

УДК 664.3:665.3
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2\(52\)-60-73](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2(52)-60-73)

Поступила в редакцию 23.04.2021
Received 23.04.2021

К. И. Жакова, В. Н. Бабодей, А. В. Пчельникова

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

МАСЛОЖИРОВАЯ ОТРАСЛЬ. ОБЗОР ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация: В статье представлены результаты фундаментальных исследований, проводимых РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с 2007 по 2020 гг., направленных на решение проблемных вопросов масложировой отрасли, разработку новых технологий и расширение ассортимента выпускаемой продукции.

Ключевые слова: масложировая продукция, маслосемена, послеуборочное дозревание, переэтерификация, глицериновое мыло, нанولیпиды, фосфатиды, эфиры 3-МХПД, глицидиловые эфиры.

K. I. Zhakova, V. N. Babodey, A. V. Pchelnikova

*RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

OIL AND FOOD INDUSTRY. REVIEW OF FUNDAMENTAL RESEARCH

Abstract: The article presents the results of fundamental research conducted by RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» from 2007 to 2020, aimed at solving problematic issues of the fat and oil industry, developing new technologies and expanding the range of products.

Keywords: fat and oil products, oilseeds, postharvest ripening, transesterification, glycerin soap, nanolipids, phosphatides, 3-MCPD esters, glycidyl esters.

Введение. Масложировая отрасль Республики Беларусь является важной частью отечественного агропромышленного комплекса, а её развитие — одна из приоритетных задач, направленных на обеспечение конкурентоспособности и продовольственной безопасности страны.

Модернизация и техническое переоснащение масложировой отрасли позволили повысить эффективность переработки сырья, расширить ассортимент выпускаемой продукции, обеспечить выполнение требований технических регламентов Евразийского экономического союза. Организационными мерами в отрасли с использованием отечественных разработок освоен выпуск маргариновой продукции с низким содержанием транс-изомеров жирных кислот; масложировой продукции (растительные масла и спреды), обогащенной витаминами; купажированных и ароматизированных масел; майонезной продукции без содержания уксуса и консервантов; разнообразных соусов на основе растительных масел; масляных экстрактов из растительного сырья; средств личной гигиены (шампуни, мыло). Внедрена в производство технология высокоэффективной рафинации растительных масел непрерывным способом.

К перспективным направлениям развития масложировой отрасли республики можно отнести: совершенствование технологии переработки растительных масел и жиров на основании изучения влияния технологических режимов на образование опасных контаминантов; создание технологий производства масложировых продуктов с заданными свойствами для целевых групп населения и др. [1–4].

Вместе с тем существует достаточное количество направлений исследований, предполагающих получение фундаментальных знаний, практическая реализация которых позволит обеспечить увеличение ресурсного потенциала отрасли.

Тематика основных направлений фундаментальных исследований в масложировой отрасли включает следующие направления:

- ♦ разработка новых видов масложировых продуктов с высокими потребительскими характеристиками, в том числе для функционального питания;
- ♦ совершенствование технологии переработки масложирового сырья с целью повышения качества масложировой продукции в процессе ее изготовления и хранения;
- ♦ получение и практическое использование наноструктурных липидных систем;
- ♦ безопасность продуктов питания.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились с 2007 по 2020 гг. в научно-исследовательской лаборатории отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», оснащенных современным аналитическим оборудованием (газовый хроматограф «Agilent», прибор для изучения окислительной стабильности жировых продуктов методом ускоренного старения «Rancimat 743», ЯМР-релаксометр «Minispec mq20», спектрофотометр, реовискозиметр «Реолаб QC» и др.), позволяющим на высоком уровне выполнять работы по определению показателей качества и безопасности масложировой продукции, проводить исследования по изучению физико-химических свойств сырьевых ингредиентов и созданию новых видов масложировой продукции.

Результаты и их обсуждение. Среди масложировых продуктов особое место занимают эмульсионные (маргарины, спреды, майонезы, майонезные соусы, соусы на основе растительных масел). Им присущи высокие вкусовые и пищевые качества. Основным ингредиентом всех масложировых эмульсий является растительное масло — источник незаменимых ненасыщенных жирных кислот. Масложировые эмульсионные продукты содержат гидрофобную и гидрофильную фазы, что делает их удобными объектами для обогащения как жиро- так и водорастворимыми функциональными ингредиентами [5–8].

В результате исследований смоделированы рецептурные составы новых видов продукции (соусов-дрессингов, спредов) с вводом инулина, ω -3 жирных кислот, витаминного премикса (витамины А, С, Е, группы В, РР, D₃) [9, 10]. Проведенная гигиеническая оценка содержания функциональных ингредиентов в разработанных образцах показала, что в пределах срока годности (30 суток) снижение содержания витаминов составляет в среднем 10 %, содержание ПНЖК соответствует закладке.

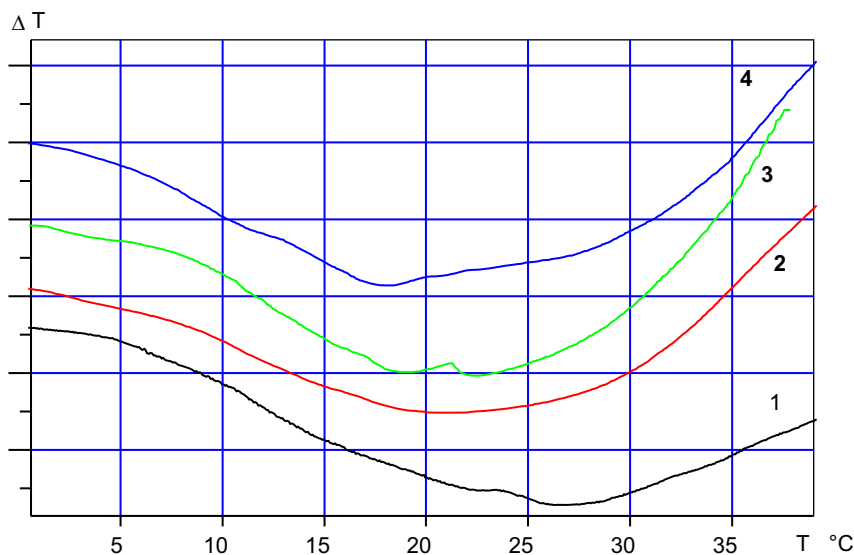


Рис. 1. Кривые дифференциально-термического анализа (1 — масло, 2 — спред 20, 3 — спред 40, 4 — спред 60)

Fig. 1. The curves of differential thermal analysis (1 - butter, 2 - spread 20, 3 - spread 40, 4 - spread 60)

Кривые дифференциально-термического анализа спредов, по сравнению с кривыми сливочного масла, характеризуются более широким и пологим эндотермическим пиком, что обусловлено большим разнообразием входящих в их состав триглицеридов жирных кислот (рис. 1). Такие спреды — аналоги сливочного масла — могут использоваться как в виде бутербродного продукта, так и качестве рецептурного компонента при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий.

