

УДК 665.1.09:665.3

UDC 665.1.09:665.3

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА ЖИРОВ НА СТРАЖЕ
ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

**INNOVATIVE FATTY PRODUCTION
TECHNOLOGIES IN THE HUMAN HEALTH
CARE**

Баранова Зинаида Андреевна
Аспирант
zinaida_27@bk.ru

Baranova Zinaida Andreevna
postgraduate student
zinaida_27@bk.ru

Тарасенко Наталья Александровна
к.т.н.
РИНЦ SPIN-код: 6087-6971
Scopus ID= 55927376900
WoS ResearcherID=R-4318-2016
natagafonova@mail.ru

Tarassenko Natalya Aleksandrovna
Cand.of Technical Sci.
RSCI SPIN-code: 6087-6971
Scopus ID=55927376900
WoS ResearcherID=R-4318-2016
natagafonova@mail.ru

Баранова Елена Ивановна
к.х.н.
доцент
РИНЦ SPIN-код: 7917-3313
baranova@kubstu.ru
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
технологический университет», г. Краснодар,
Россия, 350072, ул. Московская 2*

Baranova Elena Ivanovna
Candidate in Chemistry
Associate Professor
RSCI SPIN-code: 7917-3313
baranova@kubstu.ru
*Kuban State University of Technology, Krasnodar,
Russia*

Обеспечение безопасности продуктов питания на протяжении долгого времени носит глобальный характер. Результаты мировых научных исследований подтверждают негативное влияние трансизомеров ненасыщенных жирных кислот (ТИЖК) на организм человека, убедительно доказывая, что употребление их в пищу повышает риск развития различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых. Проявляя заботу о здоровье населения, многие европейские страны на законодательном уровне строго регламентируют содержание трансизомеров ненасыщенных жирных кислот, обязывая производителей также выносить информацию о количественном содержании ТИЖК на упаковку. Такие меры позволяют снизить уровни заболеваемости и смертности, но требуют внедрения прогрессивных технологических процессов. В работе проанализированы многочисленные литературные источники и обобщен материал по существующим видам технологических процессов модификации жиров — переэтерификацию и фракционирование, позволяющих получить специализированные жиры без трансизомеров либо с низким содержанием трансизомеров жирных кислот

Ensuring food safety for a long time has a global character. The results of world scientific studies confirm the negative effect of trans-isomers of unsaturated fatty acids on the human body, convincingly proving that their consumption increases the risk of various diseases, including cardiovascular diseases. Taking care of public health, many European countries at the legislative level strictly regulate the content of trans-isomers of unsaturated fatty acids, obliging manufacturers to also issue information on the quantitative content of TIUFA on packaging. Such measures can reduce morbidity and mortality, but require the introduction of progressive technological processes. The work analyzes numerous literature sources and generalizes the material on existing types of technological modifications of fats - transesterification and fractionation, which allow obtaining specialized fats without trans-isomers or with a low content of trans-isomers of fatty acids

Ключевые слова: ТРАНСИЗОМЕРЫ
НЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ,
ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИЯ,
ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ

Keywords: TRANSISOMERS OF UNSATURATED
FATTY ACIDS, TRANSESTERIFICATION,
FRACTIONATION

Doi: 10.21515/1990-4665-134-039

В последние годы во всем мире наблюдается значительное повышение внимания к проблеме трансизомеров жирных кислот. Большое внимание, как отечественных специалистов, так и экспертов Всемирной организации здравоохранения уделяется роли жиров и их компонентов в структуре здорового питания с акцентом на негативное влияние на здоровье человека трансизомеров ненасыщенных жирных кислот (ТИЖК) [1-3].

Если вспомнить историю появления трансизомеров, то в 1897 г. французский химик Поль Сабатье впервые провел реакцию гидрогенизации, за что был удостоен нобелевской премии. В 1902г. немец Вильгельм Норманн запатентовал технологию гидрирования растительных масел и вывел её на промышленный уровень. Компания Проктер энд Гембл в 1911 году выводит на рынок США продукты под ТМ Crisco, которые представляют из себя первые шортенинги на основе частично гидрогенизированных растительных масел [4]. Таким образом, с момента открытия в 19-20 веках производство частично гидрогенизированных растительных масел было инновационной технологией. Однако, с 1990 годов появляется множество научных статей на тему негативного влияния ТИЖК на организм человека. В настоящее время вред ТИЖК является неоспоримым фактом [5-6].

