–30 %
Мексика, 2000, Соевое (n=18)	0,9–2,9	0,4–1,5	0,7–3,5 %	1,0–2,0	11–22 %

В молоке из трансизомеров 18:3t преобладает румеленовая кислота c9,t11,c15-18:3. Ее содержание в жире варьирует от 0,02-0,04 % до 0,5 %, в зависимости от наличия в корме α-линоленовой кислоты c9,c12,c15-18:3, из которой она образуется. Концентрация трансизомеров 18:3t в рафинированных дезодорированных маслах значительно превышает таковую в жире молока, что вызывает сомнение в их безопасности. Особенно, если учесть, что в дезодорированных маслах изомеризовано около 20 % линоленовой кислоты, и спектр изомеров отличается от спектра изомеров молока.

Таким образом, трансизомерный состав натуральных продуктов и промышленных масел сильно отличается.

⁹² Bruggena P.C. et al., Precision of low trans fatty acid level determination in refined oils. Results of a collaborative capillary gas-liquid chromatography study. Journal of the American Oil Chemists' Society, Volume 75, Number 4, April 1998, pp. 483-488(6)

⁹³ Wolff R.L., Trans.Polyunsaturated Fatty Acids in French Edible Rapeseed and Soybean Oils. JAOCS, Vol. 69, no. 2 (February 1992)

⁹⁴ Medina-Juárez L.A., et al., Trans Fatty Acid Composition and Tocopherol Content in Vegetable Oils Produced in Mexico. JAOCS, Vol. 77, no. 7 (2000)

Действие на организм отдельных трансизомеров

Число изомеров жирных кислот слишком велико, чтобы можно было экспериментально изучить физиологическое действие всех их по отдельности. Имеющиеся данные о действии отдельных изомеров пока малочисленны и не позволяют составить общую картину.

Исследования не выявили негативного действия смеси трансизомеров 16:1t.⁹⁵ Трансизомер 9t-16:1 оказывает благоприятное действие на липидный состав крови, снижает инсулинорезистентность.⁹⁶

В одной из работ, обнаружено, что высокие концентрации трансизомеров 18:1t в фосфолипидах плазмы крови людей ассоциировались не с повышенным, а наоборот, пониженным риском смертельного сердечного приступа.⁹⁷ В этой же работе повышенные концентрации 18:2t повышали этот риск. Авторы пришли к выводу о необходимости раздельного изучения изомеров.

Среди позиционных цис-изомеров 18:1c (называемых изоолеиновыми кислотами) изучалось действие петроселиновой кислоты (6c-18:1), обильно содержащейся в семенах зонтичных растений. Рафинированное отбеленое дезодорированное масло семян кориандра (72 % петроселиновой кислоты), в количестве 80 % от всего пищевого жира, привело у крыс к увеличению печени и снижению синтеза арахидоновой кислоты. Доля петроселиновой кислоты в липидах сердца достигла 10 % (в контрольной группе – 0 %). Уровень холестерина фракций и триглицеридов в крови не отличался от показателей контрольной группы.⁹⁸ Для людей такое потре-

⁹⁵ Mozaffarian D, Rimm EB, King IB, Lawler RL, McDonald GB, Levy WC. Trans fatty acids and systemic inflammation in heart failure. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1521-5.

⁹⁶ Mozaffarian D et al., Trans-palmitoleic acid, metabolic risk factors, and new-onset diabetes in U.S. adults: a cohort study. *Ann Intern Med*. 2010 Dec 21;153(12):790-9

⁹⁷ Lemaitre RN, King IB, Raghunathan TE, et al. Cell membrane trans-fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *Circulation* 2002;105:697-701.

⁹⁸ Weber N, Richter KD, Schulte E, Mukherjee KD. Petroselinic acid from dietary triacylglycerols reduces the concentration of arachidonic acid in tissue lipids of rats. *J Nutr*. 1995 Jun;125(6):1563-8.

бление петроселиновой кислоты соответствует примерно 300 г семян кориандра в день. Семена кориандра безвредны при обычном их употреблении (к тому же масло в них не дезодорировано и не отбелено, как было в рационе крыс). Однако интересно, что нетипичный для тканей изомер бс-18:1 занял в липидах сердца долю 10% при его доле в жире рациона 58%.

Многочисленные трансизомеры 18:3t мало исследованы. Обнаружены как положительные^{99,100} так и отрицательные их влияния¹⁰¹. Некоторые из них проявляют противовоспалительные, иммуномодуляторные и противораковые свойства.¹⁰² В экспериментах на крысах обнаружено, что они включаются в состав нервных клеток в виде трансизомеров докозагексаеновой кислоты 22:6 n-3, особенно в сетчатку глаза.^{103,104} α -Элеостеариновая кислота c9,t11,t13-18:3, содержащаяся в семенах горькой тыквы, предотвращает развитие индуцированного азоксиметаном рака толстой кишки;¹⁰⁵ причем, любопытно, что доза 0,2% от всего жира в рационе оказалась эффективнее дозы 20%. Если пересчитать эти дозы на рацион человека, получится 0,15 г и 15 г α -элеостеариновой кислоты в сутки.

⁹⁹ Koba K et al. Potential health benefits of conjugated trienoic acids. *Lipid Technol.* 2007; 19:200–203.

¹⁰⁰ Miranda J et al., cis-9,trans-11,cis-15 and cis-9,trans-13,cis-15 CLNA Mixture Activates PPAR α in HEK293 and Reduces Triacylglycerols in 3T3-L1 cells. *Lipids*, 2011; 46 11:1005-1012

¹⁰¹ Plourde M et al. Adverse effects of conjugated alpha-linolenic acids (CLNA) on lipoprotein profile on experimental atherosclerosis in hamsters. *Anim.l* 2007: 905–910.

¹⁰² Hennessy A et al., The health promoting properties of the conjugated isomers of α -linolenic acid. *Lipids*, 46, 105-119 (2011)

¹⁰³ Acar N et al., The retina is more susceptible than the brain and the liver to the incorporation of trans isomers of DHA in rats consuming trans isomers of alpha-linolenic acid. *Reprod Nutr Dev.* 2006 Sep-Oct;46(5):515-25

¹⁰⁴ Grandgirard A et al., Incorporation of trans long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in rat brain structures and retina. *Lipids*. 1994 Apr;29(4):251-8.

¹⁰⁵ Kohno H et al (2004), Dietary seed oil rich in conjugated linolenic acid from bitter melon inhibits azoxymethane-induced rat colon carcinogenesis through elevation of colonic PPAR γ expression and alteration of lipid composition. *J. Cancer*, volume 110, 896–901.

Дезодорированное масло, богатое триеновыми кислотами, например соевое или рапсовое, может содержать порядка 1 % триеновых трансизомеров. Таким образом, в столовой ложке их содержится порядка 0,15 г. То есть, даже одна столовая ложка дезодорированного масла содержит количество трансизомеров, которым нельзя пренебрегать под предлогом его малости. Действие различных трансизомеров разнонаправлено, поэтому результирующее действие их смеси в дезодорированном масле трудно предсказать, даже если бы было известно действие отдельных изомеров.

Шестинедельное исследование на 89 добровольцах, принимавших в среднем 1,4 г в день трансизомеров 18:3t из дезодорированного рапсового масла, привело к увеличению отношения ЛНП/ЛВП-холестерин, хотя в целом изменения липидного состава были слабыми.¹⁰⁶ Как указывалось выше, 1,5 месяца – малый срок для накопления изменений в мембранах.

Биологическая активность отдельных трансизомеров кислот C20 и более длинных неизвестна. Диета с гидрогенизированным рыбьим жиром, содержащая трансизомеры 20:1t, 20:2t, 22:1t и 22:2t в сумме около 13 % от общего жира, больше увеличивает отношение ЛНП/ЛВП-холестерин, чем диета с гидрогенизированным соевым маслом при одинаковом суммарном содержании трансизомеров.¹⁰⁷ К сожалению, в указанной работе диеты отличались и по количеству насыщенных кислот, поэтому эти результаты требуют проверки.

Усилия по снижению трансизомеров в продуктах в первую очередь затрагивают трансизомеры олеиновой кислоты, которые сегодня преобладают в гидрогенизированных жирах. Трансизомеры линолевой и линоленовой кислот в гидрожирах содержатся в меньших количествах, чем олеиновой, но

¹⁰⁶ Vermunt, S.H.F., Beaufreire, B., Riemersma, R.A., Sebedio, J.-L., Chardigny, J.-M., Mensink, R.P., and the TransLinE investigators (2001) Dietary trans α -Linolenic Acid from Deodorized Rapeseed Oil and Plasma Lipids and Lipoproteins in Healthy Men: The TransLinE Study, *Br. J. Nutr.* 85, 387–392.

¹⁰⁷ Almendingen K, et al., Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on serum lipoproteins and Lp[a] in men. *J Lipid Res.* 1995 Jun;36(6):1370-84.

это не означает, что их потребление дает меньший вклад в развитие атеросклероза и других заболеваний. Упомянутые выше исследования скорее свидетельствуют об обратном. Поэтому снижение среднего содержания трансизомеров олеиновой кислоты, к примеру, с 20 % до 2 %, может не снизить риск ИБС, обусловленный трансжирами, в 10 раз, если одновременно не будет снижено в 10 раз содержание трансизомеров линолевой и линоленовой кислот. Иными словами, по нынешним оценкам, риск ИБС, обусловленный трансжирами, снизится в 10 раз при снижении потребления нынешних промышленных трансжиров в 10 раз. Однако, замена нынешних промышленных жиров на новые, с пониженным в 10 раз содержанием трансизомеров олеиновой кислоты, может не привести к ожидаемому результату.

Руменовая кислота

В 1978 г. Микаэль Париза исследовал мутагенные свойства жареного на гриле мясного фарша, чтобы найти более здоровые способы его приготовления. Неожиданно он обнаружил, что наряду с известными мутагенными веществами, такими как бенз(а)пирен, в нем есть и антимутагенные. В 1979 г. он выяснил, что в сыром гамбургере мутагенной активности не наблюдается, в гамбургере, жареном 4-20 минут при 143 °С, она минимальна, а при 191 °С и 210 °С – значительно возрастает. В ресторанных гамбургерах она была от низкой до умеренно высокой. При этом он снова отметил наличие неизвестного антимутагенного вещества в сыром и жареном мясе.¹⁰⁸ В 1985 г. вместе с коллегами из Висконсинского университета он подготовил экстракт из жареного мяса, содержащий эти вещества, и приложил его к коже мышей первой из двух групп. Затем мышам обеих групп на кожу нанесли канцерогенное вещество. Через 4 месяца в первой

¹⁰⁸ Pariza MW, Ashoor SH, Chu FS, Lund DB. Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Lett*1979;7:63–9

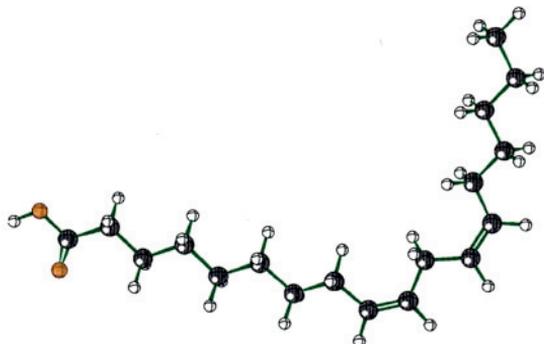


Рис. 18 Линолевая кислота c9, c12-C18:2.

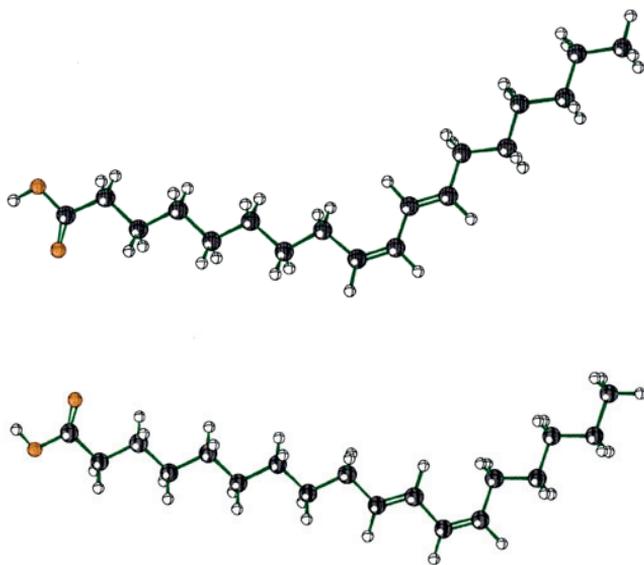


Рис. 19 Два из 28 изомеров сопряженной линолевой кислоты (CLA): c9,t11-C18:2 (сверху) и t10,c12-C18:2 (снизу).

группе число заболевших мышей было на 20% меньше, чем во второй, причем число опухолей у них было вдвое меньше, чем во второй группе.¹⁰⁹ В 1987 году удалось сузить круг подозреваемых веществ до четырех.¹¹⁰ Они оказались трансизомерами сопряженной линолевой кислоты.

Сопряженная (или конъюгированная) линолевая кислота (CLA)¹¹¹ отличается от обычной линолевой кислоты, тем, что две ее двойные связи расположены на расстоянии двух атомов углерода, а не трех, как обычно. Этим свойством обладают 28 позиционных и геометрических изомеров линолевой кислоты. Наиболее интересным оказался изомер c9,t11-18:2 – руменовая кислота.

В исследовании 1999 года 120 молодых подопытных крыс разделили на четыре равные группы.¹¹² Первой группе (контрольной) добавили в рацион обычное сливочное масло, второй – сливочное масло, богатое руменной кислотой, третьей и четвертой обычное сливочное масло с добавками коммерческих препаратов CLA, содержащих смесь изомеров. Через месяц всем крысам ввели канцероген, провоцирующий рак груди, и перевели на обычную диету. Через 4 месяца в контрольной группе у 93% выявлен рак, во второй группе – у 50%, в третьей и четвертой – 53% и 57%. Содержание руменной кислоты в рационе было у 1, 2, 3, 4-й групп – 0,25%, 2,2%, 1,9%, 0,6% калорийности.

Противораковое действие руменной кислоты удивительно и тем, что ее изомер – линолевая кислота, наоборот, оказывает стимулирующее действие на раковые клетки.

¹⁰⁹ Pariza MW, Hargraves WA. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. *Carcinogenesis* 1985;6:59

¹¹⁰ Ha YL, Grimm NK, Pariza MW. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*. 1987 Dec;8(12):1881-7.

¹¹¹ CLA - *conjugated linoleic acid*.

¹¹² Ip C, et al. (1999) "Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats." *Journal of Nutrition* 129, 2135–2142.

