

# ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ISSN 0235-2486

FOOD PROCESSING INDUSTRY

6.2022

ТЕМА НОМЕРА

**Биотехнология пищевых  
продуктов –  
сфера применения  
в промышленности**







С 01 августа 2022 г. открывается прием заявок на участие в международном дегустационном конкурсе водок, спиртов и спиртных напитков «EURASIA SPIRITS DRINKS»-2023.

Профессионального дегустационного конкурса, что сделало его узнаваемым не только в России, но и в странах СНГ. Информация о конкурсе «EURASIA SPIRITS DRINKS» уже появляется на отраслевых новостных порталах Китая, Индии и Турции. Учитывая данный факт, дирекция конкурса планирует с 2023 г. расширить географию конкурса за счет привлечения производителей из этих стран.

Необходимо также подчеркнуть, что конкурс динамично развивается и за три года в нем приняло участие более 90 заводов из 10 стран. Это заслуга, прежде всего, высокого авторитета членов Дегустационной комиссии и работы Наблюдательного совета конкурса, в котором принимают участие представители Росалкогольрегулирования, Ассоциации производителей русской водки, а также представители крупнейших производителей крепкого алкоголя России и стран СНГ. Именно работа Наблюдательного совета является гарантией независимости и объективности работы Дегустационной комиссии. В 2023 г. Дирекция конкурса планирует привлечь к участию в работе Наблюдательного совета представителей Роскачества.

Учитывая многогранность в работе конкурса, начиная с работы Дегустационной комиссии и заканчивая церемонией награждения, которая является ярким и значимым отраслевым событием, производители крепкого алкоголя имеют яркий информационный повод для общения с потребителем по вопросам качества и безопасности алкогольных напитков.

За более подробной информацией о предстоящем конкурсе обращайтесь в дирекцию конкурса: [2020esd@mail.ru](mailto:2020esd@mail.ru). Сайт конкурса [www.eurasia-spirits.com](http://www.eurasia-spirits.com)

По итогам трех лет работы конкурса можно с уверенностью сказать, что конкурс выполняет главную задачу, которую ставили перед ним организаторы – продвижение на рынок максимально качественных и максимально безопасных крепких алкогольных напитков. Благодаря публикациям в центральных СМИ награды конкурса стали надежным ориентиром для покупателя при выборе алкогольной продукции высочайшего качества.

«EURASIA SPIRITS DRINKS» является не просто дегустационным конкурсом, в котором оценивают вкусовые качества напитков, а площадкой для презентации производителями инноваций в сфере производства максимально качественной и безопасной алкогольной продукции.

С каждым годом все больше участников в специальных номинациях «ECO-style», «NEW-style», «NEW technology», которые демонстрируют свои наработки и достижения в сфере обеспечения производства продукции с улучшенными экологическими свойствами, разработки стандартов организаций для повышения уровня качества и безопасности продукции. Это особенно актуально с учетом растущего интереса со стороны потребителя в отношении алкогольной продукции с улучшенными токсико-экологическими свойствами. Учитывая данную тенденцию на церемонии награждения, организаторы конкурса



### Считаем необходимым усилить интеграцию в рамках Союзного государства, в том числе в агропромышленном комплексе – А. Майоров

В рамках IX Форума регионов Беларуси и России обсудили вопросы двустороннего взаимодействия в сфере АПК.

Председатель Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию **Алексей Майоров** и председатель Постоянной комиссии Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь **Михаил Русый** провели заседание секции на тему «Белорусско-российское взаимодействие в сфере АПК как важнейшее условие обеспечения продовольственной безопасности Союзного государства».

Мероприятие прошло в Гродненской области в рамках IX Форума регионов Беларуси и России.

Алексей Майоров выразил признательность белорусской стороне за высокий уровень организации мероприятия. «Особенно актуально, что мы проводим нашу аграрную секцию на сельской территории, в агропоселке Квасовка на базе производственного кооператива имени В.И. Кремко. Наш Комитет одним из приоритетов



считает развитие малых форм хозяйствования на селе, сельской кооперации, эта тематика постоянно находится в фокусе внимания руководства Совета Федерации», — отметил он.

«Мы искренне дорожим партнерством и союзническими отношениями с Беларусией. Наши братские народы исторически объединяют узы дружбы. Сегодня страны Запада оказывают масштабное санкционное давление на Россию и Белоруссию с целью подорвать наш экономический потенциал, разорвать продовольственные цепочки и, в конечном счете, ухудшить качество жизни наших граждан. И в этой ситуации нам важно обсудить скоординированные меры, направленные на защиту продовольственной безопасности Союзного государства, обеспечение суверенитета России и Беларуси в этой сфере», — заявил сенатор.



«Мы считаем необходимым усилить интеграцию в рамках Союзного государства, в том числе в агропромышленном комплексе», — подчеркнул Алексей Майоров. «Надежную основу для этого создают утвержденные в ноябре прошлого года Высшим Государственным Советом 28 отраслевых союзных программ. В рамках принятых решений Россия и Белоруссия договорились о формировании единой аграрной политики, прежде всего, в части сближения законодательства в сфере АПК с целью увеличения объемов взаимной торговли сельскохозяйственной продукцией, снятия административных барьеров, обеспечения продовольственной безопасности и совместного научно-технического развития сельского хозяйства», — отметил парламентарий.

Глава Комитета СФ убежден, что по итогам работы секции будут сформулированы конструктивные предложения для решения этой задачи, в том числе по разработке нормативных правовых актов, обеспечивающих единые подходы в области регулирования сельскохозяйственного производства, пищевой и перерабатывающей промышленности, торговли и общественного питания.

«Важно совместными усилиями обеспечить дальнейший рост товарооборота, реализацию крупных инвестиционных проектов, расширить программы импортозамещения», — подчеркнул Алексей Майоров.