В настоящее время основной масличной культурой в Республике Беларусь является яровой и озимый рапс, посевы которого лишь частично обеспечивают потребность масложировой отрасли в сырье. Сложность производства масличных семян в Республике Беларусь обусловлена геоклиматическими условиями нашего региона, поэтому развитие сырьевой базы для изготовления пищевого растительного масла является весьма важным стратегическим направлением. Наиболее рационально расширить ассортимент масличных культур Беларуси за счет еще одного растения семейства крестоцветных — горчицы сарептской [11]. При этом актуальным направлением исследований является изучение технологических режимов извлечения горчичного масла с высокими показателями качества и максимальным количеством аллилизотиоцианата, определяющего высокую окислительную устойчивость и антибактериальные свойства горчичного масла и жмыха [12].

В целях совершенствования технологий добычи и переработки растительного масла установлены зависимости влияния технологических факторов (температуры, продолжительности тепловой обработки) на извлечение и качество получаемого масла из семян горчицы отечественной селекции. Установлено, что предварительное нагревание семян до 40–60 °С в течение 15 минут оказывает благоприятное влияние на выход масла, извлекаемого прессовым способом.

Геоклиматические условия Беларуси не всегда способствуют достижению биологической зрелости семян в поле, в результате чего свежесобранные масличные семена характеризуются незавершенностью биохимических процессов, протекающих в семенах при созревании. Основные технологические операции послеуборочной обработки семян, поступающих на маслодобывающие предприятия, такие как очистка, временное хранение влажных семян и сушка, во многих случаях не позволяют достичь семенам состояния физиологической зрелости. Как следствие, получаемое из них масло, характеризуется высоким содержанием хлорофиллов, что затрудняет их последующую рафинацию и сокращает сроки хранения масла, а также повышенными значениями кислотного и перекисного числа, что приводит к снижению их гидролитической и окислительной устойчивости [13–15].

На основе исследований изменения в маслосеменах рапса и горчицы сарептской в процессе послеуборочного дозревания и последующего хранения удельной активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов (липазы и липоксигеназы), и физико-химических показателей (масличности, влажности, кислотного и перекисного числа), получены аналитические зависимости, позволившие оптимизировать процесс послеуборочного дозревания и последующего хранения маслосемян горчицы сарептской и рапса. Определяющими параметрами послеуборочного дозревания являются температура, влажность, степень аэрации семенной массы. В этот период семена следует хранить при температуре от 15 до 30 °С, в условиях активного вентилирования сухим воздухом, при влажности маслосемян ниже критической или в ее пределах (не более 7–8 % — для рапса, не более 10 % — для горчицы сарептской). Об окончании периода дозревания маслосемян свидетельствует относительная стабилизация основных показателей (влажности, масличности, содержания пигментов, кислотного и перекисного числа), интенсивности биохимических процессов (дыхания и активности ферментов). При изучении динамики показателей установлено, что продолжительность послеуборочного дозревания для исследуемых маслосемян горчицы сарептской составляет 20–25 суток, для маслосемян рапса этот период составляет 40–45 суток при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности 40 ± 2 %. [16].

Следует отметить, что только в периоде послеуборочного созревания, протекающем при относительно высоких температурах, преобладают синтетические процессы, подобные наблюдаемым при естественном созревании на растении, что сопровождается улучшением технологических свойств семян. Основным периодом хранения имеет преимущественно деструктивный характер, поэтому в семенах, не подвергшихся послеуборочному дозреванию, даже при практически идеальных условиях хранения идут активные процессы распада, значительно снижающие качество семян и сокращающие их срок хранения [17].

На основании полученных исследований разработаны рекомендации по проведению послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья. Представленные в них научные сведения могут быть использованы предприятиями, осуществляющими заготовку, хранение и переработку маслосемян, для оптимизации существующих технологий послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья, повышения технологического качества перерабатываемых семян с целью получения высококачественной масложировой продукции.

Одной из актуальных проблем масложировой промышленности является производство жиров специального назначения с заданными свойствами (твердость, пластичность, определенная температура плавления, застывания и т.п.). Перспективным направлением получения специальных жиров, в том числе кондитерских, является переэтерификация. Данный способ в отличие от гидрогенизации позволяет получить жир ожидаемых характеристик без образования транс-изомеров жирных кислот [18–20].

В процессе переэтерификации происходит изменение свойств жира в результате перемещения кислотных радикалов в триглицеридах внутри или между молекулами. Переэтерификация проходит при участии катализаторов, которые позволяют значительно ускорить процесс. В качестве катализаторов процесса переэтерификации могут использоваться вещества, имеющие химическую и биологическую природу.

Процесс химической переэтерификации можно рассматривать как случайное удаление жирных кислот из молекул триглицеридов, перемешивание этих кислот и присоединение к глицериду жирных кислот, выбранных случайно. Таким образом, распределение жирных кислот в триглицеридах в процессе химической переэтерификации происходит неспецифично (то есть остатки жирных кислот меняются во всех трех положениях).

В качестве катализаторов химической переэтерификации чаще всего используют метилаты, этилаты или гидроксиды натрия или калия.

Достоинства химической переэтерификации:

- ♦ быстрота протекания реакции (5–10 мин);
- ♦ воспроизводимость процесса (при соблюдении постоянства состава жирных кислот);
- ♦ возможность производить продукт партиями различного объема и ассортимента.

Недостатком данного вида переэтерификации является пожаро- и взрывоопасность используемых катализаторов при их контакте с водой.

Энзимная (ферментативная) переэтерификация осуществляется в присутствии в качестве катализатора специфичных и неспецифичных липаз. Использование неспецифической липазы не имеет преимуществ перед обычными химическими методами, а применение 1,3-специфических липаз позволяет производить продукты, имеющие особый триглицеридный состав, например эквиваленты масла-какао.

В отличие от химической переэтерификации применение ферментных препаратов позволяет вести процесс при более низких температурах без образования побочных продуктов. Однако широкое использование энзимной переэтерификации ограничено ее высокой стоимостью.

На основании изучения кинетики процесса переэтерификации пальмового масла и свиного жира, смесей данных жиров с говяжьим жиром и рапсовым маслом установлено влияние технологических факторов (дозировок катализатора, продолжительности и температуры реакции, количественного соотношения жирового сырья) на физико-химические показатели переэтерифицированных жиров (рис. 2-4).

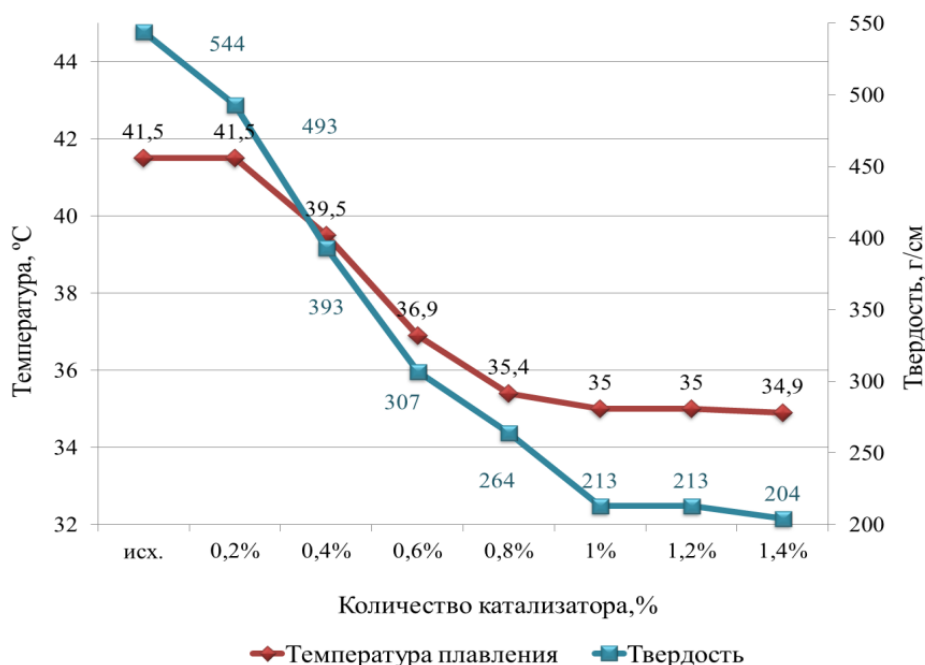


Рис. 2. Зависимость температуры плавления и твердости переэтерифицированной смеси жиров от содержания катализатора (этилата натрия)