Важно отметить, что трансизомеры жирных кислот встречаются и в природе, но главное отличие заключается в том, что в природе они встречаются в небольших количествах. Например, в молоке и жире жвачных животных они могут достигать 5%, а в процессе реакции гидрогенизации их количество может достигать до 50%.

С учетом огромного количества накопленных данных о вредном влиянии ТИЖК на самые разные системы и органы человека во многих странах мира принимаются законы об ограничении их использования в пищевых продуктах. При этом используется два основных подхода для

уменьшения потребления ТИЖК населением. Первый из них – это внесение в маркировку продуктов питания информации о количестве ТИЖК с одновременной программой по просвещению населения о вреде ТИЖК. Кроме требования внесения данных о количестве ТИЖК в продуктах питания в различных странах стали законодательно ограничивать или полностью запрещать использование ТИЖК промышленного происхождения (частично гидрогенизированные растительные масла) в продуктах питания.

Всемирная организация здравоохранения рекомендует ограничить потребление ТИЖК на уровне не более 1 % от суточной потребности в энергии [2].

Российская Федерация также не отстает от мировых тенденций. С 2015 г. введено в действие ограничение по содержанию трансизомеров – не более 20 % , с января 2018 г. – не более 2 % (приложение № 1 «Требования к допустимым уровням безопасности пищевой масложировой продукции» ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию»).

В отличие от европейских норм, которые вводят ограничения ТИЖК для всех продуктов, непосредственно употребляемых в пищу, законодательство РФ не разделяет трансизомеры на искусственные (полученные в ходе промышленного гидрирования) и природные и ограничивает количество ТИЖК только полуфабрикатов (за исключением спредов), т.е. специализированных жиров и маргаринов, которые в дальнейшем используются в молочной, кондитерской, хлебобулочной и других отраслях пищевой промышленности уже непосредственно для приготовления продуктов, которые мы видим на полках магазинов.

Основным направлением развития масложировой отрасли в ближайшее время будет создание специализированных жиров с пониженным содержанием трансизомеров ненасыщенных жирных кислот,

тестирование их на кондитерских предприятиях и перевод масложирового производства на выпуск данных жиров.

Рассмотрим технологии производства специализированных жиров с низким содержанием трансизомеров жирных кислот для кондитерской и хлебопекарной промышленности, представленные в настоящее время на рынке России. Сырьем для этих жиров являются растительные масла: как отечественного производства (подсолнечное, соевое, рапсовое), так и импортного (пальмовое, пальмоядровое, кокосовое). Ввиду своих свойств – использование отечественного сырья без промышленной переработки (модификации свойств) невозможно – масла являются жидкими, что ограничивает их применение в молочной, кондитерской и хлебобулочной отраслях. Но существуют масла, которые обладают полутвердой, либо твердой консистенцией. Однако, выращивание сырья для них и добыча производится в странах, расположенных в приэкваториальной зоне [7].

Под промышленной переработкой, расширяющей сферу применения жидких масел, чаще всего, подразумевается гидрирование. Процесс гидрогенизации – это процесс взаимодействия водорода с ненасыщенными связями жидких жиров в присутствии катализатора. В результате меняется консистенция, увеличивается температура плавления, но также увеличивается содержание ТИЖК, содержание которых регламентируется законодательством.

В настоящее время существуют следующие виды модификаций, позволяющие получить специализированные жиры без трансизомеров либо с низким содержанием трансизомеров жирных кислот:

- фракционирование («сухое» и в растворителе);
- переэтерификация (в зависимости от типа катализатора подразделяется на 2 вида: химическая и ферментативная).

Фракционирование представляет собой процесс обратимой термомеханической сепарации, то есть под действием контролируемого

охлаждения и механической обработки происходит формирование твердой фазы (кристаллов) расплава масла с последующей фильтрацией и расщеплением исходного сырья на две фракции: твердую (стеарин) и жидкую (олеин) [8]. Каждая фракция имеет свои физико-химические показатели. Так как фракционирование является управляемым процессом, то возможно получение продуктов различной степени твердости, температуры плавления, с различным триглицеридным составом. Фракционирование является самым экологически чистым процессом модификации специализированных жиров, так как происходит без применения катализатора и химически активных веществ, то есть процесс полностью является физическим. Методом фракционирования получают высококачественные заменители и эквиваленты масла какао, которые используют в кондитерской промышленности для производства глазурей и шоколадных масс. В качестве исходного сырья для фракционирования применяют следующие растительные масла: пальмовое, пальмоядровое, кокосовое, гидрогенизированное соевое и подсолнечное; жиры животного происхождения: топленый жир, молочный жир; а также различные смеси масел и жиров [9].