Михаил Русый подчеркнул, что совместная работа позволит значительно ускорить реализацию совместных программ Союзного государства в сфере АПК и выйти на новые перспективные возможности в самых разных областях.

Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь **Леонид Заяц** отметил, что белорусская сельскохозяйственная продукция поставляется в 71 субъект РФ. Он также рассказал о сотрудничестве в области сельского хозяйства и реализации перспективных двусторонних проектов, взаимодействия в направлении племенного животноводства, ветеринарии.

Заместитель Министра сельского хозяйства **Иван Лебедев** подчеркнул, что



Республика Беларусь – один из базовых партнеров России в сфере АПК. За последний период товарооборот между нашими странами значительно вырос.

Иван Лебедев указал, что благодаря конструктивному взаимодействию идет активная работа в сфере селекции и семеноводства, животноводства, ветеринарии.

В рамках работы секции состоялось подписание соглашений об установлении партнерских (побратимских) отношений между районами Гродненской области и районами Липецкой области.

Также участники секции посетили сельскохозяйственные объекты Гродненской области.

В мероприятии приняли участие первый заместитель председателя Комитета СФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию **Сергей Митин**, заместитель председателя Комитета СФ **Владимир Лебедев**, сенаторы РФ, представители законодательной и исполнительной власти Республики Беларусь, субъектов Российской Федерации и регионов Республики Беларусь.



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

### Главные редакторы:

**О.П. Преснякова**, канд. техн. наук,  
генеральный директор Издательства «Пищевая промышленность»,  
oidapress8@mail.ru

**В.А. Тутельян**, академик РАН, д-р мед. наук,  
научный руководитель ФИЦ питания и биотехнологии,  
tutelyan@ion.ru

**И.М. Абрамова**, д-р техн. наук  
ВНИИПБТ – филиал ФИЦ питания и биотехнологии,  
i-abramova@mail.ru

**Л.М. Аксёнова**, академик РАН, д-р техн. наук  
ФИЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

**А.В. Акулич**, д-р техн. наук, профессор  
Могилевский государственный университет продовольствия,  
Беларусь, tgur@mgilev.by

**Н.Р. Андреев**, академик РАН, д-р техн. наук  
ВНИИ крахмалопроductов – филиал ФИЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова РАН, andreev@antisp.ru

**А.Н. Богатырёв**, академик РАН, д-р техн. наук  
Российская академия наук, anb193sanb@yandex.ru

**В.А. Бутковский**, академик Международной ассоциации по науке  
и технологии зерна (ICC), Международная промышленная академия,  
tparpi@mail.ru

**А.Г. Галстян**, д-р техн. наук, академик РАН –  
ВНИИ молочной промышленности, Москва, a\_galstyan@vniiml.org

**Рудольф Валента**, д-р мед. наук, профессор алергологии, президент  
Европейской академии аллергии и клинической иммунологии  
Венский медицинский университет, Австрия,  
rudolf.valenta@meduniwien.ac.at

**Фридрих Дил**, профессор  
Институт окружающей среды и здоровья, Германия,  
friedhelm.diel@t-online.de

**Н.И. Дунченко**, д-р техн. наук,  
РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева,  
dunchenko.nina@yandex.ru

**В.Н. Иванова**, д-р экон. наук  
Московский государственный университет технологий и управления  
им. К.Г. Разумовского, miza@df.ru

**Стефан Игнар**, д-р техн. наук  
Варшавский университет наук о жизни, Польша,  
ignar@lewis.sggw.pl

**В.Г. Кайшев**, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук  
Пятигорский молочный комбинат, г. Пятигорск, kvg541@yandex.ru

**А.А. Кочеткова**, д-р техн. наук  
ФИЦ питания и биотехнологии, kochetkova@ion.ru

**А.Б. Лисицын**, академик РАН, д-р техн. наук  
ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова –

филиал ФИЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН,  
info@vniimpr.ru

**В.Г. Лобанов**, д-р техн. наук  
Кубанский государственный технологический университет,  
г. Краснодар, lobanov@kubsu.ru

**Е.П. Мелешикина**, д-р техн. наук  
ВНИИ Зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ) – филиал ФИЦ  
пищевых систем им. В.М. Горбатова,  
vniizdocum@rambler.ru

**А.П. Нечаев**, д-р техн. наук  
Московский государственный университет пищевых производств,  
spril@sprilunio.ru

**Д.Б. Никитюк**, д-р мед. наук  
ФИЦ питания и биотехнологии, nikitjuk@ion.ru

**С.М. Носенко**, д-р техн. наук  
Ассоциация предприятий кондитерской промышленности «АСКОНД»,  
ascond@ascond.ru

**Л.А. Оганесянц**, академик РАН, д-р техн. наук  
ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой  
промышленности – филиал ФИЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова, vnipbmr@ncps.ru

**А.Н. Петров**, академик РАН, д-р техн. наук  
ВНИИ технологии консервирования – филиал ФИЦ  
пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, г. Видное, Московская обл.,  
vnitek@vniitek.ru

**Л.В. Римарева**, академик РАН, д-р техн. наук  
ВНИИПБТ – филиал ФИЦ питания и биотехнологии,  
lrmareva@mail.ru

**Т.В. Савенкова**, д-р техн. наук  
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,  
savt@mail.ru

**В.А. Семенов**, канд. экон. наук  
Ассоциация отраслевых союзов АПК, Semenovbd@belaya-dacha.ru

**В.Н. Сергеев**, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук  
Академия продовольственной безопасности, svn1412@mail.ru