Fig. 2. Dependence of the melting point and hardness of the transesterified mixture of fats on the content of the catalyst (sodium ethylate)

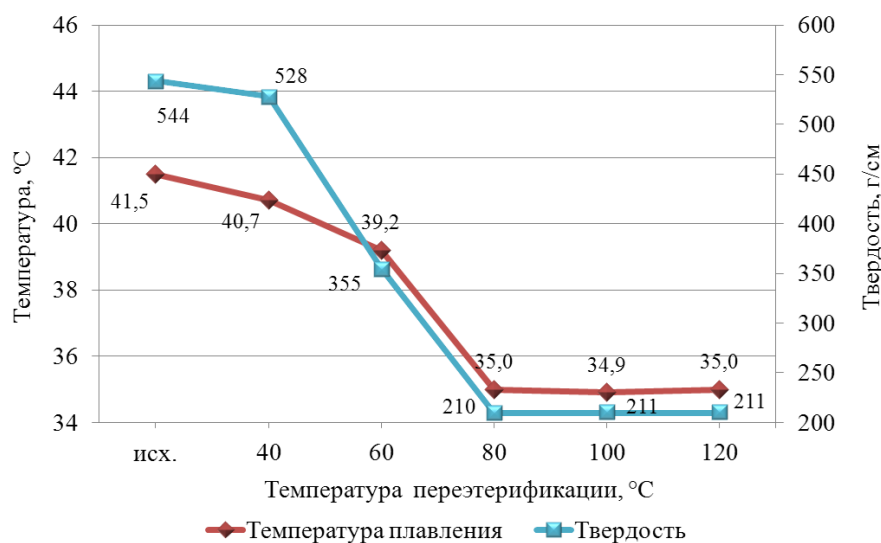


Рис. 3. Зависимость температуры плавления и твердости модельных смесей жиров от температуры переэтерификации

Fig. 3. Dependence of the melting point and hardness of model mixtures of fats on the temperature of transesterification

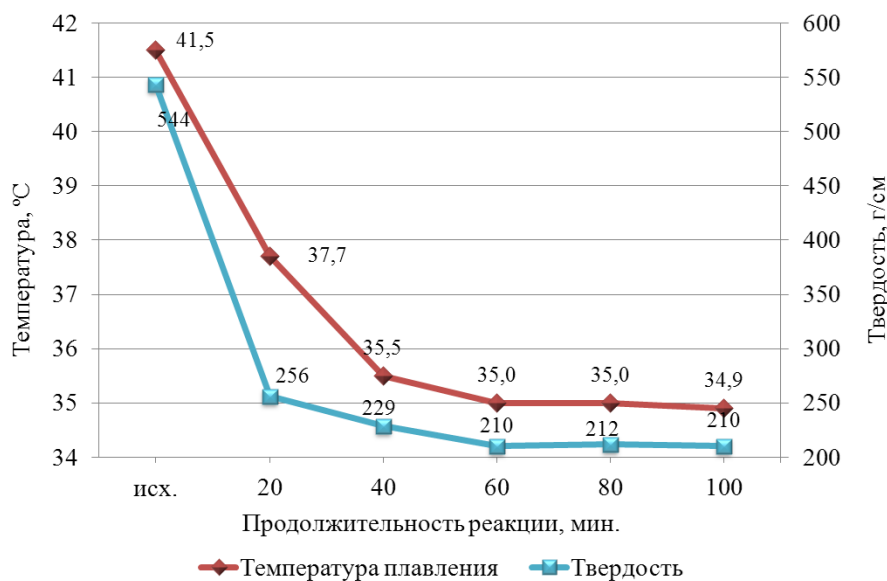


Рис. 4. Зависимость температуры плавления и твердости модельных смесей жиров от продолжительности переэтерификации

Fig. 4. Dependence of the melting point and hardness of model mixtures of fats on the duration of transesterification

На основании исследований определены оптимальные технологические режимы процесса химической и ферментативной переэтерификации.

Для химической (с использованием этилата натрия): содержание катализатора — 1 %, температура реакции — 80 °C, продолжительность реакции — 60 мин.

Для ферментативной: содержание фермента — 10 %, температура реакции — 70 °C, продолжительность реакции до 4 часов, в зависимости от требований, предъявляемых к конечному продукту.

Установлено, что триглицеридный состав, а следовательно, и физические показатели статистически переэтерифицированных жировых смесей однозначно определяются лишь количеством на-

сыщенных и ненасыщенных жирных кислот в смеси, т.е. не зависят от исходного триглицеридного состава жирового сырья, взятого для переэтерификации. Следовательно, для увеличения содержания смешанных глицеридов наиболее целесообразно переэтерифицировать жиры в соотношении, соответствующем отношению насыщенных жирных кислот к ненасыщенным жирным кислотам, близком 1:1 [21].

Изучено влияние переэтерифицированных смесей различного состава на физико-химические и реологические свойства жировых систем для изготовления жиров специального назначения. Результаты исследований показали возможность изменения свойств жиров специального назначения введением переэтерифицированных жиров с отличными от исходных жиров физическими показателями, что позволяет модифицировать свойства исходных жиров в необходимом производителю направлении [22].

Одним из видов продукции, изготавливаемой организациями масложировой отрасли, является мыло. Классическую основу твердого мыла составляют натриевые соли высших карбоновых кислот. В целях придания мыловаренной продукции необходимых реологических характеристик и повышения пенообразующей и моющей способности, в том числе в жесткой воде, в состав мыла вводят разнообразные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и пластифицирующие компоненты.

В ходе проведения фундаментальных исследований установлено влияние наиболее широко применяемых ПАВ на качественные показатели мыловаренной продукции (пенообразующая и моющая способность, твердость, растворимость, набухаемость, скорость расходования), что позволило разработать рекомендации по применению ПАВ при производстве мыла, обеспечивающие расширение ассортимента выпускаемой мыловаренной продукции и повышение ее качества.

