

Досліджено кінетику катодного процесу при електролізі розчинів сірчаної кислоти, що містять титанілсульфат. Розглянуто естафетний механізм відновлення іонів водню на ниобиевая катоді в умовах високого ступеня заповнення поверхні катода адсорбованим воднем.

**Ключові слова:** ніобій, перенапруження, естафетний механізм; титану (III) сульфат.

The kinetics of the cathode process in the electrolysis of sulphuric acid solution containing titanyl sulphate. Considered relay mechanism recovery of hydrogen ions on the cathode niobium in high degree of filling of the cathode surface adsorbed hydrogen.

**Keywords:** niobium, overvoltage relay mechanism, titanium (III) sulphate.

УДК 665.1.09

*М.С. ЮРЬЕВА*, асп., НТУ «ХПИ»

## **СТРУКТУРИРОВАННЫЕ ЛИПИДЫ В СОВРЕМЕННОМ ПИТАНИИ**

В статье выполнен анализ современного состояния проблемы структурирования триацилглицеринов. Рассмотрена структура и свойства разнообразных заменителей жира, а также их влияние на организм человека. Также рассмотрены новые продукты-жирозаменители Salatrim и Olestra, как и возможности их использования в производстве продуктов питания. Проанализирована целесообразность использования ферментов при структурировании триацилглицеринов.

**Ключевые слова:** структурированные триацилглицерины, продукты-жирозаменители, применение ферментов, жирнокислотный состав, среднепочечные триацилглицерины

**Вступление.** Для новых структурированных продуктов, также описываемых понятиями «структурированные продукты питания» («Designer foods»), «продукты лечебного питания» («Nutraceuticals»), а также «продукты для здоровья» («Health foods»), во многих странах нет конкретного определения. Так называемые «структурированные липиды» в широком смысле слова являются жирами, специально структурированными с целью улучшения состояния здоровья потребителей. Заданные природой триацилглицеридная структура и жирнокислотный состав жиров целенаправленно подвергаются изменениям, чтобы придать этим жирам определенные физические, биохимические и физиологические свойства.

Исследования в области питания все чаще подтверждают, что чрезмерное потребление животных жиров связано с определенными болезнями, такими как избыточный вес и сердечно-сосудистые заболевания.

© М.С. Юрьева, 2013

С другой стороны, физиологически ценные компоненты, необходимые организму человека, идентифицируют и химически выделяют из жира с целью обогащения ими традиционных продуктов питания, либо с целью получения совершенно новых структурированных жиров и жировых продуктов.

К самым важным структурированным липидам относят структурированные триацилглицерины и полиэфир сахарозы, которые также называют заменителями жира. Также существуют заменители жира на белковой либо углеводной основе, которые после набухания в воде создают на вкус ощущение жира во рту.

Но хотя они и имеют подобную жиру консистенцию, такие заменители жира не содержат жирных кислот и по физическим свойствам сильно отличаются от жиров [1, 4].

Молекулы углеводов и белков могут быть изменены таким образом, что они способны связывать большие количества воды, в 3 раза превышающие вес самих веществ. При этом создаются частицы, дающие во рту ощущение жира. Когда такие набухшие вещества заменяют жир в пищевых продуктах, калорийность их снижается с 9 до 1 – 2 ккал/г. Для этих целей используются низкомолекулярные крахмалы, декстрины, мальтодекстрины и камеди. Белковые заменители жира получают из белков молока и белка яиц. Эта группа заменителей жира представляет собой природные пищевые вещества, которые всасываются и перевариваются, как обычные белки и углеводы [1].

**Структурированные триацилглицерины.** Триацилглицерины – нейтральные жиры, главная составная часть животных жиров и растительных масел, присутствующая во всех тканях организма. В питании человека они являются одним из основных пищевых веществ. Могут выполнять функцию «депо», образуя запасы в подкожно-жировой клетчатке, являются главным энергетическим резервом организма.

Свойства триацилглицеринов определяются природой остатков жирных кислот в их молекуле. Жиры, содержащие значительное количество насыщенных жирных кислот (пальмитиновой, стеариновой, лауриновой, капроновой, каприловой, бегоновой и др.), имеют более высокую температуру плавления и твердую консистенцию. Жиры, в состав которых входит много моно- и полиненасыщенных жирных кислот (арахидоновая, тимнодоновая, олеиновая и т.д.), называются маслами и при обычной температуре находятся в жидком состоянии. В сутки взрослый человек потребляет от 60 до 100 г жиров животного и растительного происхождения. Потребность в них у челове-

ка зависит от многих факторов: возраста, питания, характера трудовой деятельности, климатических условий и др. [2].