**С.Н. Серегин**, д-р экон. наук,  
ФИЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

**С.В. Симоненко**, д-р техн. наук  
НИИ детского питания – филиал ФИЦ питания и биотехнологии,  
г. Истра, Московская обл., info@nirp.ru

**В.В. Тарасова**, канд. техн. наук,  
Московский государственный университет пищевых производств,  
sod@bk.ru (ответственный за выпуск)

**Е.И. Титов**, академик РАН, д-р техн. наук  
Московский государственный университет пищевых производств,  
titov@mgpp.ru

**В.И. Фисинин**, академик РАН, д-р с.-х. наук  
Всероссийский научно-технический и технологический институт  
птицеводства, г. Сергиев Посад, Московская обл., vnitrp@vniitrp.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                                    |    |                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Итоги работы предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности России.....                                                                                                                                                                     | 6  | Гулин А. В., Мачулкина В. А. Оригинальный продукт – варенье из баклажанов .....                                                                                                                                    | 50 |
| Тема номера: Перспективные ингредиенты для здорового питания человека                                                                                                                                                                              |    | Кириллов Е. А., Туршатов М. В., Кононенко В. В., Соловьев А. О., Алексеев В. В. Современные тенденции при организации процесса брагоректификации при производстве спирта из пищевого сырья.....                    | 54 |
| Быкова С. Т., Калинина Т. Г. Инулин и олигофруктоза – перспективные ингредиенты для обогащения функциональных продуктов детского питания.....                                                                                                      | 8  | Калданов Ж. Б., Джингилбаев С. С., Шамбулов Е. Д., Аскарлов А. Д. Кинетика сушки семян сафлора .....                                                                                                               | 57 |
| Абакирова Э. М., Кыдыралиев Н. А. О возможностях использования мяса яка как перспективного профилактического продукта при дефиците йода и железа .....                                                                                             | 12 | Вафин Р. Р., Михайлова И. Ю., Семипятный В. К., Арейкина И. М. Разработка способа определения относительной доли соложенного и несоложенного сырья-ячменя в дробленых зернопродуктах методом ОТ-ПЦР. Часть 1 ..... | 62 |
| Зверев С. В., Политуха О. В. Безглютеновые крупы в адекватном питании .....                                                                                                                                                                        | 16 | Никитина С. Ю., Шорников А. Н. Современные тренды технологии брагоректификации .....                                                                                                                               | 66 |
| Штерман С. В., Сидоренко М. Ю., Штерман В. С., Сидоренко Ю. И. Бетаин в спортивном питании .....                                                                                                                                                   | 21 | Качество и безопасность                                                                                                                                                                                            |    |
| Экономика и управление                                                                                                                                                                                                                             |    | Ландиловская А. В., Творогова А. А. Показатели качества мороженого сливочного и пломбира с фруктозой и трегалозой .....                                                                                            | 72 |
| Серегин С. Н., Лукин Н. Д., Бызов В. А. Развитие рынка сахаристых продуктов: ограничения и стимулы роста.....                                                                                                                                      | 25 | Мелешикина Е. П., Коломиец С. Н., Бундина О. И., Кириллова Е. В., Герасина А. Ю. Разработка метода пробной лабораторной выпечки крекера для оценки качества пшеничной муки .....                                   | 76 |
| Техника и технология                                                                                                                                                                                                                               |    | Крысанова Ю. И. К вопросу о методах оценки концентрации молочного сахара в низко- и безлактозной продукции.....                                                                                                    | 80 |
| Головачева Н. Е., Галлямова Л. П., Морозова С. С., Абрамова И. М., Титова О. Т., Шубина Н. А. О перспективности применения хитозана для обработки плодово-ягодных полуфабрикатов с целью повышения качества и стабильности спиртных напитков ..... | 32 | Новости отраслевых союзов .....                                                                                                                                                                                    | 84 |
| Зобо Ж. Р., Суворов О. А., Лабутина Н. В., Кандроков Р. Х., Кукина А. А., Быков А. В. Разработка рецептуры кукурузного чаудера в хлебной чаше .....                                                                                                | 37 | Новости НИИ и вузов .....                                                                                                                                                                                          | 85 |
| Муслимов Н. Ж., Кабылда А. И., Далабаев А. Б. Изучение микрофлоры зерна злаковых, зернобобовых и масличных культур при их проращивании на пищевые цели .....                                                                                       | 42 | События и факты                                                                                                                                                                                                    |    |
| Терентьев С. Е., Романова И. Н., Глушак С. Н., Мартынова К. В., Трябас Ю. А. Озимая тритикале – культура разностороннего использования .....                                                                                                       | 46 | Международная молочная неделя прошла в Угличе .....                                                                                                                                                                | 86 |
|                                                                                                                                                                                                                                                    |    | АГУ и МГУП совместно будут готовить специалистов по нутрибиодизайну и биоэкономике .....                                                                                                                           | 87 |

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

4.3.3. Пищевые системы (технические, биологические),

4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические, биологические, химические),

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические).