Среди многообразия мыловаренной продукции на внутреннем рынке постоянным потребительским спросом пользуются прозрачные (глицериновые) мыла. Наиболее распространенным способом получения прозрачных мыл является метод отливки, при котором твердую форму обычного туалетного мыла растворяют в кипящем этаноле или в смеси этанол-вода. Недостатками данного метода является большая продолжительность процесса созревания мыла (6–8 недель) и применение пожароопасного летучего и токсичного растворителя. Поэтому для промышленного производства прозрачного мыла необходим поиск решений, позволяющих сократить время созревания, а также свести к минимуму или исключить применение в процессе производства летучего спирта при сохранении в то же время твердости и прозрачности мыла.

С целью решения поставленной задачи проведены комплексные исследования по изучению влияния жирового сырья, применяемого ОАО «Гомельский жировой комбинат», и различных многоатомных спиртов (пропиленгликоля, глицерина, сорбита) на качественные показатели мыловаренной продукции (прозрачность, твердость, пенообразующая способность, гигроскопичность, скорость растворения, скорость «созревания»).

Установлено, что глицерин является обязательным компонентом в производстве прозрачного мыла без использования этанола. Удовлетворительная прозрачность наблюдается у образцов с содержанием глицерина от 30%. Увеличение количества вводимого глицерина (более 40%) усиливает прозрачность, но снижает степень набухания мыла при увеличении скорости его растворения. Гигроскопичность у таких образцов возрастает как при хранении в сухом помещении, так и во влажной среде, что приводит к появлению на поверхности образцов конденсата.

Введение всех многоатомных спиртов оказывает отрицательное влияние на пенообразующую способность мыла, поэтому обязательным условием производства прозрачных мыл является введение различных поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые обеспечивают глицериновому мылу обильное пенообразование и моющий эффект. Результаты исследования экспериментальных образцов мыла с вводом ПАВ показали, что технологический эффект от введения ПАВ не зависит от его класса, а определяется индивидуальными особенностями конкретного ПАВ. Для увеличения пенообразования прозрачных мыл целесообразно использовать анионный C_{14-16} α -олефинсульфонат натрия, амфотерный кокамидопропил бетаин и неионогенный алкилполиглицозид C_{8-14} . Введение ПАВ оказывает положительное влияние на стабилизацию структуры прозрачного мыла, замедляя десорбцию влаги в сухой среде и предотвращая образование конденсата во влажной среде.

Отработаны температурные режимы для каждой стадии технологического процесса. Установлено, что скорость растворения мыльной стружки имеет логарифмическую зависимость от температуры. Оптимальная температура варки мыла находится в пределах 55–75°C. Температура розлива (фасовки) мыла должна быть не менее 30°C.

Проведенные исследования позволили разработать отечественную технологию получения прозрачного туалетного мыла, позволяющую исключить применение этилового спирта и значительно ускорить процесс получения товарного продукта (рис. 5).

Стремительное развитие современного общества в значительной степени влияет на технологии изготовления продовольственных товаров. На смену продуктам питания в традиционном их виде приходят сложные комплексные пищевые продукты, позволяющие с высокой эффективностью обеспечить организм не только энергией, но и необходимыми для функционирования биологически активными веществами [23]. Поэтому актуальными являются исследования механизмов образования низкоразмерных молекулярных систем из композиций витаминов различной полярности и биологических макромолекул на базе знаний из молекулярной биофизики и коллоидной химии [24].

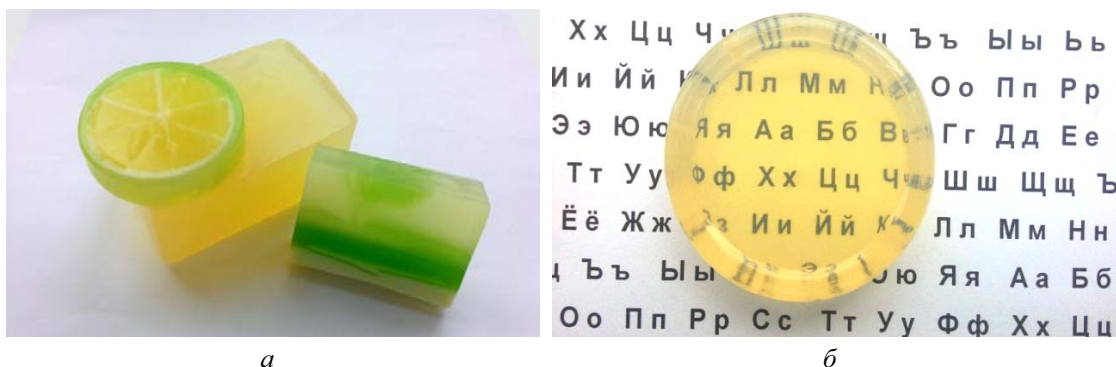


Рис. 5. Образцы глицеринового мыла, полученное по экспериментальной технологии (а), тест на прозрачность экспериментальных образцов (б)
 Fig. 5. Samples of glycerin soap obtained by experimental technologies (a), test for the transparency of experimental samples (b)

Введение в масложировые продукты неполярных соединений не представляет проблемы. Однако возникают технологические трудности связывания водорастворимых витаминов с неполярными липидными средами, а также жирорастворимых — с продуктами на водной основе.

С целью получения субстанций, пригодных для введения водорастворимых витаминов в масложировые продукты сотрудниками Белорусского государственного экономического университета разработан новый метод получения наноструктурной дисперсной системы водорастворимых витаминов в растительном масле с использованием ультразвуковой техники и высокоскоростной гомогенизации (рис. 6) [25, 26].

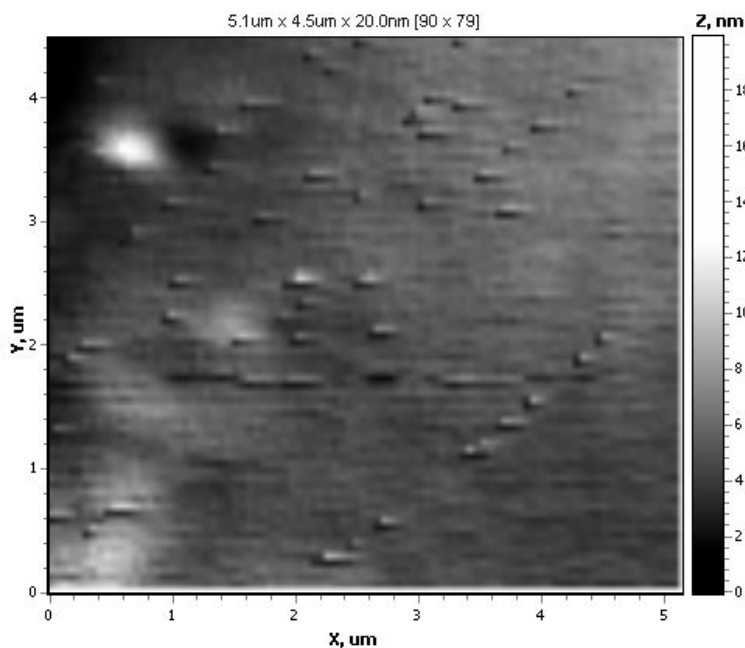


Рис. 6. 2D АСМ-изображение наносом с витаминами E, B₁, B₆ на кремниевой подложке
 Fig. 6. 2D AFM image with vitamins E, B₁, B₆ on a silicon substrate

В научно-исследовательской лаборатории отдела технологий кондитерской и масложировой продукции исследовалось влияние наносомных препаратов с введением витаминов B_6 , B_9 на показатели качества масложировых продуктов различного состава (растительное масло, майонез, спред).