Фракционирование «сухое» относится к числу самых чистых процессов модификации, поскольку в процессе не используются катализаторы и дезактивирующие вещества, что позволяет получать специальные жиры без использования взрывоопасных органических растворителей при сравнительно небольших капиталовложениях. Однако «сухое» фракционирование является менее селективным процессом, то есть при выращивании мелких кристаллов в реакторе, отделение жидкой фазы затруднено. Наибольшую селективность при разделении смесей триглицеридов обеспечивает жидкостное (в растворителе) фракционирование. К недостаткам такого метода можно отнести его

взрывоопасность, что требует дополнительных капиталовложений и дополнительную очистку продукта от растворителя [10].

Фракционирование масел и жиров в последнее время приобретает всё большее значение, так как позволяет получать жиры с необходимыми структурно-механическими свойствами и физико-химическим показателями, без химического модифицирования исходного жира, с пониженным содержанием транс-жиров. Именно методом фракционирования возможно получать заменители масла какао и твердые кондитерские жиры с низким содержанием трансизомеров. Такие жиры имеют «крутой» профиль плавления, то есть высокую твёрдость, термоустойчивость и хорошие органолептические показатели. Наряду с твердыми кондитерскими жирами без трансизомеров, а так же с заменителями масла какао с пониженным содержанием трансизомеров, фракционирование может быть использовано для производства заменителей масла какао и кондитерских жиров, в которых содержание трансизомеров не нормируется. Если в готовом продукте на законодательном уровне не существует ограничений по содержанию трансизомеров ненасыщенных жирных кислот в жировой основе, то существует вероятность возникновения риска для здоровья населения при употреблении таких продуктов питания в пищу [11-12].

Во многих европейских странах для получения жиров предпочитают использовать переэтерификацию, а не гидрогенизацию. Целью процесса переэтерификации является направленное изменение консистенции, физических свойств (температуры плавления, твердости) и создание устойчивой кристаллической структуры жира или смеси жиров.

Переэтерифицированные жиры получают на основе смесей натуральных высокоплавких жиров или жиров, прошедших другие виды модификации с жидкими растительными маслами. Путем переэтерификации можно получать пластичные смеси триглицеридов

различной консистенции. Структурообразующими компонентами этих смесей являются смешанные триглицериды насыщенных и неизомеризованных ненасыщенных жирных кислот [13].

В процесс переэтерификации изменяется первоначальное распределение (расположение) жирных кислот в триглицеридах продуктов, что приводит к изменению характеристик плавления и кристаллизации по сравнению с первоначальным маслом или жиром. В отличие от гидрогенизации, переэтерификация не влияет на степень насыщения и не вызывает изомеризации двойной связи ненасыщенных жирных кислот. Также, в ходе этого процесса не изменяется жирнокислотный состав исходного масла или жира. Такие изменения в распределении жирных кислот триглицерида влияют на физическое состояние и свойства жиров.

В результате процесса переэтерификации изменяются такие физико-химические показатели как: молекулярный (триглицеридный) состав жира; температура плавления; скорость кристаллизации и полиморфная форма кристаллической фазы жира; твёрдость; содержание ТТГ. При этом неизменными в результате процесса переэтерификации остаются: йодное число; жирнокислотный состав; содержание трансизомеров жирных кислот.

Физико-химические показатели переэтерифицированного жира напрямую зависят от набора жирных кислот исходного сырья. В отличие от процесса гидрогенизации, в ходе которого температура плавления масла (жира) изменяется только в сторону увеличения, в ходе переэтерификации изменение температуры плавления исходного сырья может происходить как в сторону увеличения, так и ее понижения, или же не изменяться совсем (в зависимости от триглицеридного состава исходного жира или масла). Изменения температуры плавления некоторых масел и жиров представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изменение температуры плавления при случайной перегруппировке

Жиры и масла	Температура плавления, °С	
	Исходного масла	После перегруппировки
Соевое масло	-7,0	5,5
Хлопковое масло	10,5	34
Свиной жир	43	43
Твердые животные масла	46,2	44,6
Пальмовое масло	39,4	42,7
Пальмоядровое масло	28,3	26,9
Кокосовое масло	25,5	28,2
Гидрогенизированное пальмоядровое масло	45	34,4
Гидрогенизированное кокосовое масло	37,8	31,6

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что при переэтерификации исходного сырья, имеющего высокую температуру плавления (гидрогенизированное пальмоядровое масло, гидрогенизированное кокосовое масло) наблюдается понижение температуры плавления. Это обусловлено тем, что в ходе переэтерификации снижается содержание тринасыщенных триглицеридов [14].