АДРЕС  
ИЗДАТЕЛЬСТВА:  
Россия, 107140, Москва,  
3-й Красносельский пер.,  
д. 21, стр. 1  
Адрес в сети Интернет:  
www.foodprom.ru  
E-mail: foodprom@foodprom.ru  
Телефоны: +7 (916) 969-61-36  
+7 (916) 496-84-60

Подписано в печать 13.07.2022  
Формат 60х90 1/8.  
Печать офсетная  
Отпечатано 1.08.2022  
в типографии «МЭИЛ ТЕХНОЛОДЖИ»  
105082, г. Москва,  
Переведеновский пер., д. 13, стр. 16  
Тел.: +7 (495) 212-91-99;  
+7 (926) 204-48-31  
info@book-expert.ru  
Цена свободная

Редакция не несет  
ответственности  
за содержание реклам  
и объявлений  
Мнение редакции  
не всегда совпадает  
с мнением  
авторов статей

© Пищевая промышленность



# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Научная статья  
УДК 664.2.613.22  
DOI: 10.52653/PPI.2022.8.8.001

## Инулин и олигофруктоза – перспективные ингредиенты для обогащения функциональных продуктов детского питания

Светлана Тарасовна Быкова<sup>1</sup>, Тамара Григорьевна Калинина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ВНИИ крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Красково, Московская обл., vnlik@arrisp.ru

**Аннотация.** Пребиотики, инулин и олигофруктоза (фруктоолигосахариды – ФОС) являются ценным источником пищевых волокон, которые стимулируют рост активных полезных бактерий в кишечном тракте человека. Основным сырьем для получения инулина является цикорий (страны Западной Европы, компания Beneo Orafiti, Cosucra (Бельгия), Sensun (Голландия) и топинамбур (Китай). Общее производство инулина в настоящее время составляет более 100 тыс. т в год. Массовая доля инулина в цикории и топинамбуре составляет в среднем 12–18 %. Инулин и олигофруктоза добавляются в пищевые продукты для улучшения питательных и функциональных свойств. Питательные свойства: снижение калорийности продукта, пребиотический эффект, обогащение продукта диетическими волокнами, уменьшение содержания сахара, улучшение усвояемости кальция. Функциональные свойства: растворимость, ограничение сладости, текстурный эффект, замена глюкозного сиропа. В настоящее время в России также выращивают топинамбур и цикорий. При этом топинамбур считается более перспективным сырьем, чем цикорий, из-за простоты агротехники и возможности переработки в весенний период, после перезимовки в земле. В России промышленное производство инулина и олигофруктозы практически отсутствует, однако ведется активная работа по созданию технологий их получения. Поставляемые по импорту инулин и олигофруктозу используют в производстве молочных продуктов, сока, шоколада, макаронных изделий, экструзионных зерновых продуктов и детского питания. Во ВНИИ крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья проводятся исследования по созданию технологий получения инулина, олигофруктозы, фруктозных сиропов и фруктозы из топинамбура и цикория, с использованием методов ультрафильтрации, хроматографии, соосаждения, кристаллизации. Проведенные исследования позволили разработать универсальную технологию переработки инулинсодержащего сырья (цикория и топинамбура) на инулин в виде концентрата (85 %) или порошка (95 %), а также олигофруктозы и фруктозного сиропа. В статье приведены основные направления исследования зарубежных и отечественных ученых по применению ФОС для приготовления функциональных продуктов, используемых в питании, для лечения различных заболеваний, в том числе и генетических, таких как фенилкетонурия.

**Ключевые слова:** инулин, олигофруктоза, диетотерапия, функциональные ингредиенты, пищевые волокна, фенилкетонурия

**Для цитирования:** Быкова С. Т., Калинина Т. Г. Инулин и олигофруктоза – перспективные ингредиенты для обогащения функциональных продуктов детского питания // Пищевая промышленность. 2022. № 8. С. 8–11.

Original article

## Inulin and oligofructose – promising ingredients for enriching functional baby foods

Svetlana T. Bykova<sup>1</sup>, Tamara G. Kalinina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-containing Raw Materials – Branch of A. G. Lorkh Federal Research Center for Potato, Kraskovo, Moscow Region, vnlik@arrisp.ru

**Abstract.** Prebiotics, inulin and oligofructose (fructooligosaccharides – FOS), are a valuable source of dietary fiber that stimulate the growth of active beneficial bacteria in the human intestinal tract. The main raw materials for producing inulin are chicory (countries of western Europe; Beneo Orafiti, Cosucra (Belgium), Sensun (Holland) and girasol (China)). The total production of inulin currently amounts to more than one hundred thousand tons per year. The mass fraction of inulin in chicory and girasol is, on average, 12–18 %. Inulin and oligofructose are added to food products to improve nutritional and functional properties. Nutritional properties are reduced calorie content of the product, prebiotic effect, fortification of the product with dietary fibers, reduced sugar content, improved digestibility of calcium. Functional properties are solubility, restriction of sweetness, texture effect, replacement of glucose syrup. Currently, girasol and chicory are also grown in Russia. At the same time, girasol is considered a more promising raw material than chicory due to the simplicity of agricultural equipment and the possibility of processing in spring, after wintering in the ground. In Russia, there is practically no industrial production of inulin and oligofructose, but active work is underway to create technologies for their production. Imported inulin and oligofructose are used in the production of dairy products, juice, chocolate, pasta, extrusion cereals and baby food. In the All-Russian Research Institute of Starch and the Processing of Starch-containing Raw Materials, research is carried out on the creation of technologies for the production of inulin, oligofructose, fructose syrups and fructose from girasol and chicory, using ultrafiltration, chromatography, co-precipitation, crystallization methods. The studies made it possible to develop a universal technology for processing inulin-containing raw materials (chicory and girasol) into inulin in the form of concentrate (85 %) or powder (95 %), as well as oligofructose and fructose syrup. The article presents the main directions of research of foreign and domestic scientists on the use of FOS for the preparation of functional products used in nutrition, for the treatment of various diseases, including genetic ones, such as phenylketonuria.

**Keywords:** inulin, oligofructose, diet therapy, functional ingredients, dietary fiber, phenylketonuria

**For citation:** Bykova S. T., Kalinina T. G. Inulin and oligofructose – promising ingredients for enriching functional baby foods // Food processing industry. 2022;(8):8–11 (In Russ.).