Установлено, что внесение витаминных коллоидов не оказывает негативного воздействия на физико-химические свойства эмульсионных продуктов, однако значительно ускоряет скорость гидролитических и окислительных процессов в растительном масле: кислотное число витаминизированного масла к концу исследуемого периода увеличилось на 39,0–41,2% (контроль — на 13,3%); перекисное число — на 53,5–56,5% (контроль — на 6,7%). Продолжительность индукционного периода витаминизированного масла по сравнению с контролем снизилась на 22,3 — 25,5%.

С учетом содержания витаминов в исходном коллоиде и исходной энергетической ценности продукции определены требования к количеству вводимого витаминного коллоида, в расчете на 100 ккал майонеза и спреда. Вследствие термолабильности витаминов группы В установлена целесообразность введения витаминных коллоидов в смеси с растительным маслом при температуре 20–25°C на стадии приготовления «грубой» майонезной эмульсии или перед стадией пластификации спреда. Исследования содержания витаминов B_6 , B_9 в процессе хранения выявили их хорошую сохранность в течение исследуемого периода хранения (потери витаминов составили менее 3%).

В современных условиях развитие отечественной масложировой промышленности направлено на производство конкурентоспособных растительных масел. При этом технологические процессы маслосебяющих предприятий в основном организованы таким образом, что из сырья извлекается лишь основной компонент. В тоже время современная организация масложировых предприятий предусматривает применение комплексных эффективных решений по переработке растительного сырья с получением не только высококачественной основной продукции, но и комплексного использования образующихся побочных продуктов. Важнейшим процессом при переработке растительных масел является выделение из масел фосфолипидов (фосфатидов), являющихся источником крайне востребованных пищевых лецитиновых эмульгаторов и кормовых концентратов [27].

Водонерастворимые амфифильные молекулы фосфолипидов с водой в маслах способны лишь к образованию регулярных структур в условиях воздействия внешних факторов. Так, в узлах стоячих ультразвуковых волн молекулы фосфолипидов в зависимости от их концентрации могут формировать в присутствии воды мицеллы, бислойные и многослойные униламеллярные и мультиламеллярные глобулярные везикулы (липосомы), линейные размеры которых характеризуются десятками нанометров. Осаждение везикул и их агрегатов в градиенте центробежных сил позволяет получить субстанцию, близкую к характеристикам, предъявляемым к готовому фосфатидному концентрату. Таким образом, сочетание методов ультразвуковой обработки масел с центробежными, например, центрифугированием, сепарированием, дает возможность разработать способ получения фосфатидной фракции изначально в виде дисперсии.

УО «БГЭУ» разработан метод наноструктурирования фосфатидов в нерафинированных растительных маслах с использованием ультразвука [28, 29]. Агрегатное состояние осадка позволяет отделять супернатант простым сливом (рис. 7).



Рис. 7. Наноструктурированное ультразвуком в присутствии воды подсолнечное масло после центрифугирования (а), фосфолипидная эмульсия после слива супернатанта (б)

Fig. 7. Nanostructured by ultrasound in the presence of water sunflower oil after centrifugation (a), phospholipid emulsion after draining the supernatant (b)

Установлено, что масляно-фосфатидные концентраты, полученные по экспериментальной технологии, представляют собой более концентрированный продукт по сравнению с концентратами, полученными по традиционной технологии. Содержание фосфолипидов в конечном продукте, полученном по экспериментальной технологии по сравнению с традиционной, возросло на 6,5–9,9 %, содержание масла уменьшилось на 6,0–15,8 %, содержание влаги уменьшилось на 66,7–80 %. Обработка масел ультразвуком увеличивает степень их гидратации в среднем на 10%. Результаты определения группового состава фосфолипидов показали, что подсолнечный и рапсовый масляно-фосфатидные концентраты характеризуются наибольшим содержанием фосфатидилхолинов (до 50%), обладающих широким спектром физиологического действия. В подсолнечном масляно-фосфатидном концентрате соотношение фосфатидилхолины/фосфатидилэтаноламины, характеризующее гидрофильно-липофильный баланс эмульгаторов, составляет 1,7:1 (что позволяет позиционировать его как гидрофильный эмульгатор), в соевом — 1:1, в рапсовом — 1,25:1, что свидетельствует о возможности их использования в качестве как гидрофильных, так и гидрофобных эмульгаторов.

На основе анализа гидрофильно-липофильного баланса масляно-фосфатидных концентратов исследована возможность их применения в качестве пищевых эмульгаторов (при изготовлении майонезной и маргариновой продукции) и кормовых добавок.

Актуальность проблемы безопасности продуктов питания с каждым годом возрастает, поскольку именно обеспечение безопасности продовольственного сырья и продуктов питания является одним из основных факторов, определяющих здоровье людей и сохранение генофонда. При любом способе тепловой обработки в жирах происходят физико-химические изменения, обусловленные воздействием на жир высокой температуры, воздуха и химическим составом обжариваемых продуктов. Наряду с высокой температурой на изменение органолептических и физико-химических свойств жиров влияют также длительность процесса, загрязнение жира частицами обжариваемого продукта, которые при высоких температурах подвергаются химическим превращениям.

Физико-химические изменения жиров при высокотемпературной обработке сводятся к следующим основным процессам:

- ♦ гидролитическому расщеплению;
- ♦ термическому окислению;
- ♦ полимеризации.

Под воздействие высокой температуры жиры темнеют, приобретают прогорклый вкус и неприятный запах. В них снижается содержание жирорастворимых витаминов и полиненасыщенных жирных кислот. Медико-биологические исследования последних лет показали, что продукты окисления, пиролиза и полимеризации раздражают стенки пищеварительного тракта и печени, приводят к воспалению этих органов.

Большое внимание в настоящее время уделяется определению содержания в продуктах питания полициклических ароматических углеводородов, как наиболее изученных и часто встречающихся канцерогенов.

Канцерогенная активность реальных сочетаний полициклических ароматических углеводородов (РАК) на 70–80 % обусловлена 3, 4-бенз(а)пиреном, который был идентифицирован в 1933 г. как канцерогенный компонент сажи и смолы. В пищевом сырье, полученном из экологически чистых растений, концентрация бенз(а)пирена 0,03–1,0 мкг/кг. Условия термической обработки значительно увеличивают его содержание до 50 мкг/кг и более [30].

Бенз(а)пирен опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. Международная группа экспертов отнесла бенз(а)пирен к числу агентов, для которых имеются ограниченные доказательства их канцерогенного действия на людей и достоверные доказательства их канцерогенного действия на животных. Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 024/2011 определено предельное содержание данного вещества в растительных маслах — не более 0,002 мг/1 кг.