Физические, химические и биохимические свойства триацилглицеринов зависят от распределения определенных остатков жирных кислот по отдельным позициям глицеридной основы. Подобное модифицирование жиров называется структурированием.

**Среднецепочечные триацилглицерины.** Среднецепочечные триацилглицерины (Medium Chain Triglycerides, МСТ) (рис. 1) хорошо зарекомендовали себя как продукты лечебного питания у пациентов с расстройствами усвояемости жира, такими как панкреатит. Под МСТ имеются в виду триацилглицерины, которые содержат остатки среднецепочечных (содержащих менее 12 атомов углерода) жирных кислот. Исследования показали, что такие триацилглицерины по производимому физиологическому эффекту намного превосходят традиционные жиры, а также их смеси [4].

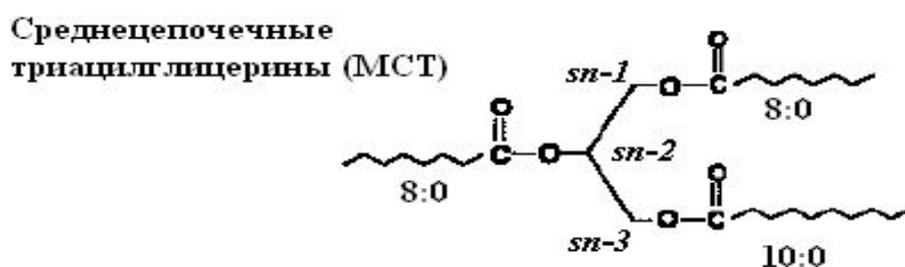


Рис. 1 – Среднецепочечные триацилглицерины, структурированные химическим путем

Известно, что среднецепочечные триацилглицерины по своей поглощаемости и метаболизму сильно отличаются от длинноцепочечных триацилглицеринов (LCT). Они всасываются стенкой кишечника, не распадаясь при этом на отдельные компоненты; затем они поглощаются воротной веной и направляются прямо в печень.

Среднецепочечные триацилглицерины менее калорийны, чем обычные жиры и масла. Более этого, употребление МСТ по сравнению с LCT имеет следующие преимущества: улучшенное почечное очищение с меньшей возможностью отложения в организме в виде жира, уменьшение белковых потерь. Хотя в продаже уже существуют масла, состоящие исключительно из МСТ, чрезмерное их потребление может привести к дефициту эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот.

Установлено, что, если в рацион человека входит значительное количе-

ство жиров, содержащих много насыщенных жирных кислот, это способствует развитию гиперхолестеринемии; включение же в рацион растительных масел, богатых ненасыщенными жирными кислотами, способствует снижению содержания холестерина в крови. Известно, что ткани человека и некоторых животных потеряли способность синтезировать ряд полиненасыщенных кислот. К таким кислотам относятся линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты; они получили название незаменимых (эссенциальных) ЖК или условно - витамин F [5, 6].

Поэтому относительные преимущества и недостатки МСТ все еще остаются спорными.

**Salatrim (Short And Long AcylTRIglyceride Molecule).** Salatrim – обобщенное название семьи структурированных триацилглицеринов, включающих смесь жирных кислот, содержащую хотя бы одну короткоцепочечную жирную кислоту (в основном, C2 : 0, C3 : 0 либо C4 : 0) и хотя бы одну длинноцепочечную (преимущественно, C18 : 0, стеариновую кислоту), которые случайным образом включены в глицеридную основу. Т.к. короткоцепочечные жирные кислоты имеют меньшую калорийность по сравнению с длинноцепочечными, и т.к. стеариновая кислота поглощается организмом не полностью, калорийность Salatrim составляет 55 % или 5/9 от калорийности обычных жиров [3, 7]. Смеси Salatrim с различным содержанием коротко- и длинноцепочечных жирных кислот имеют различные функциональные и физические свойства, такие как температура плавления, твердость и внешний вид. Salatrim может применяться в производстве следующих продуктов: шоколадные глазури, чипсы, карамели и ирис, начинки для кондитерских изделий и в молочных продуктах, таких как сметана, мороженное и сыр. Salatrim, однако, не пригодный для жарения. Первый продукт, содержащий Salarim, Benefat 1 был разработан, чтобы прежде всего заменить масло-какао в кондитерской продукции [3, 1].

**Применение ферментов в структурировании триацилглицеринов.** Триацилглицерины невозможно направленно структурировать путем химической, «ненаправленной» переэтерификации. При направленном структурировании триацилглицеринов используют определенные ферменты – липазы.

Широкому распространению ферментов способствует их эффективность – они способствуют снижению расходов используемого сырья, расширению ассортимента, специфичны – узконаправленность каталитического действия, что позволяет получать продукты конкретного назначения. Фер-

менты являются частью естественной природной среды, что ведет к снижению отходов производства и экологически вредных веществ.