**Автор, ответственный за переписку:** Светлана Тарасовна Быкова, vnlik@arrisp.ru  
**Corresponding author:** Svetlana T. Bykova, vnlik@arrisp.ru

© Быкова С. Т., Калинина Т. Г., 2022

**Введение.** Инулин является резервным источником энергии и относится к полисахаридам, содержащимся в различных растениях, таких как чеснок и лук, пшеница, рожь, корни цикория, топинамбур, нектарин, морские водоросли, жмых сахарного тростника, льняное семя и др. Мировое производство инулина превышает 150 тыс. т в год и ежегодно увеличивается на 10 %. Молекулы инулина и олигофруктозы по строению близки между собой, но различаются длиной цепи. Степень полимеризации инулина из цикория составляет 2–60 ед., а из топинамбура 2–30 ед. Олигофруктоза является продуктом частичного ферментативного гидролиза инулина, и ее степень полимеризации составляет 2–10 ед.

Основная часть. Использование ФОС в продуктах питания улучшает кишечную микрофлору, снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний и некоторых видов рака, улучшает уровень липидов в крови при гиперлипидемии, подавляет выработку кишечных гнилостных веществ и улучшает работу пищеварения, оказывает воздействие на содержание минералов в костях, иммунную систему и энергетический гомеостаз [1–3]. Калорийность инулина составляет 1–1,5 кал/г, поэтому замена им жира и углеводов позволяет значительно уменьшить калорийность пищи. При этом он выступает как балластное вещество, создавая и поддерживая чувство сытости.

За рубежом инулин и его производные вырабатываются в жидком, гелеобразном и сухом порошкообразном виде. Так, фирма «Орафити» (Бельгия) выпускает эти продукты под торговой маркой «Рафтилоза» и «Рафтилине». Ведутся исследования о возможности их применения в питании детей начиная с рождения. Ожидается, что в 2024 г. мировой рынок пребиотиков превысит 2,5 млрд долл. [4].

Мировое производство функциональных продуктов питания, выпускаемых с применением данных ингредиентов, составляет более 2000 образцов [5–8]. Главным из них является производство молочных продуктов для детского питания и хлебобулочных. Отмечено положительное влияние инулина и олигофруктозы на физико-химические, микробиологические и органолептические характеристики симбиотических молочных продуктов [9–10].

Исследование нежирного сыра, полученного из свежего коровьего молока, с применением инулина (3 %) показало улучшение его качества (цвет, упругость, содержание жира и др.) и предпочтительность его использования в питании [11]. Проведено исследование влияния различных сахаров на физико-химические, реологические, органолептические и микробиологические показатели качества кисломолочных продуктов [12].

Показано, что введение пребиотиков в кисломолочные продукты является одним из лучших способов повышения их пользы

для здоровья при одновременном улучшении сенсорных характеристик. Проведена оценка эффективности добавления фруктозы и олигофруктозы (1 % и 2 %) на физико-химические, реологические и микробиологические показатели качества кисломолочных продуктов, инокулированных аборигенными пробиотическими заквасочными культурами *Lactobacillus*. Показано увеличение популяции бактерий по сравнению с контрольными кисломолочными продуктами без добавления ФОС.

Проведены исследования по использованию смесей, содержащих аминокислоты, пребиотики и пробиотики (симбиотики) в диетическом питании детей раннего возраста, с аллергией на коровье молоко [13]. Показана возможность их использования для поддержания веса и роста, как и смесей без симбиотиков. Это клиническое исследование зарегистрировано как номер NCT 00664768.

Разработана методология двойного слепого плацебо – контролируемого рандомизированного перекрестного исследования, применяемого для определения влияния 12-недельного приема пребиотической пищевой добавки для ускорения гликирования, определения чувствительности к инсулину и слабовыраженному хроническому воспалению у взрослых с предиабетом [14]. Показано, что пребиотики, избирательно стимулирующие рост полезных бактерий в толстой кишке человека, могут обеспечить защиту от возрастной патологии у людей с риском развития диабета 2-го типа.

Отмечена эффективность добавки инулина и олигофруктозы в продукты питания детей, больных функциональной диареей [15]. Показано, что ежедневное потребление смесей фруктанов – инулина и олигофруктозы (1:1) увеличивает всасывание кальция в зависимости от возраста и состояния здоровья и тем самым способствует профилактике остеопороза.

Доказаны эффективность и безопасность применения инулина и олигофруктозы (0,8 г/дл) в детских смесях в течение первых 4 мес жизни, что способствует приближению микробиоты кишечника ребенка к таковой при грудном вскармливании [16–17]. Данное исследование зарегистрировано на веб-сайте Clinicaltrials.gov как исследование ферментируемых углеводов у здоровых детей (№ NCT 0080 8756) ©2013 Elsevier LTD.

Установлено, что штамм *Bifidobacterium* B632 можно использовать в продуктах, предназначенных для детей раннего возраста, в сочетании со смесью галактоолигосахарида (GDS) и фруктоолигосахаридов (FOS) или олигофруктозы [17]. Применение инулина и олигофруктозы в хлебобулочных повышает содержание пищевых волокон по сравнению со стандартными продуктами и улучшает вкусовые качества хлеба [18–19]. Изучение влияния трех

образцов инулина с разной степенью полимеризации на влажность хлеба при производстве и хранении [20] показало, что он способствует ускорению миграции (испарению) воды. Показано, что инулин и олигофруктоза могут моделировать ожирение, регулировать энергию и увеличивать поглощение минералов [21]. Исследовано влияние различной степени полимеризации инулина на реологию бездрожжевого теста и качества парового хлеба [22]. Установлено, что влажность теста снижается с увеличением концентрации короткоцепочечного и увеличивается при применении длинноцепочечного инулина (выше 7,5 %). Добавление инулина способствует увеличению удельного объема, твердости, яркости окраски и уменьшает влажность, энтальпию парообразования, упругость и когезию, то есть замедляет скорость черствления хлеба. Проведена работа по оптимизации рецептуры хлеба и его пищевой ценности на основе добавления карбоната кальция и инулина. Установлено, что оптимальной концентрацией является 2,196 г / 1 кг кальция, и 9, 635 г / 100 г инулина. При этом мякиш хлеба становится более легким и эластичным, цвет корки, влажность, консистенция, удельный объем, когезивность отвечали требуемым параметрам.