В 2001 году Научный комитет по продуктам питания ЕС, обновляя свое заключение от 16 декабря 1994 года, на основании новых научных данных установил допустимый уровень суточного потребления для еще одного контаминанта — 3-монохлор-1,2-пропандиола (3-МХПД) — 2 мкг/кг массы тела. В рафинированных маслах и жирах 3-МХПД встречается в форме сложных эфиров жирных кислот. Сложные эфиры 3-монохлор-1,2-пропандиола — производственные контаминанты, образующиеся при воздействии высоких температур из ацилглицеринов в присутствии хлорированных соединений. Эфиры 3-МХПД ранее не оценивались Комитетом, как потенциально опасные соединения, однако проведенные исследования показали, что в организме под воздействием липазы эфиры 3-МХПД очень быстро гидролизуются до 3-МХПД, обладающего высокой токсичностью.

К потенциально опасным соединениям относят также глицидиловые эфиры жирных кислот. Глицидиловые эфиры в большинстве случаев образуются в ходе рафинации растительных масел из ди-

ацилглицеринов под воздействием высоких температур и не нуждаются в присутствии хлорированных соединений. При этом большое значение имеет время воздействия повышенной температуры.

В желудочно-кишечном тракте под воздействием липазы глицидиловые эфиры жирных кислот гидролизуются до глицидола, который является генотоксичным и канцерогенным соединением. С февраля 2018 года в Европейском Союзе установлены максимальные уровни содержания 3-МХПД и глицидиловых эфиров жирных кислот (выраженных как глицидол) в растительных маслах, молочных детских смесях, молочных смесях второго уровня и специализированных лечебных продуктах питания, предназначенных для грудных и маленьких детей (регламент ЕС № 1881/2006) [31].

На территории стран Евразийского экономического Союза (ЕАЭС) решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 06.08.2019 № 132 в раздел 1 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору в перечень показателей безопасности растительных масел, предназначенных для непосредственного употребления в пищу или используемых в качестве продовольственного (пищевого) сырья, внесены дополнения, устанавливающие максимально допустимый уровень содержания глицидиловых эфиров жирных кислот в пересчете на глицидол на уровне 1,0 мг/кг. При использовании растительного масла в качестве сырья при изготовлении продуктов детского питания, допустимый уровень глицидиловых эфиров в пересчете на глицидол не должен превышать 0,5 мг/кг.

В результате проведенных в 2019–2020 гг. исследований впервые в Республике Беларусь проведена апробация методов определения содержания 3-монохлор-1,2-пропандиола (3-МХПД), сложных эфиров 3-МХПД и глицидола с применением газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Исследовано содержание 3-МХПД, сложных эфиров 3-МХПД и глицидола в жировом сырье, поступающем на промышленную переработку и на различных стадиях технологического процесса рафинации масел и жиров. Результаты исследования показали, что в растительных маслах 3-МХПД представлены в виде сложных эфиров. Наименьшее содержание эфиров 3-МХПД отмечается в жидких растительных маслах (рапсовом, соевом и подсолнечном), наиболее высокое — в пальмовом масле и пальмовом олеине.

Проведен анализ влияния продолжительности высокотемпературного нагрева, а также состава пищевой продукции на динамику показателей безопасности (кислотного, перекисного числа), содержание бенз(а)пирена, сложных эфиров 3-МХПД и глицидола различных видов масел.

Исследовано накопление в продукции различного состава бенз(а)пирена под влиянием высоких температур при приготовлении с использованием разных видов масел [32].

По совокупности показателей наименее устойчивым к высокотемпературной обработке независимо от используемого сырья показало себя рапсовое масло. Так, перекисное число рапсового масла к концу исследований по сравнению с исходными показателями увеличилось в 26,2–39,3 раза. Наименьшая скорость окисления при обжарке всех видов продукции наблюдалась у пальмового олеина (в 1,2–1,8 раз).

Уровень содержания бенз(а)пирена в пищевой продукции напрямую зависит от вида масла, степени впитывания масла продуктом, зависящей от состава продукта и температуры обжарки. Увеличение температуры обжаривания (от 160°C при обычной жарке до 180°C при обжарке во фритюре) снижает количество впитанного продуктом масла и уровень бенз(а)пирена в готовой продукции. Наибольшее количество бенз(а)пирена выявлено в образцах подсолнечного и рапсового масел (2,76 и 2,65 мкг/кг).

Сравнительный анализ содержания эфиров 3-МХПД и глицидола в исследуемых маслах при различных способах обжарки показал, что динамика изменения исследуемых контаминантов определяется совокупностью воздействия различных факторов, в том числе температурой, жирнокислотным составом масла, видом обжариваемого продукта. Наиболее глубокие негативные изменения в содержании глицидола при высокотемпературной обработке пищевой продукции наблюдаются в кокосовом масле.

С учетом выявленных зависимостей параметров высокотемпературной обработки пищевой продукции и накопления в продукции потенциально опасных веществ разработаны научно обоснованные рекомендации по снижению образования потенциально опасных соединений в пищевой продукции.

Заключение. Таким образом, перспективными направлениями дальнейших научных исследований являются разработка способов и методов с использованием современного инструментария (ферментативная обработка, использование физико-химических способов воздействия), позволяющих обеспечить глубокую переработку масличных культур с получением не только чистого масла, как конечного продукта, но и сопутствующих составляющих (шрот, пищевые белки различной степени концентрации и т.д.); комплексная переработка масложирового сырья и моделирование составов, обладающих высокой полифункциональной активностью, а также разработка жировых продуктов