Если процесс переэтерификации применяют к маслам в составе которых достаточно высокая доля насыщенных жирных кислот, но при этом полностью отсутствуют тринасыщенные триглицериды (например, хлопковое масло), то температура плавления повышается, поскольку в ходе процесса переэтерификации увеличивается доля тринасыщенных триглицеридов.

Данные закономерности необходимо учитывать при составлении рецептов специализированных жиров.

Изменение физико-химических показателей в процессе переэтерификации является следствием изменения триглицеридного состава в результате обмена жирными кислотами внутри и/или между триглицеридами [15].

В зависимости от того, каким образом происходит обмен жирными кислотами, переэтерификацию разделяют на внутримолекулярную, когда обмен жирными кислотами происходит внутри молекулы триглицерида и межмолекулярную, когда обмен жирными кислотами происходит между молекулами триглицеридов.

Способность изменять характеристики плавления и функциональные свойства, связанные с кристаллизацией, без изменения жирнокислотного состава придает процессу переэтерификации целый ряд уникальных возможностей [16].

Перемещение жирных кислот из одной молекулы триглицерида в другую или из одного положения в другое в одной молекуле триглицерида происходит в присутствии катализаторов. В зависимости от типа вещества, используемого в качестве катализатора, процесс переэтерификации можно классифицировать по виду используемого катализатора. Без катализаторов, переэтерификация может проходить с заметной скоростью лишь при температуре 250°C и выше. Но под воздействием такой высокой температуры будет происходить распад триглицеридов. Катализаторы ускоряют переэтерификацию и позволяют вести ее при более низкой температуре, снижая или даже предотвращая термический распад триглицеридов. При химической переэтерификации в качестве катализатора применяются вещества химической природы. Наибольшее распространение получили щелочные катализаторы: натрий, калий и некоторые соединения этих металлов [17].

Оценивая технологию химической переэтерификации в сравнении с энзимной, многие специалисты выделяют следующие преимущества и

недостатки данного метода производства модифицированных жиров. Преимуществом химической переэтерификации можно считать широко и полностью отработанную технологию, давно используемую в мировой практике. Процесс химической переэтерификации периодический, что обеспечивает стабильность получения физико-химических показателей продукта и возможность производить партии продукта различного объема и ассортимента. К недостаткам можно отнести необходимость проведения пост-отбелки [18].

Ферментативная переэтерификация (в отличие от химической) осуществляется при температуре не выше 70°C, при этом не происходит образования побочных продуктов. Реакция протекает относительно медленно и может быть остановлена в любое время, что позволяет получить требуемую степень переэтерификации. Технология обладает широкими возможностями по изготовлению жировых продуктов с заданными химическим составом и технологическими свойствами. Несмотря на несомненные достоинства данного метода, следует отметить, что ферментные препараты, с помощью которых осуществляется процесс переэтерификации, не выпускаются отечественными производителями и Россия является высоко импортозависимой по данной группе пищевых ингредиентов [19].

Дискуссия о проблеме ТИЖК несколько лет назад была интересна только на уровне специалистов и носила, по большей части, теоретический характер. Сегодня такие рассуждения уже неприемлемы. Результаты мировых научных исследований подтверждают негативное влияние трансизомеров жирных кислот на организм человека, убедительно доказывая, что употребление их в пищу повышает риск развития различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых. Снижение употребления в пищу трансжиров – общемировая тенденция, направленная на сохранение здоровья людей. Для предприятий пищевой отрасли

введение новых норм по ограничению содержания трансизомеров требует пересмотра всей стратегии производства продукции с точки зрения безопасности. Предприятия масложировой отрасли, как правило, работают на опережение и уже сегодня ориентируют производство пищевых продуктов на мировые и европейские стандарты в части безопасности [20].

Проявляя заботу о здоровье населения, многие европейские страны на законодательном уровне строго регламентируют содержание трансизомеров ненасыщенных жирных кислот, обязывая производителей также выносить информацию о количественном содержании ТИЖК на упаковку. Такие меры позволяют снизить уровни заболеваемости и смертности, но требуют внедрения прогрессивных технологических процессов. Инновационные технологии производства специализированных жиров помогают производить полезные для здоровья продукты, а также решать задачи любой сложности: от создания рецептуры нового продукта до запуска и отладки его на производстве.