Руменовая кислота препятствует раку на всех стадиях: зарождении, росте, метастазах и для разных видов: раку груди, кожи, легких, желудка, простаты и кишечника.^{113,114,115,116,117}

В опытах на животных добавление руменовой кислоты в корм снижает образование бляшек в аорте,¹¹⁸ подавляет развитие атеросклероза и уменьшает существующие бляшки,¹¹⁹ снижает воспаление,¹²⁰ значительно снижает уровень ЛНП-холестерина.¹²¹

В 1990х годах появились БАДы, содержащие СЛА. Большинство этих препаратов содержит смесь изомеров. Препарат Кларинол (Clarinol), например, содержит 40% руменовой кислоты, 40% изомера t10,c12-18:2 и 20% других

¹¹³ Cesano A, Visonneau S, Scimeca JA, Kritchevsky D, Santoli D. 1998. Opposite effects of linoleic acid and conjugated linoleic acid on human prostatic cancer in SCID mice. *Anticancer Res* 18:833–838.

¹¹⁴ Ha YL, Storkson J, Pariza MW. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res* 50:1097–1101.

¹¹⁵ Schönberg S, Krokan HE. 1995. The inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives (CLA) of linoleic acid on the growth of human tumor cell lines is in part due to increased lipid peroxidation. *Anticancer Res* 15:1241–1246.

¹¹⁶ Liew C, Schut HAJ, Chin SF, Pariza MW, Dashwood RH. 1995. Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: A study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis* 16:3037–3043.

¹¹⁷ Shultz TD, Chew BP, Seaman WR, Lueddecke LO. 1992. Inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid and β -carotene on the in vitro growth of human cancer cells. *Cancer Lett* 63:125–133.

¹¹⁸ Kritchevsky, D. 2003. Conjugated linoleic acid in experimental atherosclerosis. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol. 2 (J-L. Sebedio, W.W. Christie, R.O. Adlof, eds.), pp. 292–301, American Oil Chemists' Society Press, Champaign, IL.

¹¹⁹ Toomey, S., Roche, H., Fitzgerald, D., Belton, O. 2003. Regression of pre-established atherosclerosis in the apoE^{-/-} mouse by conjugated linoleic acid. *Biochem. Soc. Trans.* 31, 1075–1079.

¹²⁰ Yu, Y., Correll, P.H., Vanden Heuvel, J.P. 2002. Conjugated linoleic acid decreases the production of pro-inflammatory products in macrophages: evidence for a PPAR γ -dependent mechanism. *Biochim. Biophys. Acta.* 1581, 89–99.

¹²¹ LeDoux M, et al., Rumenic acid significantly reduces plasma levels of LDL and small dense LDL cholesterol in hamsters fed a cholesterol- and lipid-enriched semi-purified diet. *Lipids.* 2007 Mar;42(2):135-41. Epub 2007 Feb 14

изомеров CLA. FDA¹²² присвоило в 2008 г Кларинолу статус безопасной пищевой добавки (GRAS) к ограниченному ряду продуктов при условии соблюдения ее дозировки. На сайте FDA можно без труда найти документацию по утверждению Кларинола. Из нее можно узнать, что Кларинор получают из линолевой кислоты сафлора путем щелочной каталитической изомеризации в растворителе. При обосновании безопасности Кларинола говорится, что изомеры CLA присутствуют в обычной пище, такой как ... использованные фритюрные масла, гидрогенизированные жиры, рафинированные масла. В 2001 г в США было продано около 200 тонн Кларинола. Производитель рекомендует ежедневный прием 1-3 г CLA.

Исследования на мышах показали, что изомер t10,c12-18:2, в отличие от руменовой кислоты, вызывает жировое перерождение печени и значительно повышает уровень инсулина в крови, без изменения уровня глюкозы.¹²³ Аналогичное исследование выявило увеличение массы печени у мышей от 2 до 4 раз за счет жира, уменьшение забрюшинной жировой ткани и глубокие изменения в содержании докозагексаеновой кислоты в сердце и селезенке при приеме t10,c12-18:2.¹²⁴ Добавление курам-несушкам в корм смеси CLA привело к трехкратному снижению вылупляемости и трехкратному повышению смертности среди вылупившихся цыплят.¹²⁵

В 2007 г хомячкам добавили в корм руменовую кислоту. Уровень НП-холестерина снизился на 50%, причем снизилась

¹²² FDA – Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов США.

¹²³ Clement L, et al. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid induces hyperinsulinemia and fatty liver in the mouse, *J Lipid Research* 2002; 43:1400-1409.

¹²⁴ Kelley, D.S., Bartolini, G.L., Newman, J.W., Vemuri, M., Mackey, B.E. 2006. Fatty acid composition of liver, adipose tissue, spleen, and heart of mice fed diets containing t10, c12-, and c9, t11-conjugated linoleic acid. // *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 74:331-338.

¹²⁵ Cherian G, Ai W, Goeger MP. Maternal dietary conjugated linoleic acid alters hepatic triacylglycerol and tissue fatty acids in hatched chicks. *Lipids*. 2005 Feb;40(2):131-6

также его плотная подфракция. Изомер t10,c12 и его смесь с руменовой кислотой заметного действия не оказали.¹²⁶

В 2002 г было проведено исследование CLA на 60 мужчинах-добровольцах с абдоминальным ожирением.¹²⁷ Их разделили на три группы и назначили прием с пищей по 3,4 г/сутки следующих веществ: 1-й группе – t10,c12-18:2; 2-й группе – смесь изомеров CLA, в которой примерно одинаковое содержание t10,c12 и c9,t11; 3-й группе – плацебо. Через 3 месяца в первой группе инсулинорезистентность по отношению к группе плацебо выросла на 19%, гликемия на 4%, снизился на 4% ЛВП-холестерин. Во второй группе статистически значимым было только снижение на 2% ЛВП-холестерина.

В 2004 г сравнивалось действие изомеров c9,t11 и t10,c12 на биохимические показатели у людей.¹²⁸ Было обнаружено, что через 6 месяцев (в нарастающей каждые два месяца дозировке 0,6; 1,2; 2,4 г/день) изомер c9,t11 снижает ЛНП-холестерин на 10%, не влияя на ЛВП-холестерин, а t10,c12 снижает ЛВП-холестерин на 6%, не влияя на ЛНП-холестерин.

Добавление изомера t10,c12-18:2 в корм резко снижает содержание жира в молоке коров.¹²⁹ Добавки t10,c12 рекомендуются производителями CLA как средство для снижения веса, однако у людей с ожирением они значительно увеличивают оксидативный стресс и уровень воспалительных биомаркеров.¹³⁰

¹²⁶ LeDoux M, et al., Rumenic acid significantly reduces plasma levels of LDL and small dense LDL cholesterol in hamsters fed a cholesterol- and lipid-enriched semi-purified diet. *Lipids*. 2007 Mar;42(2):135-41. Epub 2007 Feb 14

¹²⁷ Riserus, U., P. Arner, et al. (2002). Treatment with dietary trans10cis12 conjugated linoleic acid causes isomer-specific insulin resistance in obese men with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 25(9): 1516-21.

¹²⁸ Tricon S, Opposing effects of cis-9,trans-11 and trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid on blood lipids in healthy humans. *Am J Clin Nutr*. 2004 Sep;80(3):614-20.

¹²⁹ Fox P.F. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 Lipids*. – Cork: 2006. – 801 с.

¹³⁰ Ulf Risérus, MMed; Samar Basu, PhD; Stefan Jovinge, MD, PhD; Gunilla Nordin Fredrikson, PhD; Johan Ärnlöv, MD; Bengt Vessby, MD, PhD (September 2002). “Supplementation With Conjugated Linoleic Acid Causes Isomer-Dependent Oxidative Stress and Elevated C-Reactive Protein”. *American Heart Association Journals* 106 (15): 1925–9.

Казалось бы, выводы однозначны: изомер t10,c12-18:2 обладает нежелательными свойствами, которые уменьшаются присутствием руменовой кислоты. Безопасность его применения сомнительна. Тем не менее, искусственным смесям изомеров CLA продолжают приписывать положительные качества¹³¹, по праву принадлежащие только одному ее изомеру c9,t11 – руменовой кислоте, естественным образом содержащейся в молоке и мясе жвачных животных.

Хотя, возможно, и смесь изомеров окажется полезной, если соблюдаются их пропорции. Например, на заре науки о питании весь пищевой жир рассматривали исключительно как источник энергии. Позже стали дифференцировать жиры на насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные, и выяснили, что хотя их калорийность одинакова для организма, они не равноценны, и необходимы определенные их пропорции в рационе. Споры об оптимальных пропорциях не прекращаются по сей день,¹³² но все согласны в том, что сильное нарушение этих пропорций, причем как в сторону увеличения, так и уменьшения, приводит к расстройствам. Скорее всего, с изомерами ситуация аналогична – все они могут присутствовать в здоровом рационе, но в определенных пропорциях. Количество CLA в молоке показано ниже (Таблица 6). В частности, содержание изомера t10,c12 в молоке примерно в 100 раз меньше, чем руменовой кислоты.

Вакценовая кислота была открыта в 1927 г в животном жире (через 20 лет после начала производства гидрожиров).¹³³ Руменовую кислоту обнаружили в молоке в 1977 г.¹³⁴, но ее биологические свойства стали известны позже. Свои названия они получили от латинских слов *vacca* (корова) и *ruta* (рубец).

¹³¹ Pariza M. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *Am J Clin Nutr* 2004;79(suppl):1132S–6S

¹³² Ravnskov U et al., No scientific support for linking dietary saturated fat to CHD. *Br J Nutr.* 2012 Feb;107(3):455-7

¹³³ Bertram, S. H., *Biochem. Z.*, 197, 433 (1928)

¹³⁴ Parodi, P.W. 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *J. Dairy Sci.*, 60, 1150–1153.

Таблица 6 Содержание изомеров сопряженной линолевой кислоты (CLA) в молоке.¹³⁵

Изомер	% от всех изомеров CLA
t7, c9	1.2–8.9
t7, t9	<0.1–2.4
t8, c10	<0.1–1.5
t8, t10	0.2–0.4
c9, t11 (руменовая кислота)	72.6–91.2
t9, t11	0.8–2.9
t10, c12	<0.1–1.5
t10, t12	0.3–1.3
c11, t13	0.2–4.7
t11, c13	0.1–8.0
t11, t13	0.3–4.2
c12, t14	<0.01–0.8
t12, t14	0.3–2.8
c,c изомеры	0.1–4.8

Механизм их синтеза сегодня в общих чертах ясен. Несколько видов бактерий, населяющих рубец (первый и самый большой отдел четырёхкамерного желудка жвачных животных), последовательно осуществляют биогидрогенизацию линолевой жирной кислоты 18:2 до насыщенной стеариновой 18:0. Линолевая кислота c9,c12-18:2 сначала изомеризуется в руменовую c9,t11-18:2, затем гидрируется до вакценовой t11-18:1¹³⁶, которая затем гидрируется до стеариновой 18:0.¹³⁷ Часть руменовой и вакценовой кислот переходят в ткани и молоко. Из этих двух кислот преобладает вакценовая, поскольку процесс ее гидрирования самый медленный во всем процессе. Часть вакценовой кислоты в тканях животного конвертируется обратно в руменовую, а часть стеариновой – в олеиновую. α -Линоленовая кислота c9,c12,c15-18:3 преоб-

¹³⁵ Fox P.F. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 Lipids.* – Cork: 2006. – 801 с.

¹³⁶ Здесь и далее под вакценовой кислотой подразумевается транс-вакценовая кислота.

¹³⁷ Griinari JM, Bauman DE. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ, eds. *Advances in conjugated linoleic acid research.* Champaign, IL: AOCS Press; 1999:180–99

разуется бактериями сначала в румеленовую c9,t11,c15-18:3, затем в вакценовую.

В отличие от искусственной гидрогенизации бактерии используют ферменты, что делает возможной биогидрогенизацию при температуре тела.

В коровьем молоке встречаются все 13 трансизомеров вида 18:1t, с преобладанием вакценовой кислоты (30-60%), содержание которой чувствительно к виду корма – летом ее в 1,5-2,0 раза больше, чем зимой. Источник и физиологическая роль трансизомеров в молоке изучены мало, за исключением вакценовой и руменовых кислот.

Практикуется добавление в корм жиров (около 2% энергии рациона, иногда больше), – отходов мясопереработки (в том числе говядины), маслоэкстракционных и масложировых производств, отработанных масел индустрии общепита.¹³⁸ Скармливание коровам отходов с мясобоен, оказалось одним из путей распространения коровьего бешенства – перерождения мозговой ткани в губчатое вещество. Среди коров, питающихся естественными кормами, риск этой болезни гораздо меньше. Причиной болезни оказались некоторые белки, у которых нарушена трехмерная конфигурация. Они расположены на мембране клеток и в нормальном состоянии поддерживают целостность миелиновой оболочки нервов, а в измененном вызывают цепное изменение в таких же соседних белках. Они получили название «прионы» от англ. *proteinaceous infectious particles* — белковые заразные частицы.

Установлено, что содержание руменовых кислот в молоке коров, пасущихся на пастбищах, в 3-5 раз выше, чем у коров, питающихся на фермах зерном. Особенно много ее оказалось в молоке альпийских коров. Луговой клевер (20% в рационе) увеличивает на 50% содержание руменовых кислот у пасущихся коров. Ключевым фактором, возможно, является содержание полиненасыщенных жиров в корме и состояние рубцовой микрофлоры. Молодые сыры содержат больше руменовых кислот, чем старые. У разных млекопитающих содержание руменовых

¹³⁸ Fox PF (ed.), *Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 Lipids*. – Cork: 2006. – 801 с.

кислоты в жире молока различно: кобылиное < свиное < женское < козье < коровье < овечье.¹³⁹ Руменовая кислота содержится в жире других животных, например, в курином жире было обнаружено 0,1 %, в жире индейки – 0,25 %.

В грудном молоке приблизительно 200 голландских женщин в 2002-2003 гг. в среднем содержалось 0,61 % элаидиновой, 0,25 % руеновой и 0,48 % вакценовой кислот от общего содержания жира.¹⁴⁰ У женщин, предпочитающих органические мясо и молоко, содержание элаидиновой кислоты было меньше: 0,51%, а руеновой и вакценовой выше: 0,34% и 0,59%.

В 2006 г с помощью изотопных меток было доказано, что руеновая кислота может образовываться из вакценовой в организме кормящих женщин.¹⁴¹ Раньше это косвенно наблюдалось и у мужчин, но прямых доказательств не было. Преобразование осуществляется ферментом, отщепляющим два атома водорода в 9-м положении (Δ^9 -десатуразой). Этот фермент подавляется стеркуловой кислотой, содержащейся в хлопковом масле.

В журнале «Вопросы питания» за 2000-2011 гг. не опубликовано ни одной статьи, посвященной руеновой кислоте.

Другие изомеры

Если принять во внимание наличие жирных кислот с разветвленной боковой цепью, которых в жире молока около 2,5 %¹⁴², и всех изомеров жирных кислот, то общее число воз-

¹³⁹ Chilliard Y, et al. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie* 49, 181–205

¹⁴⁰ Lukas Ristb et al., Influence of organic diet on the amount of conjugated linoleic acids in breast milk of lactating women in the Netherlands 2006. *British Journal of Nutrition* (2007), 97, 735–743

¹⁴¹ Mosley EE, et al. (2006). Cis-9,trans-11 conjugated linoleic acid is synthesized from vaccenic acid in lactating women. *J Nutr* 136, 2297– 2301.