с улучшенным составом жирных кислот, биологически активных добавок, специальных жиров для кондитерской, хлебопекарной, молочной и других отраслей пищевой промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тихомирова, Н. А.* Технология продуктов функционального питания / Н. А. Тихомирова. — М., 2002. — 213 с.
2. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.]; под ред. А. П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2001. — С. 359 — 363.
3. *Бабодей, В. Н.* Масложировая отрасль Республики Беларусь: научное сопровождение / В. Н. Бабодей // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2015. — № 1. — С. 41–47.
4. *Егорова, Н. Н.* Роль полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -6 в диетическом лечебно-профилактическом питании лиц пожилого возраста / Н. Н. Егорова, В. В. Зайцев // Здоровое питание населения России: (материалы VII Всероссийского конгресса. — М., 2003. — С.173–174.
5. *Ипатов, Л. Г.* Новые направления в создании функциональных жировых продуктов / Л. Г. Ипатов, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев // Пищевая промышленность. — 2007. — №1 — С.12–14.
6. *Беркетова, Л. В.* Биологически активные добавки — источники пищевых волокон / Л. В. Беркетова // Пищевая промышленность. — 2003. — № 6. — С. 80–82.
7. *Сергеев, В. Н.* Оптимизация питания — фундаментальный фактор сохранения здоровья и долголетия / В. Н. Сергеев // Клиническая диетология. — 2004. — Т.1. — № 2. — С. 134–138.
8. *Гаврилова, Е. Б.* Тенденции развития технологий и рецептур спредов / Е. Б. Гаврилова, А. А. Ливинский // Спреды и смеси топленые: сборник докладов Междунар. научно-практ. конф.-выставки, Москва, 19-21 дек. 2005 г.; МГУПП. — М., 2005. — С.74–80.
9. *Пчельникова, А. В.* Низкожирные соусы-дрессинги / А. В. Пчельникова, Д. А. Хоняк, И. Л. Гайдим, О. В. Шуляковская // Масложировая промышленность. — 2008. — № 2. — С.19–22.
10. *Хоняк, Д. А.* Спреды — новый вид масложировой продукции. / Д. А. Хоняк, А. В. Пчельникова, Н. Г. Миранцова, И. И. Кондратова // Хлебопек. — 2006. — №5. — С. 15–17.
11. *Лисицын, А. Н.* Традиционные и новые виды масличных культур для выращивания и переработки в зонах засушливого земледелия / А.Н. Лисицын, В.Н. Григорьева // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2000. — № 11. — С. 30–35.
12. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / редкол.: А. Г. Сергеев [и др.]. Т. I, кн. первая: Прием, послеуборочная обработка и хранение масличных семян. Подготовительные операции при переработке масличных семян. — 2-е изд., доп. и перераб. — Ленинград, 1975. — 727 с.
13. *Пилипюк, В. Л.* Технология хранения зерна и семян / В. Л. Пилипюк. — Саратов: Вузовский учебник, 2009. — 310с.
14. *Акаева, Т. К.* Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: учеб.пособие/ Т.К. Акаева, С.Н. Петрова. — Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. — 124 с.
15. *Мирзоев, А. М.* Ферментативные процессы при хранении и переработке масличных семян в производстве растительных масел/ А.М. Мирзоев// Техничко-технологические проблемы сервиса.— 2015. — №2(32). — С. 31–36.
16. *Жакова, К. И.* К вопросу о послеуборочном дозревании маслосемян рапса и горчицы / К.И. Жакова, В.Н. Бабодей, А.В. Пчельникова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2017. — №4 (38). — С. 55–59.
17. *Ловкис, З. В.* Исследование влияния послеуборочного дозревания на качественные показатели маслосемян рапса и горчицы сарептской при последующем хранении / З.В. Ловкис, А.В. Пчельникова, В.Н. Бабодей, К.И. Жакова // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2018. — N 3. — С. 366–381.
18. *О’Брайан, Р.* Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О’Брайан. — СПб.: Профессия, 2007. — 148 с.
19. *Кондратова, И. И.* Исследование свойств модельных жировых смесей для маргариновой продукции / И.И. Кондратова, В.Н. Бабодей, В.С. Голубева, А.В. Пчельникова, О.А. Шавковская // Пищевая промышленность: наука и технологии. — № 4. — 2013. — С. 48 — 55.
20. *Мельников, В. В.* Переэтерифицированные жиры / В.В. Мельников // Партнер: молочная индустрия. — 2010. — №3. — С. 66–70.
21. *Пчельникова, А. В.* Исследование влияния химической переэтерификации на качественные показатели жиров / А.В. Пчельникова, В.Н. Бабодей, К.И. Жакова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2016. — №4. С. 29-37.

22. Пчельникова, А. В. Анализ проблем качества жиров целевого использования / А.В. Пчельникова, В.Н. Бабодей // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Международной научно-практической конференции; Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — Минск: ИВЦ Минфина, 2016. — С. 371-374.
23. Gibson, G.R. Functional foods. Concept to product / G.R. Gibson, C.M. Williams. — Cambridge: CRC Press, 2001. — 374 p.
24. Михаловский, И. С. Биофизика производственных процессов — методологическая основа создания новых продуктов / И.С. Михаловский, М.В. Самойлов, Н.П. Кохно // Сб. науч. тр. Белорус. гос. экон. ун-та. — Минск: БГЭУ. — 2010. — С. 275 — 280.
25. Михаловский, И.С. Глицеридные дисперсии с пиридоксином и фолиевой кислотой для продуктов профилактического направления / И.С. Михаловский, В.Н. Бабодей, А.В. Пчельникова // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: сб. статей в 2 ч. под ред. И.Д. Волотовского, С.Н. Черенкевича. — Минск: Изд. центр БГУ, 2016. — Ч. 1. — С. 138 — 140.
26. Михаловский, И.С. Витаминные препараты на основе триглицеридных наноструктур / И.С. Михаловский, Г.Б. Мельникова, В.Н. Бабодей, А.В. Пчельникова // Наноструктурные материалы 2016: Беларусь-Россия-Украина (НАНО-2016): материалы V Международной научно-практической конференции. — Минск: Белорусская наука, 2016. — С. 431 — 434.
27. Арутюнян, Н. С. Фосфолипиды растительных масел / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена. — М.: Агропромиздат, 1986. — 256 с.
28. Михаловский, И.С. Формирование наноструктурной фосфолипидной фазы в нативных маслах растительного происхождения / И.С. Михаловский, Н.П. Матвейко, Г.Б. Мельникова, В.Н. Бабодей, А.В. Пчельникова // VI Съезд биофизиков России: научные труды, 16-21 сентября 2019 г., Сочи / Краснодар: Полиграфическое объединение «Плехановец», 2019. — Т. 1. — С. 261-262.
29. Михаловский, И. С. Фосфатидные концентраты, выделенные из растительных масел ультразвуковым структурированием. Современные аспекты применения / И.С. Михаловский, Н.П. Матвейко, В.Н. Бабодей, А.В. Пчельникова // Полимерные композиты и трибология (ПОЛИКОМ-ТРИБ-2019): тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф., 25-28 июня 2019 г., Гомель. — Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2019. — С. 148.
30. Беркетова, Л. В. Канцерогенные соединения, образующиеся в пищевых продуктах под действием тепловой обработки / Л. В. Беркетова, А. Д. Захарова // Бюллетень науки и практики. — 2017. — №2 (15). — С. 115–120.
31. Регламент комиссии (ЕС) № 1881/2006 от 19 декабря 2006 года, устанавливающий максимальные уровни некоторых контаминантов в пищевых продуктах.
32. Моргунова, Е. М. Исследование образования потенциально опасных соединений при приготовлении продукции во фритюре / Е. М. Моргунова, В. Н. Бабодей, А. В. Пчельникова // Пища. Экология. Качество: труды XVII международной научно-практической конференции, Новосибирск 18-19 ноября 2020 г. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. — 2020. — № 4(41) — С. 418–422.

References

1. Tikhomirova, N. A. Technology of functional food products. M., 2002, 213 p.
2. Food chemistry / A. P. Nechaev [and others]; ed. A.P. Nechaeva, SPb.: GIORD, 2001, pp. 359 - 363.
3. Fat and oil industry of the Republic of Belarus: scientific support / VN Babodey // Food industry: science and technology: scientific and methodological journal / founder of the RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Belarus for Food”, 2015, no. 1, pp. 41- 47
4. Egorova, N. N. The role of polyunsaturated fatty acids of the ω -6 family in dietary therapeutic and prophylactic nutrition of the elderly / N.N. Egorova, V.V. Zaitsev // Healthy nutrition of the population of Russia (materials of the VII All-Russian Congress), M., 2003, pp. 173–174.
5. Ipatova, L. G. New directions in the creation of functional fatty products / L. G. Ipatova, A. A. Kochetkova, A. P. Nechaev // Food Industry, 2007, no. 1, P. 12-14.
6. Berketova L. V. Biologically active additives - sources of dietary fiber / L. V. Berketova // Food industry, 2003, no. 6, pp. 80-82.
7. Sergeev, V. N. Nutrition optimization is a fundamental factor in maintaining health and longevity / V. N. Sergeev // Clinical dietology, 2004, vol. 1, vol. 2.
8. Gavrilova, E. B. Trends in the development of technologies and spreads recipes / E. B. Gavrilova, A. A. Livinsky // Collection of reports Intern. scientific and practical. conference-exhibition “Spreads and melted mixtures”, Moscow, 19-21 December. 2005 // MGUPP, M., 2005, pp. 74 - 80.