Список литературы

1. Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Тутельян В.А. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд. - М.: Дели Принт, 2009. - 396 с.
2. ВОЗ, европейское отделение. План действий в области пищевых продуктов и питания на 2015-2020 гг. Европейский региональный комитет шестьдесят четвертая сессия. Копенгаген. Дания 15-18 сентября 2014 г.
3. Зайцева Л.В., Нечаев А.П., Бессонов В.В. Транс-изомеры жирных кислот: история вопроса, актуальность проблемы, пути решения. М.: Дели Принт. 2012. 56с.
4. Kummerow FA. Cholesterol Won't Kill You, But Trans Fat Could: Separating Scientific Fact from Nutritional Fiction in What You Eat, Trafford Publishing, 2008,192.
5. Медведев О.С. Трансизомеры жирных кислот как опасный компонент нездорового питания/ О.С. Медведев, З.О. Медведева // Вопросы диетологии. 2015. Т.5, № 2. С.54-63
6. Медведев О.С. Современные представления о возможном влиянии пальмового масла на здоровье человека / О.С. Медведев, Н.А. Медведева // Вопросы диетологии. 2016. Т.85, № 1. С.5-18
7. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение/пер. с англ. 2-го изд. В.Д. Широкова, Д.А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Магды — Спб.: Профессия, 2007. - 752 с.
8. Паронян В.Х. Технология и организация производства жиров и жирозаменителей — М.: ДеЛи принт, 2007. - 512 с.

9. Терещук Л.В. Продукты фракционирования пальмового масла в производстве спредов / Л.В. Терещук, А.С. Мамонтов, К.В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 3. С.79-83
10. Мазалова Л.М. Инновационные технологии производства специализированных жиров с пониженным содержанием трансизомеров жирных кислот / Л.М. Мазалова // Кондитерское производство. 2010. №5. С.18-19
11. Мажидова Н.К. Получение твердых жиров с минимальным содержанием трансизомеризованных жирных кислот / Н.К. Мажидова // масложировая промышленность. 2016. № 2. С.26
12. Баранова З.А. Обоснование выбора жира для производства кондитерских глазурей / З.А. Баранова, И.Б. Красина, Т.И. Тимофеев, П.С. Красин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 2-3. С.109-112
13. Каримова Б.Н. Современные технологии производства масел и жиров / Б.Н. Каримова // В сборнике: Проблемы и перспективы развития экономики, управления и кооперации Сборник статей Международной научно-практической конференции. Москва. 2016. С.53-58
14. Олтиев А.Т. Технология производства переэтерифицированных жиров / А.Т. Олтиев, К.Х. Мажидов // В сборнике : Наука молодых – будущее России Сборник статей Международной научной конференции. Курс. 2016. С.387-389
15. Нилова Л.П. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: трансизомеры жирных кислот / Л.П. Нилова, А.А. Выговтов, С.М. Малютенкова С.М., И.Ю. лабойко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т.5. № 2. С.78-86
16. Экхард, Ф. Структурный жир с высоким содержанием стеариновой кислоты и спред на его основе / Ф. Экхард // Масла и жиры. – 2014. – № 5/6. – С. 16–18.
17. Jeung, H.L. Physical properties of trans-free bakery shortening produced by lipase-catalyzed interesterification / H.L. Jeung, C.A. Casimir, L. Ki-Teak // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2008. – Vol. 85:1– P.11.
18. Long, K. Effect of enzymatic transesterification with flaxseed oil on the high-melting glycerides of palm stearin and palm olein / K. Long, I. Zubir, A. B. Hussin, N. Idris, H. M. Ghazali, O. M. Lai // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – Vol. 80, Issue 2. – pp 133–137.
19. Raquel, C.R. Chemical and Enzymatic Interesterification of a Blend of Palm Stearin: Soybean Oil for Low *trans*-Margarine Formulation / Raquel Costales-Rodríguez, Véronique Gibon, Roland Verhé, Wim De Greyt // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2009. – Vol. 86. – Issue 7. – pp 681–697.
20. Журавлев А. В. Трансжиры: что это такое и с чем их едят. — М., 2012. — 138 с.