¹⁴² Iverson, J.L., Sheppard, A.J. 1986. Determination of fatty acids in butterfat using temperature programmed gas chromatography of the butyl esters. *Food Chem.*, 21, 223–234.

можных жирных кислот, поступающих с пищей, может получиться свыше миллиона. Уровень содержания, ниже которого ими можно пренебречь, трудно предвидеть.

Например, витамин А, обнаруженный в 1913 г в жире молока, проявляет активность в дозировке 1 мг в сутки. Его содержание в молочном жире – 0,0008%, то есть в 1000 раз меньше, чем руменово́й кислоты. Тем не менее молочный жир служит важным источником витамина А.

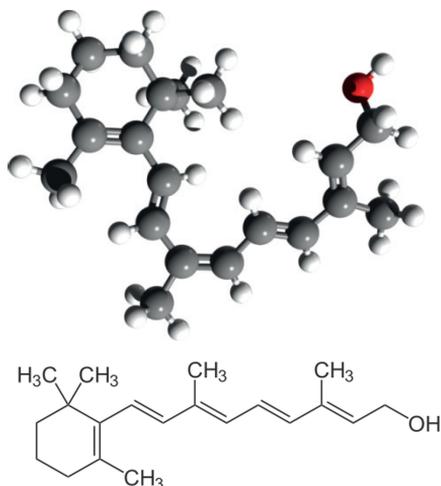


Рис. 20 *All-trans* ретинол (Витамин А, $C_{20}H_{30}O$)

В высоких дозах витамин А токсичен. Это наводит на мысль, что некоторые «вредные» трансизомеры жирных кислот в малых дозах – таких, в которых они встречаются в натуральных продуктах, – могут оказаться полезными и даже необходимыми. Ведь вызывают же аппетит картошка и мучные изделия, жаренные на натуральном масле, хоть при этом и образуются малые количества трансизомеров.

Ретиналь в соединении с трансмембранным белком клеток сетчатки глаза служит светочувствительным элементом. Квант света, попадая на цис-ретиноль, изомеризует его в транс-ретиноль, что вызывает изменение трехмерной структуры белка и запускает цепь изменений, которая приводит к

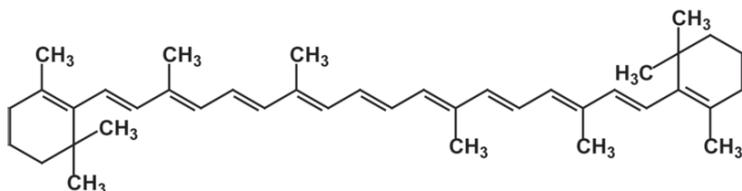


Рис. 21 Бета-каротин (провитамин А)

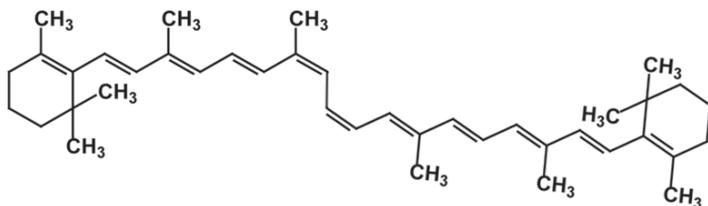


Рис. 22 Цис-13 бета-каротин

воздействию на близлежащие нервные клетки и передаче ими сигнала в мозг. Трансмембранные белки сетчатки в последнее время снова привлекли внимание – теперь как модель для изучения влияния жирных кислот на работу белков.¹⁴³

Бета-каротин, который в организме расщепляется на молекулы витамина А, синтезируется в природе обычно с транс-конфигурациями всех связей (*all*-транс-конфигурация). При хранении и термической обработке появляются цис-изомеры бета-каротина. Их биологическая активность малоизученна. Свежие морковь и помидоры содержат бета-каротин в *all*-транс-конфигурации. Однако из сырых овощей бета-каротин плохо усваивается. Для повышения усвоения их лучше тушить с маслом на малом огне, или парить и подавать с маслом, нежели варить. Консервированные овощи содержат до 50% различных цис-изомеров бета-каротина. Любопытно, что в отличие от овощей, свежая зелень содержит 20-30%

¹⁴³ Feller SE, Gawrisc K. Properties of docosahexaenoic-acid-containing lipids and their influence on the function of rhodopsin. *Curr Opin Struct Biol* 2005; 15:416-22.

моноцис-изомеров.¹⁴⁴ Видимо, дальнейшее изучение биологической активности каротиноидов требует отдельного рассмотрения их изомеров.

Эпидемиологические исследования обнаружили, что у курильщиков избыточный прием препаратов бета-каротина увеличивает риск рака легких. Причины этого пока не ясны.¹⁴⁵

Другой важный компонент жиров – жирорастворимый витамин Е, идентифицирован в 1936 г (примерно через 30 лет после начала производства гидрожиров). Синтетический α -токоферол, продаваемый в аптеках как витамин Е, содержит смесь 8 изомеров α -токоферола – RRR-, RRS-, RSR-, RSS-, SRR-, SSR-, SSS-, SRS-. Из них в природе встречается только RRR- α -токоферол. Четыре последних не попадают из печени в кровь, потому что белок печени, ответственный за перенос α -токоферола, не может с ними работать. Натуральный α -токоферол по традиции обозначают как *d*- α -токоферол, синтетический (смесь изомеров) – как *dl*- α -токоферол, хотя эти обозначения признаны ошибочными.¹⁴⁶ Широкомасштабные исследования влияния синтетического α -токоферола на смертность от различных болезней выявили, что при приеме заметно выше рекомендуемого уровня он не улучшает, а порой и ухудшает исход болезней. Обнаружено также, что он увеличивает вероятность рака простаты, потому что снижает уровень γ -токоферола в крови.¹⁴⁷ Всего существует 8 форм витамина Е: α -, β -, γ -, δ -токоферолы и α -, β -, γ -, δ -токотриенолы (открыты в 1964 г). Токотриенолы отличаются от токоферолов наличием трех двойных связей в их хвосте. Каждый из них имеет два изомера (токоферолы – по 8), из которых природе встречается

¹⁴⁴ Chandler LA, Schwartz SJ 1987. HPLC Separation of Cis-Trans Carotene Isomers in Fresh and Processed Fruits and Vegetables. J Food Sci 52:669-672

¹⁴⁵ Goralczyk R. Beta-carotene and lung cancer in smokers: review of hypotheses and status of research. Nutr Cancer. 2009 Nov;61(6):767-74.

¹⁴⁶ Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and Interpretation and Uses of DRIs, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. — Food and Nutrition Board (USA), 2000. — 529 pp

¹⁴⁷ J. of the National Cancer Institute, 20 December 2000, vol. 92, iss. 24, pp. 2018–2023

только один. Ведущие исследователи витамина Е заключили, что «после трех четвертей столетия, прошедших с открытия витамина Е, мы только сейчас начинаем понимать его функции», «исследования, не принимающие во внимание разницу в изомерах и формах витамина Е не имеют доказательной силы», «рекомендации по применению витамина Е можно давать только после проведения прямых исследований доза-эффект, с четким определением используемых изомеров».¹⁴⁸

Очевидно, сказанное можно распространить и на жирные кислоты. Удивительно, как на протяжении десятилетий может совершаться одна и та же ошибка – подмена понятий. Сначала кто-то называет одним термином группу веществ, а потом другие исследователи, не видя между ними разницы, изучают действие их смеси или отдельного представителя и ошибочно обобщают выводы на всех членов группы.

Можно не сомневаться, что физиологическая активность будет обнаружена и у других составляющих натуральных жиров, по мере их идентификации. Особый интерес представляют изомеры жирных кислот, встречающиеся во многих лекарственных и пищевых растениях, в том числе в специях.

По мере накопления данных о роли различных жирных кислот, которые раньше считались экзотическими и не учитывались в питании в силу их малого содержания, становится очевидно, что природа устроена гораздо сложнее и тоньше, чем мы представляем себе. Модифицируя пищу такими грубыми средствами, как химические технологии, мы производим обширные разрушения тонких компонентов и производим множество нежелательных веществ, большинство из которых на современном уровне технологии даже невозможно определить.

Мало кому придет в голову лить в двигатель автомобиля неподходящее моторное масло, но употреблять химически модифицированные масла в пищу считается нормальным. Конечно, организм гораздо совершеннее автомобиля и даже с такими маслами может пережить его, но во имя какой цели так обращаться с ним?

¹⁴⁸ Brigelius-Flohe, R., Traber, M. G. Vitamin E: function and metabolism. FASEB J. 13, 1145–1155 (1999)

Что должны писать на упаковке продуктов питания

Состав продуктов должен быть указан на их упаковке.¹⁴⁹ Производители это неприятное для них требование закона выполняют мелким шрифтом, так что многие покупатели не могут его прочесть. Тем не менее, изучение состава позволяет иногда понять, какие жиры использовались.

Названия масел и жиров должны указываться в составе продуктов согласно Федеральному закону РФ от 24 июня 2008 г. N 90-ФЗ «Технический регламент на масложировую продукцию»¹⁵⁰. Эти названия приведены ниже (Таблица 7). В таблице выделены красным цветом жировые продукты, в которых могут содержаться искусственные трансизомеры. Запомнить названия жировых продуктов и количество в них трансжиров большинству потребителей будет затруднительно.

После вступления 01.07.2013 в силу Технического регламента Таможенного союза на потребительской и транспортной упаковке жировых продуктов, в которых допускается использование модифицированных масел, должно быть указано максимальное содержание трансизомеров жирных кислот в жире продукта, если оно превышает 0,9%. До этого потребитель может лишь приблизительно судить о наличии трансизомеров.

Практически нет искусственных трансизомеров в нерафинированном масле и масле, очищенном только

¹⁴⁹ Согласно ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя.

¹⁵⁰ С 1 июля 2013 года будет заменен Техническим регламентом Таможенного союза – ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» Беларуси, Казахстана и России.

вымораживанием. Однако это не гарантирует полезность этих масел для здоровья, – они могли быть получены с помощью экстракции растворителем и содержать остатки сельскохозяйственных ядов. Чем интенсивнее обработка масла (выше температура, больше продолжительность, активнее используемые реагенты), тем вреднее оно становится. Полностью натуральными маслами являются только свежие нерафинированные масла, полученные холодным механическим отжимом из сырья, выращенного методом органического земледелия.

Модификация – химическое, биохимическое или физическое преобразование масел и жиров путем гидрогенизации, переэтерификации, фракционирования или их комбинаций.

Содержание трансизомеров ограничивается указанным законом только в следующей жировой продукции:

- мягкий маргарин
- спред
- смеси топленые
- эквиваленты масла какао
- улучшители масла какао SOS-типа
- заменители масла какао POP-типа.

В остальной жировой продукции содержание трансизомеров указанным законом не нормируется. Поэтому трансжиров может быть особенно много в такой продукции, как:

- маргарины
- жиры специального назначения, в том числе жиры кулинарные, кондитерские, хлебопекарные и заменители молочного жира
- крема на растительных маслах
- заменители масла какао нетемператуемые нелауринового типа¹⁵²

¹⁵¹ Термин «нетемператуемый» означает, что жир не требует специальных условий при охлаждении для получения желаемой кристаллической решетки. Какао масло требует темперирования, чтобы шоколад таял во рту, но был твердым в руках.

¹⁵² Заменители масла какао лауринового типа обычно содержат свыше 98 насыщенных жиров (лауриновой кислоты) и поэтому доля трансизомеров в них невелика. Однако они обладают невысокими органолептическими качествами – могут иметь мыльный привкус и соленость.

Таблица 7 Жировые растительные продукты в России

Название	Макс. допустимый % трансизомеров в жире				Определение
	до 01.07.2013	с 01.07.2013	с 01.01.2015	с 01.01.2018	
1) масло растительное	см 2-8)	см 2-8)	см 2-8)	см 2-8)	смесь триглицеридов жирных кислот и сопутствующих им веществ, извлекаемая из семян подсолнечника, кукурузы, рапса, льна и других растений, плодов пальм, оливы и других растений, иных маслосодержащих частей растительных масличных культур, содержащая не менее 99 процентов жира
2) масло растительное нерафинированное	–	–	–	–	масло растительное, очищенное от мелкой и крупной взвеси
3) масло растительное вымороженное	–	–	–	–	масло растительное, очищенное от взвеси и подвергнутое процессу низкотемпературного удаления восковых веществ
4) масло растительное рафинированное	–	–	–	–	масло растительное, прошедшее очистку по полному или частичному циклу стадий рафинации
5) масло растительное рафинированное дезодорированное	–	–	–	–	масло растительное рафинированное, прошедшее процесс дезодорации
6) масло растительное – смесь	–	–	–	–	смесь растительных масел в различных соотношениях
7) масло растительное ароматизированное	–	–	–	–	масло растительное с добавлением вкусоароматических добавок
8) масло растительное с растительными добавками	–	–	–	–	масло растительное с добавлением натуральных растительных экстрактов, масляных вытяжек
9) маргарин	см 10-12)	см 10-12)	см 10-12)	см 10-12)	эмульсионный жировой продукт с массовой долей жира не менее 20 процентов, состоящий из натуральных и (или) модифицированных растительных масел с (или без) животными жирами, с (или без) жирами рыб и морских млекопитающих, воды с добавлением или без добавления молока и (или) продуктов его переработки, пищевых добавок и других ингредиентов
10) твердый маргарин	–	–	20 %	2 %	маргарин, имеющий пластичную плотную консистенцию и сохраняющий свою форму при температуре 20 +/- 2 градуса Цельсия
11) мягкий маргарин	8 %	8 %	8 %	2 %	маргарин, имеющий пластичную мягкую консистенцию при температуре 10 +/- 2 градуса Цельсия
12) жидкий маргарин	–	8 %	8 %	2 %	маргарин, имеющий жидкую консистенцию и сохраняющий свойства однородной эмульсии при температурах, предусмотренных для жидкого маргарина конкретного назначения
13) спред	8 %	8 %	8 %	2 %	эмульсионный жировой продукт с массовой долей общего жира не менее 39 процентов, имеющий пластичную консистенцию, с температурой плавления жировой фазы не выше 36 градусов Цельсия, изготавливаемый из молочного жира, и (или) сливок, и (или) сливочного масла и натуральных и (или) модифицированных растительных масел или только из натуральных и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
14) спред растительно-сливочный	8 %	8 %	8 %	2 %	спред с массовой долей молочного жира в составе жировой фазы от 15 до 50 процентов
15) спред растительно-жировой	8 %	8 %	8 %	2 %	спред, жировая фаза которого состоит из натуральных и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления молочного жира (не более 15 процентов)

* Цветом показан максимальный уровень трансизомеров, разрешенный законом; прочерк означает отсутствие нормативов в законе, цвет для этих ячеек соответствует приближительному верхнему содержанию трансизомеров в данных продуктах.