9. Pchelnikova, A. V. Low-fat dressing sauces / A. V. Pchelnikova, D. A. Khonyak, I. L. Gaidym, O. V. Shulyakovskaya // *Oil and fat industry*, 2008, no. 2, pp. 19–22.
10. D. A., Khonyak Spreads - a new type of oil and fat products. / D. A. Khonyak, A. V. Pchelnikova, N. G. Mirantsova, I. I. Kondratova // *Baker*, 2006, no. 5, pp. 15–17.
11. Lisitsyn, A.N. Traditional and new types of oilseeds for growing and processing in arid farming zones / A.N. Lisitsyn, V.N. Grigorieva // *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2000, no. 11, pp. 30–35.
12. Guidelines for the technology of production and processing of vegetable oils and fats / editorial board: A.G. Sergeev [and others], Leningrad, 1975, T. I, Book one: Reception, post-harvest processing and storage of oil seeds. Preparatory operations for the processing of oilseeds, 2nd ed., Add. and revised, 727 p.
13. Pilipyuk, V.L. Grain and seed storage technology / V.L. Pylypyuk, Saratov: University textbook, 2009, 310 p.
14. Akaeva, T.K. Fundamentals of chemistry and technology for the production and processing of fats. Part 1. Technology for producing vegetable oils: Textbook / T.K. Akaeva, S.N. Petrov, Ivanovo: GOUVPO Ivan. State Chem.-tehnol. univ., 2007, 124 p.
15. Mirzoev, A.M. Enzymatic processes during storage and processing of oil seeds in the production of vegetable oils / A.M. Mirzoev // *Technical and technological problems of service*, 2015, no. 2 (32), pp. 31–36.
16. Zhakova, K.I. On the issue of post-harvest ripening of oilseeds of rapeseed and mustard / K.I. Zhakova, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikova // *Food industry: science and technology*, 2017, no. 4 (38), pp. 55–59.
17. Lovkis, Z.V. Study of the effect of post-harvest ripening on the quality indicators of oilseeds of rape and mustard sarepta during subsequent storage / Lovkis Z.V., Pchelnikova A.V., Babodey V.N., Zhakova K.I. // *Vesci National Academy of Sciences of Belarus. (Gray Agrarian Science)*, 2018, no. 3, pp. 366–381.
18. O'Brian, R. Fats and Oils. Production, composition and properties, application / R. O'Brian, SPb.: Professiya, 2007, 148 p.
19. Kondratova, I.I. Investigation of the properties of model fat mixtures for margarine products / I.I. Kondratova, V.N. Babodey, V.S. Golubeva, A.V. Pchelnikova, O. A. Shavkovskaya // *Food industry: science and technology*, no. 4, 2013, pp. 48 - 55.
20. Melnikov, V.V. Transesterified fats / V.V. Melnikov // *Partner: dairy industry*, 2010, no. 3, p.p. 66–70.
21. A.V. Pchelnikova Investigation of the influence of chemical transesterification on the quality indicators of fats / A.V. Pchelnikova, V.N. Babodey, K.I. Zhakova // *Food industry: science and technology*, 2016, no. 4. — pp. 29–37.
22. Pchelnikova, A.V. Analysis of the quality problems of fats for targeted use / A.V. Pchelnikova, V.N. Babodey // *Materials of the XV International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in the Food Industry” / National Academy of Sciences of Belarus, RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”, Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance*, 2016, pp. 371–374.
23. Gibson, G.R. Functional foods. Concept to product / G.R. Gibson, C.M. Williams, Cambridge: CRC Press, 2001, 374 p.
24. Mikhalovsky, I.S. Biophysics of production processes - a methodological basis for creating new products / I.S. Mikhalovsky, M.V. Samoilov, N.P. Kohno // *Sat. scientific. tr. Belarusian. state econom. univ*, Minsk: BSE, 2010, p.p. 275 - 280.
25. Mikhalovsky, I.S. Glyceride dispersions with pyridoxine and folic acid for prophylactic products / I.S. Mikhalovsky, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikova // *Molecular, membrane and cellular foundations of the functioning of biosystems: collection of articles. articles in 2 hours*, ed. I. D. Volotovskiy, S.N. Cherenkevich, Minsk: Publishing house. Center of BSU, 2016, Part 1, pp. 138 - 140.
26. Mikhalovsky, I.S. Vitamin preparations based on triglyceride nanostructures / I.S. Mikhalovsky, G.B. Melnikova, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikova // *Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “Nanostructured Materials 2016: Belarus-Russia-Ukraine (NANO-2016)”*, Minsk: Publishing house. Belarusian Navuka, 2016, pp. 431 - 434.
27. Harutyunyan N.S., Kornena E.P. Phospholipids of vegetable oils, M.: Agropromizdat, 1986, 256 p.
28. Mikhalovsky, I.S. Formation of nanostructured phospholipid phase in native oils of vegetable origin / I.S. Mikhalovsky, N.P. Matveyko, G.B. Melnikova, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikova // *VI Congress of Biophysicists of Russia: scientific works*, September 16–21, 2019, Sochi / Krasnodar: Plekhanovets Printing Association, 2019, vol. 1, pp. 261–262.
29. Mikhalovsky, I.S. Phosphatide concentrates isolated from vegetable oils by ultrasonic structuring. Modern aspects of application / I.S. Mikhalovsky, N.P. Matveyko, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikov // *Intern. scientific and technical conf. “Polymer composites and tribology” (POLYKOMTRIB-2019): abstracts*, June 25–28, 2019, Gomel / Gomel: IMMS NAS of Belarus, 2019, pp. 148.

30. Berketova, L.V., Zakharova, A.D. Carcinogenic compounds formed in food products under the influence of heat treatment // *Bulletin of Science and Practice*, 2017, no. 2 (15), pp. 115–120.
31. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 laying down maximum levels for certain contaminants in food.
32. Morgunova, E.M. Investigation of the formation of potentially hazardous compounds during the preparation of products in deep fat / E.M. Morgunova, V.N. Babodey, A.V. Pchelnikova // *Food. Ecology. Quality: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*, Novosibirsk, November 18-19, 2020 - Yekaterinburg: Ural Publishing House. state econom. univ., 2020, no. 4 (41), pp. 418-422.

Информация об авторах

Жакова Кристина Ивановна – кандидат технических наук, ученый секретарь РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Бабодей Валентина Николаевна – начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: candy@belproduct.com

Пчельникова Анна Владимировна – научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». E-mail: candy@belproduct.com

Information about authors

Zhakova Kristina Ivanovna – Ph.D. (Technical), Scientific Secretary of RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Babodey Valentina Nikolaevna – Head of the Technology Department of Confectionery and Fat-and-oil products of RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: candy@belproduct.com

Pchelnikova Anna Vladimirovna – Research Associate of the Technology Department of Confectionery and Fat-and-oil products of RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: candy@belproduct.com