Во ВНИИ крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья ведутся исследования как по созданию универсальной технологии получения инулина и олигофруктозы из топинамбура и цикория разных регионов России, так и по использованию их в продуктах детского питания [23–25].

Критериями выбора функциональных ингредиентов, их доз и форм являются безопасность, полезность и эффективность применения.

Инулин не имеет противопоказаний, полезен для пищеварительной, нервной, сердечно-сосудистой систем и, кроме того, является хорошим технологическим ингредиентом в пищевой промышленности, вводится в продукт без изменения технологического процесса, без ущерба для вкуса улучшает текстуру продукта. Очень важно, что получаемые продукты по внешнему виду не отличаются от обычных, применяемых для питания (крупа «Саго», смесь «Детка», смеси сухие крахмалоовощные низкобелковые: блинчики, пышки, овощные котлеты, суп-пюре содержат белка 0,7–1,0 %, углеводов 77,7–87,7 %, жира 0,5–0,6 г, инулина 1,8–2,1 г, пищевых волокон 2,5–11,0 г, энергетическая ценность 1340/320–1507/360 кДж/ккал. Производство низкобелковых продуктов с использованием инулина освоено в опытно-цехе института по нормативной документации, согласованной с органами здравоохранения Российской Федерации.

Для проведения исследований использовали инулин, вырабатываемый фирмой



**Введение.** Сафлор (*Carthamus tinctorius* L.), вид, относящийся к семейству Астровых, является однолетним травянистым растением, приспособленным для выращивания в полусухих условиях. Он признан ценной масличной культурой, а также за свои лекарственные свойства его используют при дополнительном кормлении домашней птицы и животных. Возможно его использование в качестве озимой культуры в системах севооборота. Его семена, ботанически называемые семянками, содержат значительное количество белка (от 14,7 до 16,2 %) и липидов (от 23 до 41 %), выделяясь содержанием линолевой (от 71,6 до 83,7 %) и олеиновой (от 7,5 до 18,4 %) кислот в масле, что придает ему высокую пищевую и коммерческую ценность. Хотя сафлоровое масло имеет большее значение для питания человека, оно также обладает удовлетворительными характеристиками для производства биодизельного топлива. Семена сафлора достигают физиологической зрелости с содержанием влаги от 47 до 29 %, в зависимости от генотипа и эдафоклиматических условий выращивания [1].

Сушка заключается в удалении излишков воды, содержащейся в семенах, путем испарения, которое обычно получают принудительной конвекцией горячего воздуха. Также может быть определен как процесс, который включает одновременную передачу энергии в виде тепла и массы между продуктом и сушильным воздухом, являясь одним из основных этапов послеуборочной обработки.

Математическое моделирование используется для представления кинетики сушки различных продуктов и включает в себя такие условия, как температура воздуха, относительная влажность, скорость воздуха и характеристики продукта. Эти исследования могут быть применены к процессам и системам сушки, определению размеров, оптимизации и оценке жизнеспособности выполнения в промышленных масштабах.

Несколько математических моделей были успешно использованы различными исследователями в сельскохозяйственных продуктах, таких как рисовые зерна, плоды арахиса, семена подсолнечника, обыкновенные бобовые зерна, соевые зерна и ежевика.

Для оценки соответствия математических моделей данным сушки растительных продуктов можно использовать несколько критериев, таких как величины средней относительной погрешности и средней оценочной погрешности, коэффициент

детерминации, остаточное распределение и критерий Хи-квадрат. Однако некоторые из этих параметров имеют ограничения, что требует принятия дополнительных критериев при выборе модели для акцентирования и одобрения процесса принятия решений. Таким образом, информационный критерий Акайке (AIC) и Байесовский информационный критерий Шварца (BIC) заключаются в оценке моделей на основе принципа экономности, поскольку количество параметров в моделях является переменным.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящего исследования является подгонка различных математических моделей к экспериментальным данным кинетики сушки семян сафлора, определение эффективного коэффициента диффузии и получение энергии активации процесса при сушке в различных температурных условиях воздуха [2].

**Материалы и методы.** Использовали семена сафлора с начальной влажностью 0,46. Содержание влаги в продукте определяли гравиметрическим методом в печи при температуре  $105 \pm 1$  °C в течение 24 ч в двух повторениях. Сушка проводилась при различных контролируемых условиях температуры 40, 50, 60, 70 и 80 °C и относительной влажности воздуха 24,4; 16,0; 9,9; 5,7 и 3,3 % соответственно. Температура и относительная влажность окружающего воздуха контролировались с помощью регистратора данных.

Семена сушили на неперфорированных лотках, содержащих 0,15 кг продукта, в полностью рандомизированном исполнении, в четырех повторениях. В процессе сушки лотки с образцами периодически взвешивали на весах с разрешением 0,01 г до тех пор, пока продукт не достигнет равновесного содержания влаги, то есть постоянной массы [3].