до 67% до 20% до 8 % до 2 %

Название	Макс. допустимый % трансизомеров в жире				Определение
	до 01.07.2013	с 01.07.2013	с 01.01.2015	с 01.01.2018	
16) смеси топленые	8 %	8 %	8 %	2 %	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, изготавливаемые путем смешивания нагретых до температуры полного расплавления молочного жира, и (или) сливок, и (или) сливочного масла и натуральных и (или) модифицированных растительных масел или только из натуральных и (или) модифицированных растительных масел либо путем применения других технологических приемов
17) смеси топленые растительно-сливочные	8 %	8 %	8 %	2 %	смеси топленые с массовой долей молочного жира в составе жировой фазы от 15 до 50 процентов
18) смеси топленые растительно-жировые	8 %	8 %	8 %	2 %	смеси топленые, жировая фаза которых состоит из натуральных и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления молочного жира (не более 15 процентов)
19) жиры специального назначения, в том числе жиры кулинарные, кондитерские, хлебопекарные	–	–	20 %	2 %	продукты с массовой долей жира не менее 98 процентов, изготавливаемые для различных отраслей промышленности из натуральных и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления животных жиров и их смесей, с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
19а) заменители молочного жира	–	8 %	8 %	2 %	то же, что 19)
20) эквиваленты масла какао	2 %	2 %	2 %	2 %	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, обладающие совместимостью с маслом какао в любых соотношениях, нуждающиеся в темперировании, имеющие сходные с маслом какао физико-химические свойства и состав жирных кислот, содержащие не более 1 процента массовой доли лауриновой кислоты, не менее 50 процентов массовой доли 2-олеодинасыщенных триглицеридов, изготавливаемые из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
21) улучшители масла какао SOS-типа*	2 %	2 %	2 %	2 %	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, обладающие высокой совместимостью с маслом какао в любых соотношениях, нуждающиеся в темперировании, основным компонентом которых является 2-олеодистеарин (до 70 процентов), содержащие не более 1 процента массовой доли лауриновой кислоты, изготавливаемые из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
22) заменители масла какао POP-типа**	2 %	2 %	2 %	2 %	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, обладающие частичной совместимостью с маслом какао (не менее 25 процентов), нуждающиеся в темперировании, основным компонентом которых является 2-олеодипальмитин (более 50 процентов), содержащие не более 1 процента массовой доли лауриновой кислоты, изготавливаемые из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
23) заменители масла какао нетемперировуемые нелауринового типа	–	–	–	–	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, не нуждающиеся в темперировании, изготавливаемые на основе модифицированных растительных масел, содержащие не более 1 процента массовой доли лауриновой кислоты, с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов
24) заменители масла какао нетемперировуемые лауринового типа	–	–	–	–	продукты с массовой долей жира не менее 99 процентов, не нуждающиеся в темперировании, изготавливаемые на основе модифицированных растительных масел, содержащие не менее 40 процентов массовой доли лауриновой кислоты, с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов

* SOS указывает на наличие в продукте 2-олеодистеарина – триглицерида, у которого по краям расположены две стеариновые жирные кислоты, а по середине – олеиновая.

** POP указывает на наличие в продукте 2-олеодипальмитина – триглицерида, у которого по краям расположены две пальмитиновые жирные кислоты, а по середине – олеиновая.

Название	Макс. допустимый % трансизомеров в жире				Определение
	до 01.07.2013	с 01.07.2013	с 01.01.2015	с 01.01.2018	
25) соус на основе растительных масел	–	–	–	–	пищевой продукт с содержанием жира не менее 5 процентов, изготавливаемый на основе одного или нескольких пищевых растительных масел, воды с добавлением пищевых добавок и других ингредиентов, в том числе натуральных специй, и (или) пряностей, и (или) трав, и (или) овощей, и (или) фруктов, и (или) грибов, и (или) орехов в виде кусочков и (или) порошка, придающих характерную направленность вкусу, и применяемый в качестве приправы к различным блюдам
26) майонез	–	–	–	–	тонкодисперсный однородный эмульсионный продукт с содержанием жира, указанным в маркировке, изготавливаемый из рафинированных дезодорированных растительных масел, воды, яичных продуктов с добавлением или без добавления продуктов переработки молока, пищевых добавок и других ингредиентов
27) соус майонезный	–	–	–	–	тонкодисперсный однородный эмульсионный продукт с содержанием жира, указанным в маркировке, изготавливаемый из рафинированных дезодорированных растительных масел, воды с добавлением или без добавления продуктов переработки молока, пищевых добавок и других ингредиентов
28) крем на растительных маслах	–	–	–	–	эмульсионный продукт с содержанием жира, указанным в маркировке, изготавливаемый на основе растительных масел и (или) модифицированных растительных масел с добавлением молочных или растительных белков, сахара, а также с добавлением или без добавления натуральных фруктов, соков, пищевых добавок и других ингредиентов

По мере вступления в силу Технического регламента Таможенного союза содержание трансизомеров будет уменьшено во всех продуктах, кроме нетемперируемых заменителей масла какао. В жирах специального назначения доля трансизомеров будет снижена до 20 % к 2015 г. и до 2 % к 2018 г.

Определение доли трансизомеров производится по ГОСТ Р 52179-2003 методом инфракрасной спектроскопии. «Методика применима для определения массовой доли трансизомеров в диапазоне значений от 5 % до 60 %». С 2008 г. используется также ГОСТ Р 52677,¹⁵³ который методом газовой хроматографии позволяет определять трансизомеры при их массовой доле менее 10 %. Оба указанных ГОСТа ориентированы на определение трансизомеров 18:1t, 18:2t, 18:3t, как наиболее распространенных. Оценка изомеров других жирных кислот, например C16, C20, C22, в стандарте не предусмотрена.

¹⁵³ Разработан на основе стандарта ISO 15304:2002 «Animal and vegetable fats and oils – Determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils – Gas chromatographic method».

Что пишут на упаковке продуктов питания

На практике производители, указывая состав продуктов, зачастую не следуют строго требованиям закона. Трансжиры могут скрываться под следующими названиями (приблизительно в порядке частоты встречаемости на упаковках):

- растительный жир
- маргарин
- заменитель масла какао
- эквивалент масла какао
- растительное масло (как эвфемизм жидкого жира специального назначения)
- кондитерский жир
- заменитель молочного жира
- растительные сливки
- гидрогенизированное масло (в последнее время стало моветоном)
- переэтерифицированный жир (пока редко кто отваживается пугать покупателей такими словами)

Наиболее часто на упаковках встречается «растительный жир» (на англ. *vegetable fat*). Строго говоря, его вообще нельзя писать в составе, потому что такого понятия в «Техническом регламенте на масложировую продукцию» не предусмотрено. Производители, видимо, сочли его менее отталкивающим, чем предусмотренный регламентом «жир специального назначения».

Использование широких понятий, типа «растительный жир», «растительное масло», нарушает право потребителей на информацию.¹⁵⁴ Для обеспечения этого права жиры на упаковке должны указываться способом, достаточным для их идентификации. Например, если в продукте используется модифицированный жир, на упаковке должно быть указано его точное торговое наименование, присвоенное ему производителем, и обязательно присутствовать слово «модифицированный», либо «гидрогенизированный», либо «перезтерифицированный» (при условии, что гидрогенизация не приме-

¹⁵⁴ Статья 10 Закона РФ N 2300-1 “О защите прав потребителей” – «Изготовитель (исполнитель, продавец) обязан своевременно предоставлять потребителю необходимую и достоверную информацию о товарах (работах, услугах), обеспечивающую возможность их правильного выбора».

Согласно ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя», статья 3.4: «Информация для потребителя должна быть однозначно понимаемой, полной и достоверной, чтобы потребитель не мог быть обманут или введен в заблуждение относительно состава, свойств, пищевой ценности, природы, происхождения, способа изготовления и употребления, а также других сведений, характеризующих прямо или косвенно качество и безопасность пищевого продукта, и не мог ошибочно принять данный продукт за другой, близкий к нему по внешнему виду или другим органолептическим показателям». Статья 3.5.5 этого же ГОСТа: «Состав продукта. Перечень ингредиентов приводят для всех пищевых продуктов, за исключением продуктов, состоящих из одного ингредиента. Перед списком ингредиентов должен быть заголовок «Состав». Ингредиенты перечисляют в порядке уменьшения массовой доли в момент изготовления пищевого продукта. Если ингредиент представляет собой пищевой продукт, состоящий из двух или более ингредиентов, то такой составной ингредиент допускается включать в перечень ингредиентов под собственным наименованием. При этом непосредственно после наименования такого составного ингредиента в скобках приводят список составляющих его компонентов в порядке уменьшения их массовой доли. В случае, когда массовая доля составного ингредиента в готовом пищевом продукте составляет менее 2%, допускается не перечислять ингредиенты, входящие в его состав, за исключением пищевых добавок, биологически активных добавок и веществ, полученных из (или) с использованием генно-инженерно-модифицированных организмов (ГМО)». Таким образом, ГОСТ допускает указывать в составе продукта «смесь растительных масел» без детализации, когда количество смеси не превышает 2% в продукте. Однако согласно требованиям закона “О защите прав потребителей” потребитель вправе получить у изготовителя (продавца) недостающую информацию о продукте для правильного его выбора, например позвонив из магазина по телефону горячей линии.

нялась), либо «фракционированный» (при условии, что гидрогенизация и переэтерификация не применялись). Для обеспечения права потребителя на своевременную информацию представляется целесообразным, чтобы был создан реестр жиров специального назначения. В этом реестре любой потребитель в онлайн-режиме должен иметь возможность быстро получить справку по интересующему его жиру исходя из его торгового наименования. В противном случае, право на своевременную информацию для правильного выбора не обеспечивается. Сегодня, зайдя на сайт производителя конфет или мороженого, не удастся узнать ни их состава, ни количества в них трансжиров.

Расплывчатые обозначения ингредиентов в составе характерны для производителей дешевой продукции, стыдящихся своей продукции и не уважающих потребителей. Стоит ли доверять производителю, который не уважает потребителей? Качественные продукты содержат простые ингредиенты, которые легко и приятно перечислять в составе.

Длинные составы дешевых продуктов объясняются тем, что когда ингредиенты не вполне натуральны, их трудно соединить в одном продукте так, чтобы он не расслаивался, не менял цвета, формы и т.п. Вряд ли такие изделия вызовут аппетит, если не добавить к ним ароматизаторов и красителей. Все эти компоненты приходится стабилизировать, защищать друг от друга и т.д. Так и появляются в рецептуре длинные списки добавок E. Жиры в таких продуктах, скорее всего, будут невысокого качества. Если это, к примеру, заменитель масла какао, то не стоит рассчитывать, что производитель расщедрился на заменитель с малым содержанием трансжиров – на упаковке же это не надо писать (до 2013 г), а на вкус – не заметно.

С чем едят трансжиры?

Институт питания РАМН провел в 2003–2006 гг. исследования различных продуктов, представленных на рынке России. Особенно много трансизомеров жирных кислот выявлено во фритюрных жирах и продуктах, изготовленных на их основе. Значительным оказалось процентное содержание трансизомеров в глазурах, используемых в кондитерской промышленности и для производства мороженого (в отдельных видах – до 36%), а также во многих видах заменителей какао-масла, используемых в кондитерской промышленности. Трансизомеры в больших количествах присутствуют в порошкообразных гидрированных жирах, используемых при приготовлении различных блюд в системе общественного питания (20–40%).¹⁵⁵

Если с прилавков магазина волшебным образом удалить все продукты, содержащие модифицированные жиры, то магазин изрядно опустеет. В кондитерском отделе исчезнут практически все кондитерские изделия, содержащие жиры: вафли, торты, шоколадные конфеты, пралиновые конфеты (типа батончиков «Рот-фронт»), шоколад с начинками, глазированные изделия (сырки, мороженое и др.), ореховые и шоколадные пасты, жевательные конфеты, кексы, пончики, крекеры.

Про шоколад нужно сказать отдельно. ГОСТ Р 53041-2008 допускает наличие в кондитерских изделиях с названием «шоколад» «до 5% растительных жиров – эквивалентов масла какао и (или) улучшителей масла какао SOS-типа к общему весу шоколадной массы». В 2010 г АНО «Союзэкспертиза» по

¹⁵⁵ Кулакова С.Н. и др., Транс-изомеры жирных кислот в пищевых продуктах. Масла и жиры №3-2008

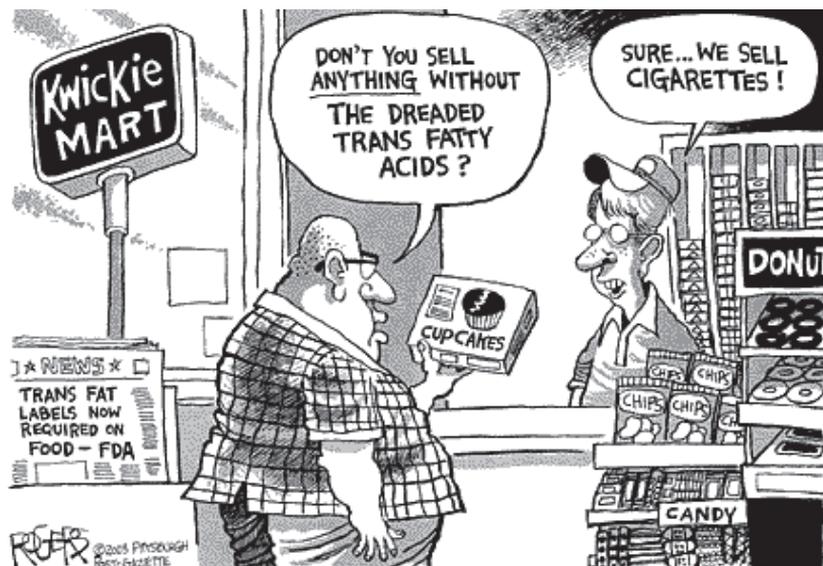


Рис. 23 «У вас хоть что-нибудь есть без этих зловредных трансжиров?» «Разумеется... Сигареты!»

заказу журнала РБК провела экспертизу купленных в супермаркетах шоколадных конфет 8 известных брендов и обнаружила в их отделяемой шоколадной части эквиваленты и заменители масла какао. Только один производитель указал их наличие в составе.¹⁵⁶ В шоколадных оболочках 4 из 8 видов конфет вместо масла какао вовсе оказались его заменители, что объясняется либо фальсификацией со стороны производителей, либо тем, что в магазине были куплены поддельные изделия.

Шоколад отличного качества стал редкостью даже в европейских магазинах. Хороший шоколад содержит не менее 40% жиров, не содержит лецитина и жира, отличного от масла какао. Добавки лецитина в шоколад позволяют производителям на 20-60% снизить содержание масла какао и повысить устойчивость шоколада к поседению.¹⁵⁷

¹⁵⁶ Журнал РБК, №5, 2010 г

¹⁵⁷ О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – С.355.