При промышленном производстве заменителя какао-масла (рис. 2) используется *sn*-1,3-специфическая липаза из грибковой культуры *Rhizomucor miehei*. Этот фермент заменяет в исходном веществе – ценном, полученном из пальмового масла триацилглицерине – жирные кислоты в положениях *sn*-1 и *sn*-3 стеариновой кислотой (C18 : 0). Полученный продукт является главным структурным компонентом заменителя какао-масла и проявляет схожие с натуральным какао-маслом характеристики плавления.

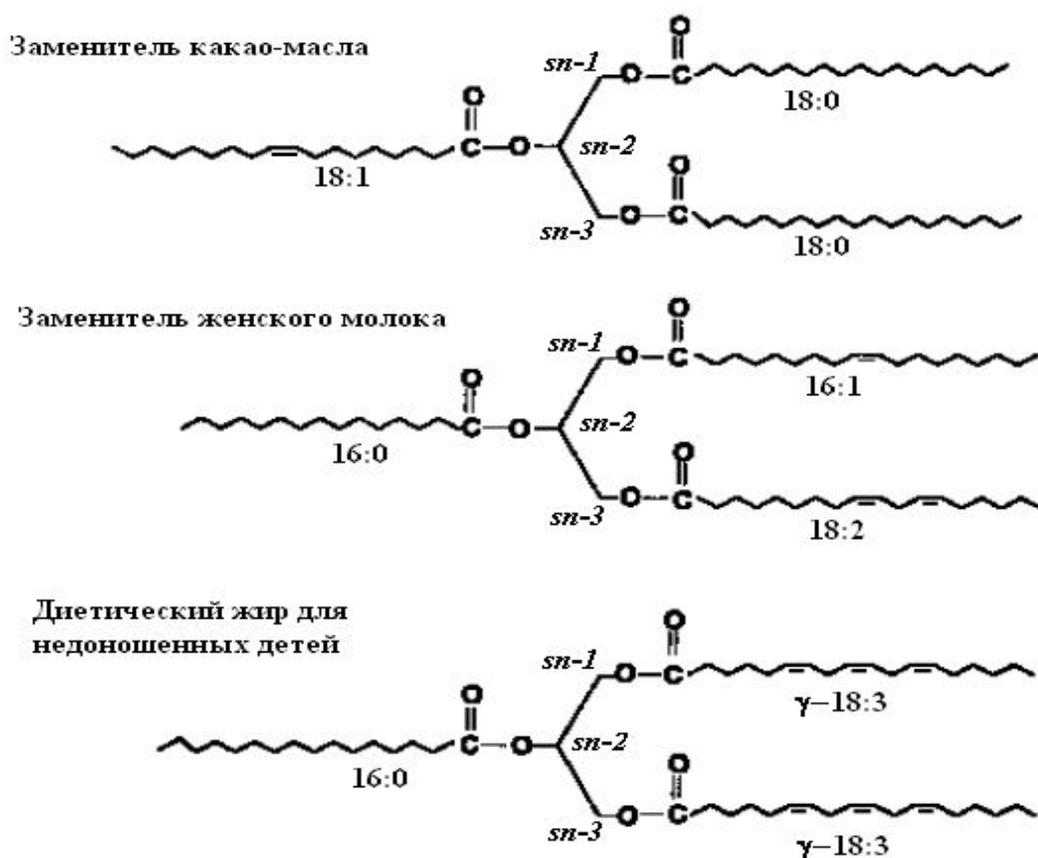


Рис. 2 – Структурированные триацилглицерины, получаемые с помощью ферментов

Тот же вид липазы используется при производстве заменителя женского молока и диетического жира для недоношенных детей. Как показано на рис.2, структурная формула полученного диетического жира содержит помимо остатка пальмитиновой кислоты (C16 : 0) в среднем *sn*-2-положении, подобно триацилглицеринам женского молока, γ-линоленовую кислоту в положениях *sn*-1,3. Такие структурированные триацилглицерины используются, в первую очередь, в питании недоношенных детей, т.к. они компенсируют

недостаток эссенциальных жирных кислот  $\omega$ -6- и  $\omega$ -3-групп, которые жизненно необходимы для развития мозга и нервной системы [1].

**Полиэфир сахарозы.** Синтетические заменители жира имеют различную химическую природу, степень перевариваемости и усвояемости, а также различное влияние на желудочно-кишечный тракт. Из синтетических заменителей жира наиболее известны эфиры жирных кислот с сахарами, такие как полиэфир сахарозы.

Переэтерификация сахарозы метиловыми эфирами жирных кислот, полученных из натуральных жиров, дает в итоге полиэфир сахарозы (ПЭС). Подобный продукт, Olestra<sup>®</sup> (Handelsname Olean<sup>™</sup>), был допущен к использованию в США для производства фритюрных масел, картофельных чипсов и снеков.