Таблица 1  
Математические модели, используемые для прогнозирования тонкослойной сушки сельскохозяйственной продукции

| Обозначение модели           | Модели                                                   |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Паж                          | $RX = \exp(-kt^n)$ (2)                                   |
| Мидилли                      | $RX = a \cdot \exp(-kt^n) + bt$ (3)                      |
| Ньютон                       | $RX = \exp(-kt)$ (4)                                     |
| Томпсон                      | $RX = \exp[-a \cdot (a_2 + 4bt) \cdot 0.5] / 2b$ (5)     |
| Хендерсон и Пабис            | $RX = a \cdot \exp(-kt)$ (6)                             |
| Два Термина                  | $RX = a \cdot \exp(-k_1 t) + b \cdot \exp(-k_2 t)$ (7)   |
| Верма                        | $RX = -a \cdot \exp(-kt) + (1-a) \cdot \exp(-k_1 t)$ (8) |
| Логарифмический              | $RX = a \cdot \exp(-kt) + c$ (9)                         |
| Ван и Сингх                  | $RX = 1 + at + bt^2$ (10)                                |
| Двухчленная экспоненциальная | $RX = a \cdot \exp(-kt) + (1-a) \cdot \exp(-kat)$ (11)   |
| Валкам                       | $RX = a + bt + ct^{1/2} dt$ (12)                         |

Примечание: t – время сушки, ч; k,  $k_1$ ,  $k_2$  – параметры сушки  $h^{-1}$ ; a, b, c, d, n – коэффициенты моделей

Соотношения влагосодержания семян сафлора при сушке в различных воздушных условиях определяли по уравнению 1:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Математические модели, традиционно используемые для описания кинетики тонкослойной сушки сельскохозяйственной продукции, были адаптированы к экспериментальным данным сушки, приведенным в табл. 1.

Математические модели подгонялись к экспериментальным данным сушки методом нелинейного регрессионного анализа по методу Гаусса-Ньютона с использованием статистической программы. Степень прилегания для каждой температуры сушки определена с учетом значимости коэффициентов регрессии по Т-критерию, при 0,05 уровне значимости, величины коэффициента корреляции (R<sup>2</sup>) средняя относительная ошибка (p), средняя оценка ошибки (SE) и критерия Хи-квадрат ( $\chi^2$ ) при 0,05 уровне значимости по формулам 13, 14 и 15 [4].

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (13)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \bar{e}_i^2}{GLR}} \quad (14)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y - \hat{Y})^2}{GLR} \quad (15)$$

где Y – величина, наблюдаемая экспериментально;  
 $\hat{Y}$  – величина, оцененная моделью;  
n – количество экспериментальных наблюдений;  
DF – степени свободы модели.

Для того чтобы выбрать единую модель, удовлетворительно описывающую процесс сушки семян сафлора при различных

условиях воздуха, модели, получившие наилучшие соответствия, были подвергнуты информационному критерию Акайке (AIC) и информационному критерию Шварца (BIC). Более низкие значения AIC и BIC указывают на лучшее соответствие модели, а BIC является самым строгим критерием. Эти критерии могут быть дополнительно включены в выбор моделей сушки. Информационные критерии были определены с помощью уравнений 16 и 17.

$$AIC = -2 \log L + 2p \quad (16)$$

$$BIC = -2 \log L + p \ln(N - 1) \quad (17)$$

где L – максимальное правдоподобие;  
p – количество параметров модели;  
N – общее количество наблюдений;  
г – ранг матрицы X (матрицы инцидентности для фиксированных эффектов).

Эффективный коэффициент диффузии для условий сушки был рассчитан путем подбора модели, основанной на теории диффузии жидкости, к наблюдаемым данным. Это уравнение является аналитическим решением второго закона Фика, рассматривающего цилиндрическую форму с шестичленной аппроксимацией (значение устанавливается при вариации коэффициента диффузии ниже  $0,1 \times 10^{-13} \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ ), без учета объемной усадки семян, используя следующее выражение:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\lambda_n^2} \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_n^2 \cdot D \cdot t}{r^2}\right) \quad (18)$$

где t – время сушки;  
D – коэффициент диффузии жидкости,  $\text{м}^2 \text{ с}^{-1}$ ;  
г – эквивалентный радиус (0,0051 м);  
n – число членов;  
 $\lambda_n$  – корни уравнения Бесселя нулевого порядка.

Объем ( $V_s$ ,  $\text{мм}^3$ ) каждого семени получали путем измерения трех ортогональных осей (длины, ширины и толщины) в тридцати семенах перед сушкой с помощью цифрового штангенциркуля в соответствии с выражением:

$$V_s = \frac{\pi(abc)}{6} \quad (19)$$

где a – самая длинная ось семени;  
b – средняя ось семени;  
с – самая короткая ось семени.

Эквивалентный радиус сферы (г, мм) определяли по уравнению 20:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_s}{4\pi}} \quad (20)$$

Влияние температуры на эффективный коэффициент диффузии оценивалось

с помощью уравнения Аррениуса, описываемого следующим образом:

$$D_{ef} = D_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (21)$$

где  $D_0$  – предэкспоненциальный коэффициент;  
R – универсальная газовая постоянная,  $8,314 \text{ кДж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}$ ;  
 $T_a$  – температура, К;  
 $E_a$  – энергия активации,  $\text{кДж моль}^{-1}$ .

Коэффициенты уравнения Аррениуса были линеаризованы с помощью следующего логарифма:

$$\ln D = \ln D_0 - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_a} \quad (22)$$

**Результаты и обсуждение.** В табл. 2 приведены величины средней относительной погрешности (P, %), средней оценочной погрешности (SE, десятичная дробь), коэффициента детерминации ( $R^2$ , %) и критерия Хи-квадрат ( $\chi^2$ , десятичная дробь) для одиннадцати моделей, установленных во время сушки семян сафлора в различных условиях воздуха.

По отношению к средней относительной погрешности (P) можно заметить, что только модели Мидилли (3), Два термина (7) и Валкам (12) имели значения ниже

10% для всех исследованных температур сушки. Этот параметр можно использовать для рекомендации или отказа от модели. Средние значения относительной ошибки отражают отклонение наблюдаемых значений относительно кривой, оцененной моделью. Таким образом, в данном случае отклонение можно считать приемлемым для оцениваемых моделей.