Содержание трансизомеров в масложировой продукции¹

Продукция	Содержание трансизомеров, %
Молочный жир	2,3 – 8,6
Говяжий жир	2,0 – 6,0
Гидрогенизированное рапсовое масло	57 – 67
Сырое рапсовое масло	0,1 – 0,3
Рафинированное рапсовое масло	до 1
Мягкие маргарины	0,1 – 17,0
Маргарины для выпечки	20,0 – 40,0
Кулинарные жиры (шортенинги)	18,0 – 46,0
Наливные маргарины	25,0 – 48,0

Содержание трансизомеров в продуктах на основе гидрогенизированных жиров промышленного производства

Продукт	Содержание жира, %	трансизомеры, в % от жира
Столовые маргарины	62,8 – 80,0	0,12 – 15,8
Кулинарные жиры	80,0 – 99,0	0,42 – 21,27
Хлебопекарные и кондитерские жиры	80,0 – 99,0	1,12 – 6,68
Фритюрные жиры	99,5	0,51 – 39,09
Хлебобулочные изделия	1,4 – 8,7	0,25 – 17,35
Первые и вторые блюда быстрого приготовления	15,3 – 26,0	0,48 – 38,63
Картофельные чипсы	10,2 – 18,0	2,9 – 34,8

Состав специальных жиров, используемых в кондитерской отрасли²

Жир	Насыщенные кислоты, %	Трансизомеры, %
Кондитерский жир на основе гидрированных жиров	32–40	30–40
Заменители масла какао лауринового типа	99–100	<1
Заменители масла какао нелауринового типа на основе гидрированных жиров	30–38	48–52

¹ Кулакова С.Н. и др., Транс-изомеры жирных кислот в пищевых продуктах. Масла и жиры №3-2008. См. также www.aif.ru/food/article/45507

² Мазалова Л.М. Тенденции в области производства специализированных жиров для кондитерской отрасли. Масла и жиры №5-2011.

В молочном отделе может исчезнуть около трети продуктов. В 1990 годах в России появились «молочные» продукты, в которых вместо молочного жира использовался растительный, зачастую без указания этого на упаковке. Примерно через 15 лет это привело к изменению законодательства. С 2008 г, если кроме молочного жира продукт содержит другие жиры, это должно быть отражено в названии:¹⁵⁸ «молочный продукт с растительными жирами», «творожный продукт с растительными жирами», «сметанный продукт с растительными жирами», «сырный продукт с растительными жирами», «мороженое с растительным жиром».

Тем не менее, общественные организации и Роспотребнадзор продолжают выявлять случаи фальсификации, когда под видом молочных продуктов продаются продукты с заменителями молочного жира. По данным одной из общественных организаций в Петербурге примерно треть образцов творога в пачках оказываются фальсификатами.¹⁵⁹ По данным газеты «Аргументы и Факты» в Москве их примерно столько же.¹⁶⁰ В феврале 2012 г Роспотребнадзор обнаружил растительные жиры в сырах трех крупнейших украинских производителей и запретил их импорт, пока их названия не будут приведены в соответствие с регламентом на молочную продукцию. Рассматривая данные различных организаций нужно принимать во внимание, что эти организации могут быть не вполне объективными и использоваться в недобросовестной борьбе конкурирующих производителей.

Благодаря достижениям современных технологий специалист не сможет распознать наличие растительных жиров в сыре, твороге и сметане, даже если молочного жира там нет вовсе. Поэтому эти продукты входят в группу повышенного риска фальсификации.¹⁶¹ Особенно настораживают развесные

¹⁵⁸ Регулируется законом 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» 12.06.2008.

¹⁵⁹ www.petkach.spb.ru/examinations/2012/750-254-1.html.

¹⁶⁰ www.aif.ru/food/article/48925

¹⁶¹ На страницах газеты «Аргументы и факты» даются советы как в домашних условиях выявить наличие заменителей молочного жира: <http://www.aif.ru/food/article/51408>. Например натуральный творог, оставленный без упаковки вне

продукты, продаваемые с машин, – зачастую они не содержат никакой маркировки, кроме цены, а продавец может делать вид, что «не знает» разницы между творогом и творожным продуктом, сметаной и сметанным продуктом.

Чаще всего в качестве заменителей молочного жира используют следующие масла: кокосовое, селективно гидрогенизированное соевое масло, гидрогенизированное хлопковое масло, переэтерифицированное и гидрогенизированное пальмоядровое масло.

В автоматы, продающие кофе и какао, загружаются готовые сухие смеси с заменителями сливок, однако на подписях к кнопкам «кофе с растительными сливками» сокращается до «кофе со сливками».

В хлебном отделе исчезнет больше половины хлеба и выпечки. Выпечка, особенно из слоеного теста, часто содержит маргарин или жиры специального назначения. В мучных изделиях, мороженом, смесях для выпечки, пищевых полуфабрикатах и замороженных десертах в качестве эмульгаторов широко применяются моно и диглицериды жирных кислот (Е471). Если они были получены из саломасов (об этом шла речь выше), то могут содержать трансизомеры. Продукты с такими добавками далеки от натуральности. Использование эмульгаторов и прочих «улучшителей» при выпечке хлеба – одна из причин того, почему хлеб стал пышным, но не вкусным. В мороженом высокого качества ни моно, ни диглицериды не используются вовсе. Натуральное мороженое, как и многие другие натуральные продукты, не стойко при хранении и в сложившейся системе торговли и спроса оно не выдерживает конкуренции.

В бакалейном отделе исчезнут продукты быстрого приготовления (супы, лапша, кубики и др.) – в их состав входит порошковый гидрогенизированный жир.

Поскольку в магазине по вкусу и виду отличить фальсификат от настоящего продукта невозможно, приходится

холодильника, сохраняет цвет несколько дней и прокисает, а «творог» с ЗМЖ желтеет и через день начинает плохо пахнуть. Вполне возможно, однако, что производители смогут с помощью химии избавиться от этого изъяна.

ориентироваться по косвенным признакам. Настоящий молочный продукт не может стоить сильно дешевле своих конкурентов на рынке, поэтому откровенный фальсификат не будет продаваться дешево, чтобы не выдать себя. Скорее всего, его цена будет немного ниже средней цены на настоящие продукты. Наоборот, крупный производитель, выпускающий продукты немного выше средней цены, вряд ли будет рисковать своим положением на рынке. При выборе производителя стоит обратить внимание на использование растительных жиров в других его продуктах, – настоящий молочник не будет иметь никаких дел с растительными жирами. Таким образом наименее рискованны продукты с ценой выше среднего от известных производителей, не использующих растительные жиры. Хотя и эти товары могут подделываться мошенниками. Наличие подделок в магазине зависит от того, с какими поставщиками работает данный магазин. Поэтому, чтобы не купить подделку вместо известной марки, придется оценивать и продавца. Трудно себе представить, чтобы продавец, проявляющий хамство, грубость, неуважение к покупателю, заботился о здоровье покупателя и искал честных поставщиков. Заурядность ассортимента товаров в магазине может указывать, что владелец магазина плохо разбирается в продуктах и магазин для него лишь источник дохода. В мировоззрении такого продавца здоровье покупателей – личное дело самих покупателей и его не касается, пока это не влияет на прибыль. Если есть возможность, лучше не покупать продукты, относительно качества которых остаются сомнения.

Картофель фри, жареные куры и прочая жареная продукция фастфуда дают существенный вклад в потребление населением трансжиров. Ученые из Дании и их иностранные коллеги покупали картофель фри и кусочки курицы в тесте в ресторанах McDonald's и KFC и анализировали их стандартным методом. В общей сложности за период с ноября 2004 года по сентябрь 2005 года был проанализирован состав порций из 43 ресторанов. Результаты показаны на [Рис. 24](#). Два ресторана из России показали неплохие результаты на общем фоне. Хотя 4 г трансжиров за один прием пищи – это уже

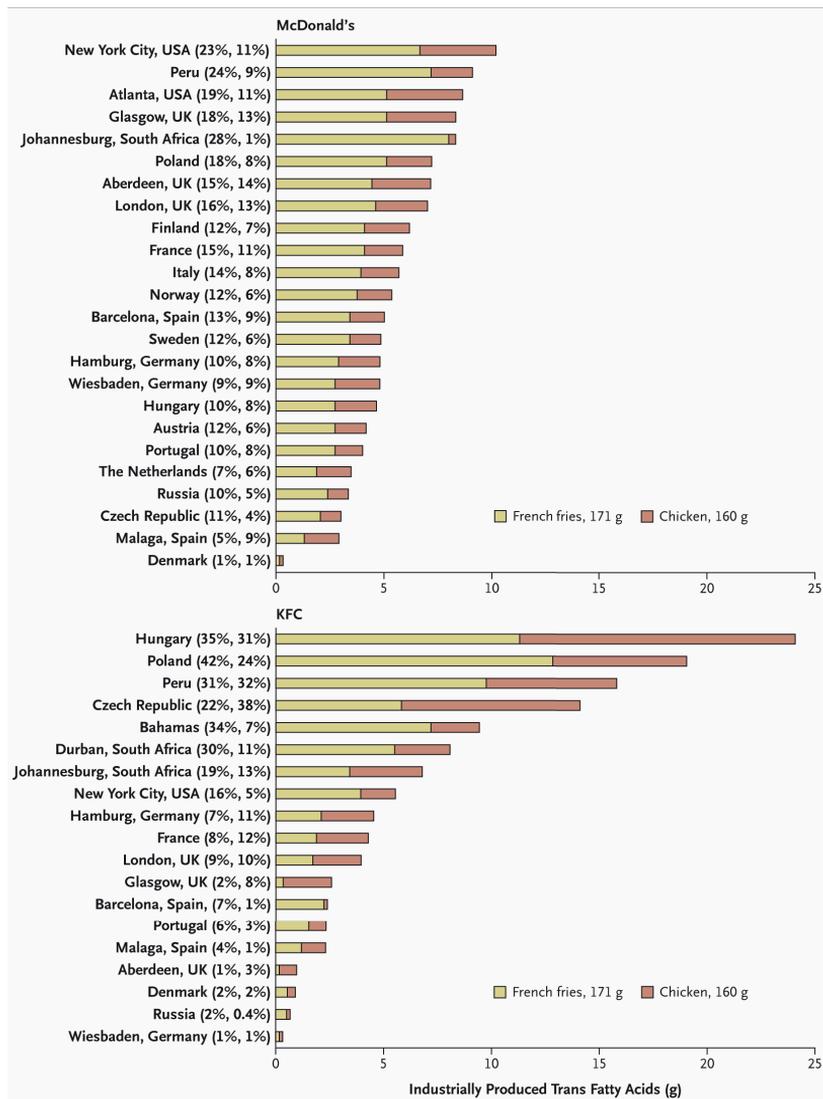


Рис. 24 Содержание промышленных трансжиров в картофеле фри и жареной курице в ресторанах McDonald's и KFC. В скобках указан процент трансжиров от общего жира. Горизонтальная ось: содержание трансжиров в одной порции (желтый – картофель фри 171 г, красный – жареная курица 160 г). (Stender S, Dyerberg J., High Levels of Industrially Produced Trans Fat in Popular Fast Foods. N Engl J Med 2006; 354:1650-1652)



Рис. 25 Приготовление картофеля фри

1,7-2,0% в калорийности рациона. В других российских ресторанах McDonald's и KFC содержание трансжиров может быть иным.

Гидрогенизированное масло (кокосовое, соевое и др.) используется при производстве поп-корна, как более стойкое к нагреву и более экономичное, чем негидрогенизированное.

Даже если в качестве фритюрного или попкорнового жира используется натуральный жир или масло, при его повторном или длительном использовании быстро растет количество весьма вредных, в том числе канцерогенных соединений, таких как бенз(а)пирен. По вредности такой продукт получается не лучше, чем на гидрожирах. В одной из работ¹⁶² в отработанном фритюрном подсолнечном масле было найдено 55% полярных соединений (к которым в том

¹⁶² Sebedio J L et al. Linoleic acid isomers in heat treated Sunflower oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 1988; 65(3):362-366.

числе относятся свободные жирные кислоты), 40% полимеризованных триглицеридов, 2,4% трансизомеров линолевой кислоты. Согласно Европейским требованиям, принятым на конгрессах по фритюрным жирам в Хагене (Германия, III-2000 г, IV-2004 г) общее содержание полярных соединений во фритюрных жирах должно быть не более 24%, полимерных соединений – не более 12%. При таких концентрациях содержание трансизомеров можно ожидать около 1%. Чтобы радикально уменьшить содержание вредных веществ, нужно в десятки раз сократить продолжительность использования масла, что в условиях фастфуда невозможно из-за нерентабельности. На практике фритюрные жиры могут использоваться больше недели при температуре 160-180 °С.

В настоящее время в России содержание трансизомеров в продуктах согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 (по состоянию на март 2012 г) нормируется только в продуктах детского питания и только двух видов:

- адаптированные молочные смеси (сухие, жидкие, пресные и кисломолочные) для детского питания – не более 3% от массы жира;
- хлебобулочные, мучные кондитерские и мукомольно-крупяные изделия для питания дошкольников и школьников – не более 7% от массы жира.

В других продуктах их содержание остается на совести производителей.

Родители могут контролировать питание своих детей дома, но в школах, детских садах и других детских учреждениях за это отвечают местные власти.

По новым правилам в меню московских детских садов и школ не должно быть продуктов с маргарином и гидрогенизированными жирами, а также жиров без указания состава (растительный жир, кондитерский жир).¹⁶³ Однако, каким-то

¹⁶³ Тобис В.И. и др. «Требования к оказанию единой комплексной услуги по организации питания обучающихся и воспитанников в образовательных учреждениях системы Департамента образования города Москвы в 2012 году».

образом они все же попали в базу данных продуктов, используемых для наполнения этого меню (Табл. 8).¹⁶⁴ Например, в продуктах из этой базы встречаются «жир растительный», «заменитель масла какао», «жир растительный (на основе пальмового и подсолнечного масел)» и т.п. Также встречаются продукты с ароматизаторами, идентичными натуральным, хотя при организации детского питания не должны использоваться продукты, содержащие искусственные ароматизаторы.¹⁶⁵ Искусственные ароматизаторы склонны вызывать аллергии. Некоторые синтетические витамины, например Е и бета-каротин, содержат изомеры, не встречающиеся в природе, поэтому обоснованность их массового введения в рацион детей вызывает сомнения.

Также вызывает сомнение использование дезодорированного соевого масла в качестве источника линоленовой кислоты, ввиду того, что до 27% ее может быть изомеризовано при дезодорации. Однако, надо признать, что на нынешнем российском рынке не существует достаточного количества жировых продуктов, которые бы служили источником кислот омега-3 и безоговорочно годились для организованного детского питания.¹⁶⁶ Необходима государственная программа для развития производства нерафинированных растительных масел высокого качества, богатых кислотами класса омега-3 и пригодных для детского питания.

¹⁶⁴ Информационная база данных по пищевым продуктам, используемым в питании обучающихся и воспитанников города Москвы, предоставлена Научно-методическим советом по санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим вопросам при Главном государственном санитарном враче по городу Москве (телефон для справок: (495) 77-44-660). Размещена на сайте <http://www.detnadzor.ru/>

¹⁶⁵ В США и в Евросоюзе внутренне противоречивый термин «идентичный натуральному ароматизатор» больше не используется.

¹⁶⁶ В этом качестве представляет интерес нерафинированное рыжиковое масло, ныне популярное во Франции как салатное. О рыжиковом масле см.: Сизова Н.В. и др. Жирнокислотный состав масла *Camelina sativa* (L.) Crantz и выбор оптимального антиоксиданта. Химия растительного сырья. 2003. №2. С. 27–31.