References

1. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P., Tutel'jan V.A. Zhirovye produkty dlja zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzgljad. - M.: Deli Print, 2009. - 396 s.
2. VOZ, evropejskoe otdelenie. Plan dejstvij v oblasti pishhevyyh produktov i pitaniya na 2015-2020 gg. Evropejskij regional'nyj komitet shest'desjat chetvertaja sessija. Kopengagen. Danija 15-18 sentjabrja 2014 g.
3. Zajceva L.V., Nechaev A.P., Bessonov V.V. Trans-izomery zhirnyh kislot: istorija voprosa, aktual'nost' problemy, puti reshenija. M.: Deli Print. 2012. 56s.
4. Kummerow FA. Cholesterol Won't Kill You, But Trans Fat Could: Separating Scientific Fact from Nutritional Fiction in What You Eat, Trafford Publishing, 2008,192.

5. Medvedev O.S. Transizomery zhirnyh kislot kak opasnyj komponent nezdorovogo pitaniya/ O.S. Medvedev, Z.O. Medvedeva // *Voprosy dietologii*. 2015. T.5, № 2. S.54-63
6. Medvedev O.S. Sovremennye predstavlenija o vozmozhnom vlijanii pal'movogo masla na zdorov'e cheloveka / O.S. Medvedev, N.A. Medvedeva // *Voprosy dietologii*. 2016. T.85, № 1. S.5-18
7. O'Brajen R. Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svojstva, primenenie/per. s angl. 2-go izd. V.D. Shirokova, D.A. Babejkinov, N.S. Selivanovoj, N.V. Magdy — Spb.: Professija, 2007. - 752 s.
8. Paronjan V.H. Tehnologija i organizacija proizvodstva zhirov i zhirozamenitelej — M.: DeLi print, 2007. - 512 s.
9. Tereshhuk L.V. Produkty frakcionirovanija pal'movogo masla v proizvodstve spredov / L.V. Tereshhuk. A.S. Mamontov, K.V. Starovojtova // *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv*. 2014. № 3. S.79-83
10. Mazalova L.M. Innovacionnye tehnologii proizvodstva specializirovannyh zhirov s ponizhennym sodержaniem transizomerov zhirnyh kislot / L.M. Mazalova // *Konditerskoe proizvodstvo*. 2010. №5. S.18-19
11. Mazhidova N.K. Poluchenie tverdyh zhirov s minimal'nym sodержaniem transizomerizovannyh zhirnyh kislot / N.K. Mazhidova // *maslozhirovaja promyshlennost'*. 2016. № 2. S.26
12. Baranova Z.A. Obosnovanie vybora zhira dlja proizvodstva konditerskih glazurej / Z.A. Baranova, I.B. Krasina, T.I. Timofeenko, P.S. Krasin // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija*. 2015. № 2-3. S.109-112
13. Karimova B.N. Sovremennye tehnologii proizvodstva masel i zhirov / B.N. Karimova // *V sbornike: Problemy i perspektivy razvitiya jekonomiki, upravlenija i kooperacii Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Moskva. 2016. S.53-58
14. Oltiev A.T. Tehnologija proizvodstva perejeterificirovannyh zhirov / A.T. Oltiev, K.H. Mazhidov // *V sbornike : Nauka molodyh – budushhee Rossii Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Kurs*. 2016.S.387-389
15. Nilova L.P. Problemy bezopasnosti hlebobulochnykh izdelij: transizomery zhirnyh kislot / L.P. Nilova, A.A. Vytovtov, S.M. Maljutenkova S.M., I.Ju. labojko // *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Pishheve i biotehnologii*. 2017. T.5. № 2. S.78-86
16. Jekhard, F. Strukturnyj zhir s vysokim sodержaniem stearinovoj kisloty i spred na ego osnove / F. Jekhard // *Masla i zhiry*. – 2014. – № 5/6. – S. 16–18.
17. Jeung, H.L. Physical properties of trans-free bakery shortening produced by lipase-catalyzed interesterification / H.L. Jeung, C.A. Casimir, L. Ki-Teak // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2008. – Vol. 85:1– R.11.
18. . Long, K. Effect of enzymatic transesterification with flaxseed oil on the high-melting glycerides of palm stearin and palm olein / K. Long, I. Zubir, A. B. Hussin, N. Idris, H. M. Ghazali, O. M. Lai // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2003. – Vol. 80, Issue 2. – pp 133–137.
19. Raquel, C.R. Chemical and Enzymatic Interesterification of a Blend of Palm Stearin: Soybean Oil for Low trans-Margarine Formulation / Raquel Costales-Rodríguez, Véronique Gibon, Roland Verhé, Wim De Greyt // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2009. – Vol. 86. – Issue 7. – pp 681–697.
20. Zhuravlev A. V. Transzhiry: chto jeto takoe i s chem ih edjat. — M., 2012. — 138 s.