На ПЭС не действуют жирорасщепляющие ферменты пищеварительного тракта (липазы), и, следовательно, в кишечнике ПЭС практически не всасывается. Следует подчеркнуть, что синтетические заменители жира в большинстве стран пока не используются в питании человека, идет интенсивное изучение их безвредности и эффективности как заменителей жира, дающих снижение потребления энергии с пищей.

### **Выводы.**

Мир здорового питания переживает революцию. Новые рекомендации Всемирной организации здравоохранения и медиков привели к глобальному изменению в требованиях к составу продуктов здорового питания. Для современного рынка пищевых продуктов уже нецелесообразно просто выпускать новые вкусные продукты. В настоящее время повышенное внимание уделяется составу продукта, исключению потенциально опасных для здоровья веществ из пищевых продуктов и увеличению в составе продуктов полезных ингредиентов. Статистические материалы, официальные документы Министерства здравоохранения Украины и результаты научных исследований свидетельствуют, что заболеваемость населения Украины беспрестанно увеличивается. За последние 10 лет более чем в 3 раза возросло количество больных артериальной гипертензией, смертность от инфарктов миокарда увеличилась в 2 раза. Вследствие этого продолжительность жизни уменьшилась и является одной из наименьших в Европе. Смертность превышает рождаемость и это приводит к тому, что население Украины ежегодно сокращается на 250-300 тысяч людей [8].

Анализ причин такого положения со здоровьем населения Украины показывает, что основной из них является нерациональное питание.

Последующая работа по этой теме будет посвящена разработке новой технологии получения структурированных липидов и изучению их влияния на организм человека.

**Список литературы:** 1. *Mukherjee K.D.* Designer-Lipide. Künstliche Fette für die Ernährung / *K.D. Mukherjee* // *Fettforschung Report*. – 1998. – № 1. – S. 38 – 41. 2. *Böhler G.* Produktverbesserungen dank massgeschneiderten Fetten / *G. Böhler* // *Lebensmittel-Industrie*. – 2005. – № 11/12. – S. 6 – 7. 3. *Akoh C.C.* Fat replacers. / *C.C. Akoh* // *Food Technology*. – 1998. – Vol. 52, № 3. – P. 47 – 53. 4. *Akoh C.C.* Structured lipids – enzymatic approach / *C.C. Akoh* // *Inform*. – 1995. – № 6. – P. 1055 – 1061. 5. *Nagata J.I.* Effects of highly purified structured lipids containing medium-chain fatty acids and linoleic acid on lipid profiles in rats / *J.I. Nagata, M. Kasai* // *Biosci. Biotechnol. Biochem*. – 2003. – Vol. 67, № 9. – P. 1937 – 1943. 6. *Yang T.H.* Enzymatic synthesis of low calorie structured lipids in a solvent-free system / *T.H. Yang, Y. Jang* // *JAOCS*. – 2001. – Vol. 78, № 3. – P. 291 – 296. 7. *Smith R.E.* Overview of Salatrim, a family of low-calorie fats / *R.E. Smith, J.W. Finley* // *J. Agric. Food Chem*. – 1994. – № 42. – P. 432 – 434. 8. *Левицкий А.П.* Идеальная формула жирового питания / *А.П. Левицкий*. – Одесса: Одесская городская типография, 2002. – 62 с.

*Поступила в редколлегию 25.10.13*

УДК 665.1.09

**Структурированные липиды в современном питании** / *М.С. ЮРЬЕВА* // *Вісник НТУ «ХП»*. – 2013. – № 64 (1037). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 175 – 181. – *Бібліогр.*: 8 назв.

В статті виконано аналіз сучасного стану проблеми структурування триацилгліцеринів. Розглянуто структуру та властивості різноманітних замінників жиру, а також їх вплив на організм людини. Також розглянуто нові продукти-жирозамінники Salatrim та Olestra і можливості їхнього застосування у виробництві продуктів харчування. Визначена доцільність застосування ферментів при структуруванні триацилгліцеринів.

**Ключові слова:** структуровані триацилгліцерини, продукти-жирозамінники, застосування ферментів, жирнокислотний склад, середньоланцюгові триацилгліцерини

In the article the analysis of an up-to-date status of triglyceride structuring was performed. The structure and characteristics of different fat replacers, as well as their influence on human health was researched. Also new fat-substitute products Salatrim and Olestra, as well as possibility of their application in food products development were analyzed. Reasonability of enzyme use in process of triglyceride structuring was determined.

**Key words:** structured triglycerides, fat-substitute products, enzyme use, fatty acid content, middle-chain triglycerides