Таблица 8. Продукты из утвержденного меню школ и детских садов.*

Название продукта	Состав	Нарушенное требование
«Паста шоколадно-ореховая, шоколадно-молочная с добавлением витаминно-минеральных смесей».	сахар-песок (сахарная пудра), жир растительный “Эконат” , молоко сухое обезжиренное, соль “Экстра”, орех фундук тертый, какао-порошок, эмульгатор “Лецитин”, ароматизатор “Ванильно-сливочный”, идентичный натуральному, витаминно-минеральный премикс “Валетек-5”.	в составе продукта должны отсутствовать маргарин, гидрогенизированные жиры, жиры без указания состава (обозначенные как кондитерский жир или растительный жир), искусственные красители и синтетические ароматизаторы (кроме ванилина)
Завтраки готовые. “Шарики шоколадные”	рис, сахар, какао-порошок, глюкоза пищевая, экстракт ячменно-солодовый, жир растительный , соль, витамин С, добавки пищевые: краситель пищевой натуральный “Карамель”, эмульгатор-лецитины, ароматизатор идентичный натуральному “Шоколад”, ванилин кристаллический – идентичный натуральному.	в составе продукта не допускается использование искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Конфеты глазированные “Успевай-ка” обогатенные витаминами и минеральными веществами	сахар, глазурь шоколадная (сахар, заменители какао-масла нелауринового типа , ¹ какао-порошок, эмульгатор-лецитин, ароматизатор идентичный натуральному “Ванилин”), патока крахмальная, сыворотка молочная сухая, молоко сухое обезжиренное, жир растительный “Союз 71Э” , вода питьевая, трикальция цитрат, гемоглобиновый порошок, крахмал картофельный модифицированный, смесь витаминная (витамины: С, В1, В2, В3, В6, В12, РР, Вс, биотин, Е, Д3, А), ароматизатор “Сливочный” идентичный натуральному.	изделия не должны содержать маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), консервантов, искусственных красителей и ароматизаторов
Конфеты “Ореховые батончики “Капитан Сильвер” с витаминами и органическим йодом, глазированные	сахарная пудра, кокосовая стружка, белая глазурь (сахар, какао-порошок, заменитель какао-масла , молоко сухое обезжиренное, эмульгатор лецитин, ванилин), патока, молоко сухое обезжиренное, какао-порошок, соль, витаминно-минеральная смесь “элевит-К” (витамины: В1, В2, РР, Вс, В3, В12, микроэлементы: магний, цинк, марганец).	
Мюсли пресованные: Батончики Виталад в упаковке. 1. Тропический. 2. Черника. 3. Абрикос. 4. Чернослив	хлопья 4-х зерновые (хлопья овсяные, ржаные, пшеничные, ячменные), изюм, цукаты ананас, порошок черники, заменитель масла какао, фруктоза, патока крахмальная карамельная, глазурь белая (сахар, заменитель масла какао , сухое молоко).	в составе глазури не допускается использование гидрогенизированных жиров, растительных жиров, кроме какао-масла
Батончики мюсли в йогуртовой глазури “Вишня”; “Яблочно-коричный”, в молочной глазури, обогатенный витаминами “Скул Бар” шоколад.	“Вишневый” батончик: яблочное пюре, вишнёвый концентрат, вытяжка из зерновых культур, сахар, сушёные яблоки, Йогуртовый порошок, растительный жир , сироп глюкозы, овсяные и пшеничные хлопья, мальтодекстрин, пектин, стабилизаторы (сорбитол, глицерол), эмульгатор лецитин, ароматизатор (вишни) идентичный натуральному. “Яблочно-коричный” батончик: яблочное пюре, вытяжки из зерновых культур, сахар, сушёные яблоко, йогуртовый порошок, растительный жир , сироп глюкозы, овсяные и пшеничные хлопья, мальтодекстрин, молотая корица, пектин, стабилизаторы (сорбитол, глицерол), эмульгатор лецитин, ароматизатор (яблока) идентичный натуральному. “Скул бар” в молочной глазури с шоколадом: хлебные злаки, молочная глазурь, сгущенное молоко обезжиренное, сироп глюкозы, растительный жир , декстроза, какао порошок обезжиренный, эмульгатор лецитин, соль, ароматизатор ванили идентичный натуральному	в составе продукта не должны содержаться искусственные красители и ароматизаторы; в составе глазури не допускается использование гидрогенизированных жиров, растительных жиров, кроме какао-масла

* <http://detnadzor.ru/infobase/index.html>¹ Как уже отмечалось выше особенно много трансизомеров содержится в заменителях какао масла нелауринового типа, поскольку именно трансизомеры придают этим жирам необходимое сочетание твердости и легкоплавкости.

Название продукта	Состав	Нарушенное требование
Печенье сахарное витаминизированное: “Нежное” с ванилином, “Нежное” с молоком, “Нежное” с медом	Мука пшеничная первого сорта, пудра сахарная, пальмовое масло, инвертный сироп, яичный порошок, сода питьевая, соль, соль углекислотная, премикс витаминный 11-03 (А, Е, В1, В2, В6), ароматизатор идентичный натуральному (ванилин). ²	без маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Печенье сахарное с витаминами и железом “Утреннее”,	Мука пшеничная в/с, пудра сахарная, жир растительный “Альтаविستا-1” (смесь рафинированных, дезодорированных растительных масел, транс-изомеры жирных кислот не более 1%), молоко цельное сгущенное с сахаром, меланж, инвертный сироп (сахарный песок, вода питьевая, натрий двууглекислый, кислота лимонная), разрыхлители: натрий двууглекислый, углекислый натрий; соль, молоко цельное сухое, ароматизатор идентичный натуральному “Ваниль”, премикс витаминно-минеральный “Флагман”	без маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Печенье “Юбилейное”	Мука пшеничная, сахар, масло пальмовое, вода питьевая, крахмал, яичный порошок, разрыхлители, бикарбонат натрия и пирофосфат натрия, соль поваренная пищевая, ароматизатор “ваниль-молоко”, идентичный натуральному, эмульгатор-лецитин соевый.	без маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Печенье “Сливочная коровка”, “Солнышко”, “Одуванчик”, “Теремок”, “Антошка”	Мука пшеничная первого сорта, пудра сахарная, пальмовое масло, инвертный сироп, яичный порошок, сода питьевая, соль, соль углекислотная, ароматизатор идентичный натуральному (ванилин), бетавитон (витамины А, Е, С) ²	без маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Завтраки готовые. Продукты питания для детей дошкольного и школьного возраста: “Кольца рисовые витаминные “Вишневые””	рис, крупа манная, сахар, жир растительный , соль, основа “Вишня” натуральная сокодержущая фруктовая, кальций, витамин С, добавки пищевые: краситель пищевой натуральный “МиХрома Кармин”, ароматизатор “Вишня” – идентичный натуральному.	в составе продукта не допускается использование искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Ирис тираженный полутвердый “Ириски от Дениски” с витаминами	Сахар, молоко цельное сухое, жир растительный СОЮЗ , патока, желатин, лецитин, соль поваренная, глицерин, витаминно-минеральная смесь (Витамины:С, В1, РР, В2, В6) ароматизатор сливочный, идентичный натуральному.	ирис не должен содержать маргарина, гидрогенизированных жиров, жиров без указания состава (обозначенных как кондитерский жир или растительный жир), консервантов, искусственных красителей и синтетических ароматизаторов (кроме ванилина).
Вафли “КЭНАПСЫ” со вкусом сыра, сметаны и лука, укропа, полимерная пленка, 30г.	мука пшеничная в/с, жир растительный (пальмовое масло) , соль пищевая йодированная, молоко сухое, клетчатка, лук сушеный измельченный, сыр натуральный, укроп сушеный	
Завтраки готовые. Продукты питания для детей дошкольного и школьного возраста: “Шарики рисовые”	рис, сахар, экстракт ячменно-солодовый, жир растительный , соль.	
Завтраки готовые. Продукты питания для детей дошкольного и школьного возраста: “Звездочки шоколадные и фруктовые”	крупа кукурузная, сахар, пшеница, какао-порошок, овес, глюкоза пищевая, соль, жир растительный , основа “Вишня” натуральная сокодержущая фруктовая, витамин С, добавки пищевые: эмульгатор-лецитины, красители пищевые натуральные “Карамель”, “МиХрома Карамин”, разрыхлитель-сода пищевая (натрий двууглекислый) ароматизаторы идентичные натуральным “Вишня” и “Шоколад”, ванилин кристаллический-ароматизатор идентичный натуральному.	в составе продукта не допускается использование искусственных красителей и искусственных ароматизаторов
Колбасные изделия для питания школьников: сосиски “Классные”, весовые, в натуральной или искусственной оболочке	говядина, свинина, молоко сухое, масло растительное , меланж, крупа манная, животный белок, вода, соль, сахар, мускатный орех, аскорбиновая кислота, нитрит натрия	

² По-видимому, ароматизаторы указаны только для печенья с ванилином.

Название продукта	Состав	Нарушенное требование
Вафли с витаминами и железом “Школьные”	Мука пшеничная, пудра сахарная, жир растительный “Альтависта1” (смесь рафинированных, дезодорированных растительных масел, транс-изомеры жирных кислот не более 1%) , сыворотка молочная сухая, молоко цельное сухое, какао-порошок, яичный порошок, разрыхлитель: натрий двууглекислый, масло растительное, паста для сбивания, премикс витаминно-минеральный “Флагман”, ароматизатор идентичный натуральному “Ваниль”	в составе продукта должны отсутствовать маргарин, гидрогенизированные жиры, жиры без указания состава (обозначенные как кондитерский жир или растительный жир), искусственные красители и синтетические ароматизаторы (кроме ванилина).
Детские завтраки/полдники из бисквитного полуфабриката с начинкой “Бонди Бегемотик” обогащенные йодом и витамином С, обогащенные кальцием и витамином С	мука пшеничная в/с, сахар, меланж, масло растительное, молоко сухое цельное, пищевая добавка (цитрат кальция Е-333), паста для сбивания (вода, сахар, эмульгаторы Е471, Е475), разрыхлитель (сода пищевая), соль поваренная, ароматизаторы идентичные натуральным: “Апельсин”, “Ванильно-сливочный”, витамин С	в составе продукта должны отсутствовать синтетические ароматизаторы (кроме ванилина).
Вафли “Детские сливочные”, “Детские сливочные оригинальные”, “Детские земляничные оригинальные”	Мука пшеничная в/с, пудра сахарная, жир растительный (на основе пальмового и подсолнечного масел) , молоко сухое обезжиренное, сыворотка сухая молочная, яичный порошок, какао-порошок, лецитин, сливки сухие, соль поваренная пищевая, натрий двууглекислый (сода), ароматизаторы идентичные натуральным: концентрированное молоко, земляника.	в составе продукта должны отсутствовать маргарин, гидрогенизированные жиры, жиры без указания состава (обозначенные как кондитерский жир или растительный жир), искусственные красители и синтетические ароматизаторы (кроме ванилина).
Концентраты киселей с витаминами «Киселек Золотой шар» для детей дошкольного и школьного возраста	Со вкусом персика: сахар-песок, крахмал, регулятор кислотности лимонная кислота, премикс витаминный (С, В1, В2, В6, В12, РР, А, D3, Е, К1, пантотеновая кислота, фолиевая кислота, биотин), концентрат свекольного сока, бета-каротин, натрий лимоннокислый, яблочная кислота, ароматизаторы натуральные и идентичные натуральным.	При производстве концентрата не допускается использование консервантов, искусственных красителей и искусственных ароматизаторов.

Что происходит в пищевой индустрии

В начале 2000-х годов организации здравоохранения ряда стран осознали необходимость законодательного ограничения количества трансжиров в продуктах питания. Дания (2003), Швейцария (2008), г. Нью-Йорк (2006), г. Калгари (2008), штат Калифорния (2008)¹⁶⁷, Австрия (2009), запретили присутствие трансжиров во всех продуктах питания и блюдах ресторанов, за исключением очень малого их содержания в отдельных случаях. Англия, Франция, Германия не вводили запрета, но ввели требования указания трансжиров на упаковке. В некоторых странах рестораны сети фастфуд – KFC, Taco Bell, Wendy's, MacDonald's, по собственной инициативе отказались от использования жиров, содержащих трансизомеры. В США и Канаде количество трансжиров должно быть указано на упаковке; продукт может быть назван свободным от трансжиров (*trans fat free*), только если их количество не превышает 0,5 г на порцию в США и 0,2 г на порцию в Канаде. Это может вводить в заблуждение. Например, в рекламе шортенинга Crisco сегодня заявляется, что он «содержит 0 г трансжиров в одной порции». За размер порции компания приняла 12 г продукта. Из указанного заявления следует, что количество трансжиров в продукте не превосходит 4,2%. Производитель чипсов Lay's смело утверждает, что в них 0 г трансжиров.¹⁶⁸

¹⁶⁷ Подписан А. Шварцнегерром.

¹⁶⁸ При этом ничего не говорится об акриламиде, который образуется в чипсах при жарке. Этого слова потребителю лучше не знать, – до тех пор, пока не удастся сделать чипсы без акриламида. Картофель и злаковые содержат аминокислоту аспарагин, которая при нагревании выше 120 градусов превращается в

В России, под влиянием мировых тенденций и приближения 2013 г, когда начнут вступать в силу законодательные ограничения содержания трансизомеров, появилась тенденция к снижению трансжиров в маргариновой продукции. Так компания «ЭФКО», лидер среди российских производителей специализированных жиров для пищевой промышленности, «постоянно стремится к сокращению количества трансизомеров в своей продукции».¹⁶⁹ В 2011 г. компания «ЭФКО» вывела на рынок заменитель масла какао «Эколад 1701-33» с содержанием трансизомеров, не превышающим 7%. Продукт предназначен для производства глазури для конфет. Другой крупный производитель, ГК НМЖК, запустил в 2011 г «новую линейку продукции без трансизомеров жирных кислот». Однако производители по-прежнему предпочитают не акцентировать внимание конечных потребителей на проблеме трансжиров. Видимо потому, что на российском рынке, в том числе в «линейках» ведущих производителей, все еще много продуктов с высоким их содержанием. Внимание покупателей привлекается к отсутствию ГМО, чистоте используемого сырья и тщательности производственного контроля. Однако для экстракции масел по-прежнему используется гексан, а для рафинации – высокие температуры и отбельные глины, в результате чего образуются трансжиры и прочие вредные компоненты. Основные поставки пальмового масла в Россию происходят из Малайзии и Индонезии. О строгости

акриламид. Содержание акриламида в картофельных чипсах колеблется от 0,3 до 3,0 мг/кг, в мюсли и хрустящих хлебах – 0,2-1,0 мг/кг. Это от 2 тысяч до 30 тысяч раз больше, чем ПДК акриламида в воде. В августе 2008 г четыре пищевых компании – Heinz, Frito-Lay, Kettle, и Lance – согласились уменьшить содержание акриламида в своих продуктах (таких как картофельные чипсы и картофель фри) в течении трех лет и выплатить суммарный штраф 3 млн. долларов штату Калифорния, который в 2005 году подал на них, а также на McDonald's, Wendy's, Burger King, KFC и Procter & Gamble, иск за нарушение закона штата, требующего указывать наличие канцерогенных веществ в продуктах, в данном случае акриламида. Акриламид хорошо растворим в воде, поражает в первую очередь нервную систему; легко проникает через неповрежденную кожу; раздражает слизистые оболочки глаз. ПДК в воде 0,1 мкг/л (ВОЗ). Акриламиду посвящена обзорная статья в журнале Вопросы питания №1, 2010.

¹⁶⁹ Семинар «ЭФКО»: свежий взгляд на производство спредов, 2012 - http://www.efko.ru/images/upload/pdfs/_1_2012_.pdf



Рис. 26 Из «Книги о вкусной и здоровой пище».

соблюдения в стране стандартов при производстве продуктов можно косвенно судить по уровню коррупции в ней. Места Малайзии, Индонезии и России в 2011 г по воспринимаемому уровню коррупции: 60, 100 и 143.

Даже если производитель захочет прекратить выпуск продуктов, вредных или сомнительных для здоровья, возникнет вопрос как это сделать. Существующее оборудование куплено в кредит, исправно служит и возможно еще не окупило себя. Куда же его девать и как купить новое, на какие средства? И где гарантия, что с новым оборудованием в будущем не возникнут подобные проблемы? Ведь всякая технологическая обработка продуктов является потенциальным источником создания вредных компонентов. Используемое ныне оборудование рекламировалось как передовое и обещало хорошие прибыли. И главное – будут ли покупатели покупать менее вредные, но более дорогие продукты?

Производители оказались в ловушке из-за безответственной пропаганды сомнительных продуктов и некачественной работы государственных структур, призванных следить за качеством продуктов.

В памятнике советской культуры, «Книге о вкусной и здоровой пище»¹⁷⁰, размещена следующая информация о маргарине.

«Наиболее полезны для человека жиры молочные, как, например, сливочное и топленое масло, жиры сливок, сметаны. Но и другие жиры, в том числе маргарин и растительное масло, являются ценными пищевыми продуктами, так как обладают высокой калорийностью и хорошей усвояемостью.»

«Маргарин вырабатывают у нас на заводах, оборудованных по последнему слову техники, при тщательном лабораторном и техно-химическом контроле.

Процесс выработки маргарина основан на том, что очищенные растительные масла, часть которых гидрогенизирована, т. е. превращена в твердое состояние, смешивают (эмульгируют) с заквашенным молоком, лецитином, солью, а иногда к этой смеси, в зависимости от рецептуры, прибавляют еще высшие сорта говяжьего или свиного сала.»

«Врачи-диетологи считают возможным применять маргарин в диетическом питании.»

«Все опытные хозяйки знают, что в пироги, в печенье, для обжаривания маргарин лучше других жиров.»

Это опубликовано в 1952 г, а в 1954 г в американском научном журнале высказывается иное суждение: «ненасыщенные жиры в гидрогенизированных маслах, особенно полиненасыщенные, представляют собой чрезвычайно сложную смесь позиционных и геометрических изомеров, идентифицировать которые пока невозможно; их влияние на организм не известно».¹⁷¹

¹⁷⁰ Книга о вкусной и здоровой пище. Пищепромиздат, Москва, 1952. Редакция: проф. О. П. Молчанова, проф. Д. И. Лобанов, М. О. Лифшиц, Н. П. Цыпленков, одобрена Институтом Питания Академии Медицинских Наук СССР. С. 236-237

¹⁷¹ Mabrouk A.F. and J. B. Brown. The trans fatty acids of margarines and shortenings J. Am. Oil Chem. Soc. 1954, 33, 3:98-102

Тем не менее, в учебнике по гигиене питания 1975 г по прежнему не было ни слова о трансжирах.¹⁷²

Потребовалось более 80 лет, чтобы понять, что гидрогенизированные жиры вредят здоровью и начать принимать соответствующие законодательные меры. За это время сотни миллионов людей в мире умерли от сердечно-сосудистых заболеваний, значительная часть из которых развилась благодаря трансжирам. Сколько времени и жертв потребуется, чтобы узнать истину в отношении других искусственных продуктов?

В России большинство компаний сегодня озабочены в первую очередь собственным выживанием в условиях жесткой и часто нездоровой конкуренции, произвола чиновников и арендодателей. Нынешний социальный климат не располагает к тому, чтобы производители думали о здоровье людей, если только это не сулит прибыли. Производители успокаивают себя тем, что покупателя никто не принуждает в выборе. Но при этом не дают всей информации, необходимой для выбора, а напротив, вводят покупателя в заблуждение лживой рекламой. Например, в рекламе часто акцентируют внимание на том, что маргарин содержит мало холестерина. Однако, маргарин больше повышает холестерин крови, чем сливочное масло, и в отличие от сливочного масла повышает риск ИБС. Честно было бы писать на маргарине, например следующее: «Содержит 15% трансжиров. Трансжиры повышают риск сердечных приступов и развития диабета».

Государство могло бы создать законодательные предпосылки для постепенной замены суррогатов на рынке натуральными продуктами, обеспечив возможность широкого производства органических продуктов. Земли и людей в России хватает. Но пока это видимо не входит в список его первоочередных задач, и многие прогрессивные идеи по реформе сельского хозяйства вязнут в зыбучих рядах коррумпированных чиновников.

¹⁷² Петровский К. С. Гигиена питания. 1975.

Крупные компании переживают своих создателей. Топ-менеджеры думают, что управляют компаниями, но на самом деле находятся в жестких рамках, задаваемых логикой выживания и развития самих компаний. Если топ-менеджер выходит за эти рамки, компания заменяет его другим. Крупные транснациональные компании превратились в огромную силу на Земле, которая влияет на нее в своих интересах, а не интересах людей. Разве в интересах человечества отравлять Землю и есть суррогаты вместо натуральных продуктов? Компаниям выгодно ставить как можно большее число людей в зависимость от своего существования, это позволяет им выжить. Борясь за выживание, компании стремятся снизить цену продукта, в том числе экономя на сырье и снижая зарплату. В итоге, население вынуждено покупать более дешевые продукты, рынок качественных продуктов сужается, цены на них растут, замыкая порочный круг. Возникает тенденция к социальному расслоению. Цели развития компаний расходятся с интересами развития человечества. Дисбаланс между производством продуктов (в широком смысле) и оптимальными (для развития) потребностями в них приводит к кризисам. Несбалансированность проявляется и в том, что на Земле один миллиард людей голодают и два миллиарда имеют избыточный вес.

Пока определением стратегий развития будут заниматься ангажированные политики, а не независимые ученые, человечество будет бессильно перед созданными им самим структурами. Некоторые из этих структур, такие как транснациональные компании, подобны раковым опухолям, в том что они игнорируют интересы организма и развиваются согласно собственным внутренним тенденциям. Деятельность транснациональных пищевых компаний приводит к вытеснению простой здоровой пищи с рынков¹⁷³, – она быстро портится и ее слишком хлопотно и потому невыгодно продавать большими объемами. Кто знает, не наступит ли день, когда компании будут модифицировать не только растения, но и людей,

¹⁷³ www.aif.ru/food/article/53873

чтобы они могли есть выпускаемую этими компаниями синтетическую пищу, под предлогом того, что Земля отравлена и больше не может прокормить человечество?

Однако, компании, как бы велики они не были, всецело зависят от спроса на их продукцию. Поэтому они целенаправленно создают в умах людей представление о желательности, а еще лучше о необходимости их продукции. Это делается многими путями, включая прямую рекламу товаров. Самое глубокое воздействие оказывается путем внедрения концепций, таких как представление о пользе растительных жиров и вреде животных, или идеи о том, что компании существуют для блага людей. На их основе можно, например, в рекламе мороженого с растительными жирами показывать как оно радует детей, или писать на дезодорированном растительном масле, что оно не содержит холестерина. Реклама служит напоминанием об уже внедренных представлениях, без этого она не работает. Чтобы угодные компаниям концепции прижились, необходима подходящая почва – ослабленное критическое мышление и низкая грамотность. Компаниям выгодно лоббировать узкую специализацию в образовании, поддерживать желтое телевидение и желтую прессу, отбивать вкус от всего подлинного и настоящего, формировать цивилизацию потребления, – по сути религию, в которой верят в материальное благополучие и поклоняются брендам.

В магазинах покупатели всего лишь материализуют свои предпочтения. Истинным полем сражения являются их умы.

Что кушать (резюме)

Качество употребляемых жиров влияет на качество жизни. Представление о том, что жиры играют в питании лишь роль топлива и вкусного кулинарного ингредиента оказалось ошибочным. Соотношение жирных кислот в пище изменяет соотношение жирных кислот в клеточных мембранах. По меньшей мере две жирные кислоты являются незаменимыми. Высокая активность и благоприятность для здоровья других жирных кислот, например, содержащейся в молочном жире руменов, была открыта относительно недавно. Число изомеров жирных кислот исчисляется тысячами и большинство из них еще не изучено. Интенсивная технологическая обработка с применением химических реагентов и высоких температур, – рафинация, дезодорация, гидрогенизация, перезтерификация, – изменяет структуру жирных кислот, создает такие их соотношения, которые не встречаются в природе. Их вред сегодня доказан клиническими испытаниями. Дезодорированные масла лишены многих компонентов исходных масел. В отношении обедненности биологически активными веществами они похожи на муку высшего сорта.

Так чем же питаться? К счастью, пока еще остались натуральные продукты.

Лучшими источниками жира являются свежие продукты: цельное молоко и сливки, мясо, птица, рыба, яйца, орехи, масличные семена и плоды, масла холодного прессования.

К сожалению, сельскохозяйственные ядохимикаты, применяемые при выращивании растений, накапливаются в жире растений и жире животных, питающихся этими растениями. Поэтому приходится внимательно выбирать продукты.

Идеально, если они будут органическими (сертифицированы как выращенные и произведенные без применения вредных веществ).

Потребности в жирных кислотах могут быть легко удовлетворены без использования рафинированных и тем более гидрогенизированных жиров и прочих суррогатов.

Например, жир молочных продуктов, мяса или птицы, или оливковое масло холодного отжима, при употреблении даже в умеренных количествах покрывают всю потребность в насыщенных и мононенасыщенных жирах. Они же примерно на треть покрывают потребность в незаменимой линолевой кислоте. Две трети всего рекомендуемого количества незаменимых кислот линолевой (омега-6) и α -линоленовой (омега-3) можно получить с грецким орехом – 100-150 г в неделю, или смесью 4-5 частей семян подсолнечника и 1 части семян льна – 150-200 г в неделю. Семена льна добавляют в супы, соусы, выпечку. Оставшуюся треть жирных кислот класса омега-3 можно получить с рыбой холодных морей – 100-300 г в неделю, в зависимости от жирности рыбы. Грецкий орех по составу жирных кислот оказался лучше фундука, миндаля, кешью, фисташек, тем что содержит α -линоленовую кислоту, причем в благоприятной пропорции с линолевой. Хотя и эти орехи не стоит исключать из питания, особенно, если они вызывают аппетит. Маленьким детям, которые еще не могут есть орехи, можно в качестве источника кислот омега-3 добавлять в пищу 1-2 чайные ложки свежерафинированного масла из грецкого ореха¹⁷⁴, или подходящего масла органического земледелия, например половину чайной ложки рыжикового.

Таким образом, возможно обходиться без рафинированных и гидрогенизированных масел, особенно в детском питании, питании беременных и кормящих женщин, питании взрослых, планирующих родить здоровых детей.

¹⁷⁴ В орехах и семенах не должно быть ни малейших следов плесени. Желто-зеленая плесень *Aspergillus flavus* и некоторые другие производят высокотоксичное вещество афлатоксин, которое светится зеленым светом в УФ лучах. Плесень поражает ослабленные растения, а также орехи и семена, находящиеся во влажных условиях, в частности орехи, упавшие на землю. Цвет здорового грецкого ореха – ровный, светлый.

Если во имя чего-то промышленные масла все же употребляются в пищу, то по крайней мере можно принять во внимание, что их вредность различается. Приблизительно в порядке возрастания вредности:

- нерафинированное масло (может содержать остатки с/х ядов, гексан);
- рафинированное недезодорированное масло (может содержать остатки с/х ядов и нежелательные примеси, в том числе гексан);
- рафинированное дезодорированное масло (изомеризовано около 2% линолевой кислоты и около 20% линоленовой; особенно много трансизомеров может быть в дезодорированном рапсовом масле и дезодорированном рыбьем жире из-за высокой доли полиненасыщенных кислот);
- полностью гидрогенизированный растительный жир (содержит вредные примеси, в частности никель, и небольшой процент трансизомеров);
- перезтерифицированный растительный жир (содержит трансизомеры полиненасыщенных жирных кислот и вредные примеси);
- частично гидрогенизированный растительный жир (содержит до 67% трансизомеров и вредные примеси, в частности никель).

Трансизомеры медленно накапливаются в тканях и могут использоваться в качестве источника энергии. Физическая активность и воздержание от переедания обеспечивают сжигание поступающих с пищей трансжиров и тем самым снижают их отложение в тканях.

В связи с кампанией против холестерина и насыщенных жиров нужно сказать несколько слов в защиту сливочного масла. Первые эпидемиологические исследования факторов риска ишемической болезни сердца обнаружили связь между потреблением насыщенных жиров, ожирением и ИБС. Поскольку в молочном жире около 70% насыщенного

жира, был сделан вывод о необходимости ограничения потребления молочного жира, который к тому же содержит 0,27% холестерина. Однако последующий более аккуратный анализ, показал, что повышение риска ИБС и ожирение обусловлены не жиром, а превышением потребления калорий над потребностью в них, то есть переяданием. При балансе поступления энергии и ее расходования, количество жира в диапазоне 18-40% калорийности рациона не оказывает влияния на ожирение.^{175,176} Для большинства людей потребление жиров 25-35% от калорийности рациона будет безвредным. Оптимальным с точки зрения сердечно-сосудистых заболеваний является 30-35%, и преобладание в рационе сложных углеводов над простыми.^{177,178} Показатели смертности, число случаев ИБС и диабета, оказались выше среди тех, кто употребляет мало молочного жира.¹⁷⁹ Жир молока и мяса жвачных животных является основным пищевым источником руменово́й жирной кислоты, которая благотворно влияет на сердечно-сосудистую систему и иммунитет. Однако, несвежее сливочное масло, в том числе в хранившихся кондитерских изделиях (например в печенье), содержит окисленные формы холестерина, которые являются сильными атерогенами. Это же относится к яйцам – свежие яйца, меланж и яичный порошок различаются по атерогенности, хотя и содержат одинаковое количество холестерина. В детском питании нужно по-возможности использовать только свежие продукты.

¹⁷⁵ Willett, W.C. 2002. Dietary fat plays a major role in obesity: no. *Obesity Rev.* 3, 59–68.

¹⁷⁶ Seidell, J.C. 1998. Dietary fat and obesity: an epidemiologic perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 67, 546S–550S.

¹⁷⁷ Kris-Etherton, P.M., Binkoski, A.E., Zhao, G., Coval, S.M., Clemmer, K.F., Hecker, K.D., Jacques, H., Etherton, T.D. 2002. Dietary fat: assessing the evidence in support of a moderate-fat diet; the benchmark based on lipoprotein metabolism. *Proc. Nutr. Soc.* 61, 287–298.

¹⁷⁸ Sanders, T.A.B. 2003. High-versus low-fat diets in human diseases. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 6, 151–155

¹⁷⁹ Elwood PC, Pickering JE, Givens DI, et al. (2010) The consumption of milk and dairy foods and the incidence of vascular disease and diabetes: an overview of the evidence. *Lipids* 45, 925–939

Существует немало способов экономии на продуктах питания, но одного лучше избегать – покупки ненатуральных или некачественных продуктов. Если не ясно какие ингредиенты использованы в составе продукта или есть сомнения в его подлинности, лучше не брать его.

Приложение 1. Номенклатура жирных кислот

Многие жирные кислоты имеют исторически сложившиеся тривиальные названия. Например, масляная кислота была найдена в коровьем молоке, капроновая, каприловая и каприновая – в козьем (коза на латыни *capra*). Наряду с этим все химические соединения, в том числе жирные кислоты, имеют систематические названия. В соответствии с номенклатурой Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC) насыщенные карбоновые кислоты¹⁸⁰ имеют окончание -ановая. Например, лауриновая кислота имеет систематическое название додекановая. Додек означает двенадцать (до – 2, дек – 10). Таким образом, додекановая обозначает насыщенную жирную кислоту с 12 атомами углерода. Ненасыщенные жирные кислоты имеют окончание -еновая. Например, октадеценовая – кислота с 18 атомами углерода и одной двойной связью (окта – 8, дец – 10). Если ненасыщенных связей 2 или более, их число указывается в названии. Например, октадекатриеновая – кислота с 18 атомами углерода и тремя двойными связями (октадек – 18, три – 3). Положение двойных связей и их конфигурация указываются в начале. Например, тимнодоновая кислота, относящаяся к семейству омега-3, имеет систематическое название цис, цис, цис, цис, цис-5, 8, 11, 14, 17-эйкозапентаеновая кислота или *all-cis-5, 8, 11, 14, 17-эйкозапентаеновая* кислота, которое обозначает жирную кислоту с 20 атомами углерода (эйкози – 20), 5 двойными связями (пента – 5) в конфигурации цис, распо-

¹⁸⁰ Жирные кислоты относятся к карбоновым кислотам, поскольку содержат карбоксильную группу COOH.

ложенными после 5, 8, 11, 14 и 17 атома углерода (считая от начала молекулы):

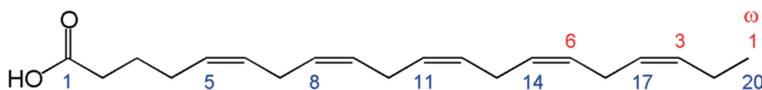
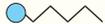
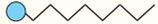
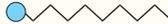
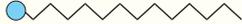
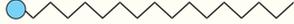
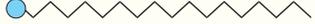


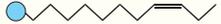
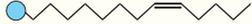
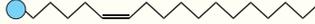
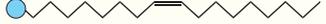
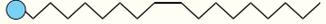
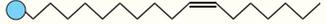
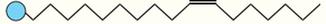
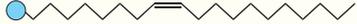
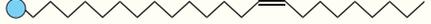
Рис. 27. *All-cis* -5, 8, 11, 14, 17-эйкозапентаеновая кислота (из семейства омега-3)

Наряду с тривиальным и систематическим названиями, используются сокращенные названия жирных кислот (липидные формулы). Например, тимнодоновая кислота обозначается как C20:5 ω -3 или C20:5 n-3, что означает кислоту с 20 атомами углерода, 5 двойными связями, последняя из которых расположена за 3 атома углерода до конца. Поскольку двойные связи обычно расположены на расстоянии 3 атомов углерода друг от друга и имеют цис-конфигурацию, такой записи бывает достаточно. Если двойные связи расположены нестандартно, их можно указать явно: C20:5 n-3, 6, 9, 12t, 15 – трансизомер тимнодоновой кислоты в положении 12, считая от конца. Если положение двойных связей нумеруется от начала молекулы, то обозначение этого же трансизомера тимнодоновой кислоты выглядит так: C20:5 Δ 5, 8t, 11, 14, 17.

Насыщенные жирные кислоты

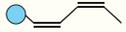
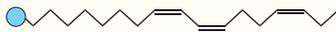
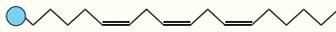
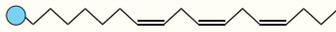
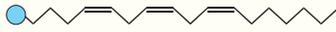
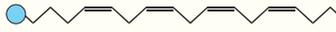
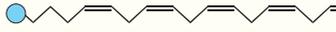
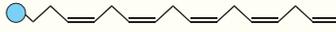
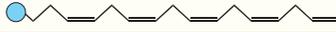
Тривиальное название	Систематическое название (IUPAC)	Структура	T плавления	Формула
Масляная	Бутановая	4:0	-8 °C	
Капроновая	Гексановая	6:0	-4 °C	 $\text{COOH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Каприловая	Октановая	8:0	17 °C	
Пеларгоновая	Нонановая	9:0	12,5 °C	
Каприновая	Декановая	10:0	31 °C	
Лауриновая	Додекановая	12:0	43,2 °C	
Миристиновая	Тетрадекановая	14:0	53,9 °C	
Пальмитиновая	Гексадекановая	16:0	62,8 °C	
Маргариновая	Гептадекановая	17:0	61,3 °C	
Стеариновая	Октадекановая	18:0	69,6 °C	
Арахиновая	Эйкозановая	20:0	75,4 °C	
Бегеновая	Докозановая	22:0	80,0 °C	
Лигноцериновая	Тетракозановая	24:0	84,2 °C	
Церотиновая	Гексакозановая	26:0	87,7 °C	
Монтановая	Октакозановая	28:0	~90 °C	

Мононенасыщенные жирные кислоты¹

Тривиальное название	Систематическое название (IUPAC)	Структура (с «конца»)	Структура (с «головы»)	Формула
Лауроолеиновая	9-додеценная	12:1 n-3	12:1 Δ9	 $\text{COOH-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$
Миристоолеиновая	9-тетрадеценная	14:1 n-5	14:1 Δ9	
Пальмитолеиновая	9-гексадеценная	16:1 n-7	16:1 Δ9	
Петроселиновая	6-октадеценная	18:1 n-12	18:1 Δ6	
Олеиновая	9-октадеценная	18:1 n-9	18:1 Δ9	
Элаидиновая	<i>trans</i> -9-октадеценная	18:1 n-9t	18:1 Δ9t	
Цис-вакценовая	11-октадеценная	18:1 n-7	18:1 Δ11	
Вакценовая (VA) ²	<i>trans</i> -11-октадеценная	18:1 n-7t	18:1 Δ11t	
Гадолеиновая	9-эйкозеновая	20:1 n-11	20:1 Δ9	
Гондоиновая	11-эйкозеновая	20:1 n-9	20:1 Δ11	
Эруковая	9-доказеновая	22:1 n-13	22:1 Δ9	
Нервоновая	15-тетракозеновая	24:1 n-9	24:1 Δ15	

¹ Все двойные связи имеют цис-конфигурацию, если не указано обратное.² В скобках указаны часто используемые английские сокращения

Полиненасыщенные жирные кислоты

Тривиальное название	Систематическое название (IUPAC)	Структура (с «конца»)	Структура (с «головы»)	Формула
Сорбиновая	<i>trans, trans</i> -2, 4-гексадиеновая	6:2 n-2t, 4t	6:2 Δ2, 4	 $\text{COOH-CH}_2=\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Линолевая (LA)	9, 12-октадекадиеновая	18:2 n-6	18:2 Δ9, 12	
Руменовая (RA)	<i>cis, trans</i> -9, 11-октадекадиеновая	18:2 n-7t, 9	18:2 Δ9, 11t	
α-Линоленовая (ALA)	9, 12, 15-октадекатриеновая	18:3 n-3	18:3 Δ9, 12, 15	
Румеленовая (RLA)	<i>cis, trans, cis</i> -9, 11, 15-октадекатриеновая	18:3 n-3, 7t, 9	18:3 Δ9, 11t, 15	
γ-Линоленовая (GLA)	6, 9, 12-октадекатриеновая	18:3 n-6	18:3 Δ6, 9, 12	
Дигомо-γ-линоленовая	8, 11, 14-эйкозатриеновая	20:3 n-6	20:3 Δ8, 11, 14	
-	5, 8, 11-эйкозатриеновая	20:3 n-9	20:3 Δ5, 8, 11	
Арахидоновая (ETA)	5, 8, 11, 14-эйкозатетраеновая	20:4 n-6	20:4 Δ5, 8, 11, 14	
Тимнодоновая (EPA)	5, 8, 11, 14, 17-эйкозапентаеновая	20:5 n-3	20:5 Δ5, 8, 11, 14, 17	
(DPA)	4, 7, 10, 13, 16-докозапентаеновая	20:5 n-4	20:5 Δ4, 7, 10, 13, 16	
Цервоновая (DHA)	4, 7, 10, 13, 16, 19-докозагексаеновая	22:6 n-3	22:6 Δ4, 7, 10, 13, 16, 19	

Приложение 2. Содержание жирных кислот в некоторых продуктах

	молоко грудное	сливочное масло	яйцо куриное	свиное сало	говяжий жир	бараний жир	куриный жир	жир индейки	лосось атлантический	оливковое масло	семена подсолнечника	масло канола	соевое масло	семена горчицы	грецкий орех	семена льна	фундук	арахис	кешью	миндаль	фисташки	семена тыквы	масло виноградных косточек	рыжиковое масло	масло какао	кокос	пальмовое масло	
жир на 100 г продукта, г	4,2	75,4	8,7	63,2	95,6	95,7	95,4	95,4	5,6	97,3	46,1	98,8	96,2	34,6	62,2	39,9	58,0	46,8	39,4	49,7	43,1	45,9	95,6	98,3	95,6	60,7	95,6	
насыщенные, % от жира	48,2	68,1	36,0	34,8	52,1	49,4	31,2	30,8	17,4	14,2	9,7	7,5	16,3	5,7	9,8	9,2	7,7	14,6	19,7	7,9	12,9	18,9	10,0	9,4	62,4	94,3	51,6	
4:0 масляная	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:0 капроновая	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
8:0 каприловая	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0
10:0 каприновая	1,5	3,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0
12:0 лауриновая	6,1	3,4	0,0	0,1	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	0,1	
14:0 миристиновая	7,7	9,9	0,4	1,3	3,9	4,0	0,9	0,9	2,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	18,6	1,0	
15:0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:0 пальмитиновая	22,1	28,8	25,7	21,5	26,0	22,5	22,6	21,6	11,2	11,6	4,8	4,4	10,9	2,8	7,1	5,4	5,3	11,0	9,9	6,6	11,6	11,7	7,0	5,5	26,6	9,0	45,5	
17:0 маргаринавая	0,0	0,7	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
18:0 стеариновая	7,0	13,3	9,3	11,2	19,8	20,4	6,3	6,5	3,8	2,0	3,7	2,1	4,6	1,3	2,7	3,3	2,2	2,3	8,2	1,3	1,1	6,3	2,8	2,3	34,7	5,5	4,5	
20:0 арахидиновая	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,7	0,4	0,8	0,1	0,1	0,2	0,0	0,7	0,0	0,1	0,5	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
22:0 бегеновая	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,3	0,4	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
24:0 лигноцеридиновая	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
мононенасыщенные, % от жира	39,8	27,9	42,1	44,4	43,7	42,4	46,9	45,0	37,4	75,0	40,2	64,1	23,7	65,1	14,4	18,9	78,7	52,2	60,4	67,2	55,2	35,4	16,8	30,9	34,4	4,5	38,7	
14:1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:1 пальмитолеиновая	3,1	1,3	2,3	2,0	4,4	2,4	0,0	6,3	0,0	1,3	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,3	0,5	1,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,3	
17:1 гептадеценивая	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18:1 олеиновая	35,4	26,5	39,2	41,6	37,7	39,3	39,1	37,6	24,0	73,3	39,9	62,5	23,4	24,5	14,1	18,4	78,2	50,7	59,7	66,6	53,7	35,2	16,5	15,1	34,1	4,5	38,3	
20:1	1,0	0,1	0,3	0,8	0,3	0,0	1,2	0,0	4,0	0,3	0,2	1,3	0,2	11,5	0,2	0,2	0,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	13,3	0,0	0,0	0,1	
22:1 эруковая	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,1	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	
полиненасыщенные, % от жира	11,9	4,0	22,0	20,9	4,2	8,2	21,9	24,2	45,2	10,8	50,2	28,5	60,0	29,2	75,8	72,0	13,6	33,2	19,9	24,9	31,9	45,7	73,1	59,7	3,1	1,2	9,7	
18:2 линолевая	9,0	3,6	17,9	18,7	3,2	5,7	20,4	22,2	3,1	10,0	50,0	19,2	53,0	17,1	61,2	14,8	13,5	33,2	19,7	24,9	31,3	45,1	72,8	17,7	2,9	1,2	9,5	
18:3 линоленовая	1,2	0,4	0,6	0,9	0,6	2,4	1,0	1,5	5,2	0,8	0,1	9,2	7,1	11,0	14,6	57,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,6	0,3	0,1	38,6	0,1	0,0	0,2	
20:2 n-6	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	
20:3	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	
20:4 арахидоновая	0,6	0,0	2,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20:5 n-3 (EPA) эйкозапентаеновая	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:5 n-3 (DPA) докозапентаеновая	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:6 n-3 (DHA) докозагексаеновая	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Цветом выделены наиболее значимые компоненты: для насыщенных кислот – если сумма «атерогенных» кислот 12:0+14:0+16:0 превышает 27%;

для мононенасыщенных – если их сумма превышает 33%; для линолевой – если она превышает 10%; для омега-3 (включая линоленовую) – если их сумма превышает 1%.

Состав других продуктов можно найти в базе данных Национальной академии наук США: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list>

Использованная литература

Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб. пособие/ ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т; Иваново, 2007. – 124 с

Антонов В.Ф. и др, Биофизика. М.: ВЛАДОС, 2003. – 288 с.

Арсеньева Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры Т.4. Мороженое. СПб.: ГИОРД, 2002. – 184 с.

О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.

Каро К. и др., Механика кровообращения. М.: Мир, 1981. – 624 с.

Марголина А. Что такое транс-жиры и надо ли их бояться? // Наука и жизнь. №4, 2007

Растительный белок. Пер. с французского. М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.

Рецептуры на маргарины и жиры кондитерские, хлебопекарные кулинарные. Л.: ВНИИЖ 1980

Технологии пищевых производств. Под. ред. Нечаева А.П. – М.: КолосС, 2005. – 768 с.

Товбин И.М. и др. Гидрогенизация жиров. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 296 с.

Фох P.F. (ed.), Advanced Dairy Chemistry. Volume 2 Lipids. – Cork: 2006. – 801 с.