Средняя оценочная погрешность (SE) указывает на способность модели точно описать определенный физический процесс, и чем ниже ее величина, тем лучше качество подгонки модели относительно экспериментальных данных. Таким образом, два члена модели выделялись среди других тем, что показывали самые низкие значения при всех различных условиях сушки воздуха (табл. 2), следовательно, демонстрировали хорошее соответствие [5].

Основываясь на коэффициенте детерминации ( $R^2$ ), только модели Ньютон, Гендерсон и Пабис, логарифмический, Ванг и Сингх были ниже 99 %. Модели с коэффициентами детерминации выше 98 % могут удовлетворительно представлять явление сушки. Тем не менее коэффициент детерминации в качестве единственного критерия оценки при выборе моделей сушки не является хорошим параметром для представления явления сушки.

Таблица 2  
Статистические параметры, полученные для одиннадцати моделей, приспособленных для описания тонкослойной сушки семян сафлора в разных температурных условиях

| Мо-<br>дели | 40 °C   |         | 50 °C   |        | 60 °C   |        | 70 °C   |        | 80 °C   |        |
|-------------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|             | P       | SE      | P       | SE     | P       | SE     | P       | SE     | P       | SE     |
| 2           | 9,6453  | 0,014 5 | 5,1538  | 0,0115 | 3,17 54 | 0,0057 | 13,9373 | 0,0119 | 0,0088  | 0,0218 |
| 3           | 7,4228  | 0,0102  | 6,7811  | 0,0109 | 3,8226  | 0,0055 | 4,5705  | 0,0057 | 2,3903  | 0,0059 |
| 4           | 30,0947 | 0,0427  | 15,2642 | 0,0258 | 4,1205  | 0,0058 | 18,0614 | 0,0133 | 17,1940 | 0,0234 |
| 5           | 4,1139  | 0,0087  | 6,0862  | 0,0076 | 2,2928  | 0,0055 | 9,2948  | 0,0093 | 17,1940 | 0,0181 |
| 6           | 24,4868 | 0,0349  | 12,4547 | 0,0230 | 3,9765  | 0,0059 | 17,7621 | 0,0136 | 17,0296 | 0,0242 |
| 7           | 2,9883  | 0,0072  | 4,8345  | 0,0065 | 3,1383  | 0,0054 | 2,3494  | 0,0050 | 2,4380  | 0,0056 |
| 8           | 2,6576  | 0,0084  | 15,2596 | 0,0270 | 3,1236  | 0,0056 | 18,0614 | 0,0141 | 2,9132  | 0,0099 |
| 9           | 12,9446 | 0,0170  | 82,4013 | 0,1375 | 3,4236  | 0,0057 | 2,4264  | 0,0059 | 2,9132  | 0,0104 |
| 10          | 84,9693 | 0,1290  | 82,4013 | 0,0831 | 51,7075 | 0,0589 | 83,4109 | 0,0885 | 31,3259 | 0,0550 |
| 11          | 17,7895 | 0,0226  | 15,2641 | 0,0264 | 2,3093  | 0,0056 | 18,0613 | 0,0137 | 17,1940 | 0,0242 |
| 12          | 8,5382  | 0,0127  | 5,2472  | 0,0080 | 3,6587  | 0,0079 | 5,9356  | 0,0088 | 3,52 28 | 0,0127 |

| Мо-<br>дели | 40 °C   |          | 50 °C   |          | 60 °C   |          | 70 °C   |          | 80 °C   |          |
|-------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
|             | $R^2$   | $\chi^2$ | $R^2$   | $\chi^2$ | $R^2$   | $\chi^2$ | $R^2$   | $\chi^2$ | $R^2$   | $\chi^2$ |
| 2           | 99,7012 | 0,1027   | 99,8248 | 0,0560   | 99,9617 | 0,0349   | 99,8273 | 0,1540   | 99,4476 | 0,1536   |
| 3           | 99,8605 | 0,0844   | 99,8584 | 0,0807   | 99,9680 | 0,0467   | 99,9646 | 0,0565   | 99,9687 | 0,0313   |
| 4           | 97,3209 | 0,3103   | 99,0867 | 0,1590   | 99,9584 | 0,0432   | 99,7729 | 0,1896   | 99,3205 | 0,1827   |
| 5           | 99,8915 | 0,0438   | 99,9243 | 0,0662   | 99,9661 | 0,0252   | 99,8962 | 0,1027   | 99,6205 | 0,1173   |
| 6           | 98,2707 | 0,2607   | 99,3063 | 0,1354   | 99,9590 | 0,0437   | 99,7751 | 0,1963   | 99,3226 | 0,1930   |
| 7           | 99,9305 | 0,0340   | 99,9496 | 0,0576   | 99,9689 | 0,0384   | 99,9726 | 0,0290   | 99,9206 | 0,0319   |
| 8           | 99,9029 | 0,0292   | 99,0867 | 0,1734   | 99,9686 | 0,0362   | 99,7729 | 0,0790   | 99,8945 | 0,0354   |
| 9           | 99,6036 | 0,1424   | 76,2406 | 0,9364   | 99,9686 | 0,0396   | 99,9724 | 0,0283   | 99,8835 | 0,0354   |
| 10          | 76,3111 | 0,9045   | 90,9385 | 0,6275   | 99,9686 | 0,5688   | 90,4938 | 0,9219   | 96,4892 | 0,3550   |
| 11          | 99,2704 | 0,1894   | 99,0867 | 0,1659   | 99,9667 | 0,0254   | 99,7729 | 0,1996   | 99,3205 | 0,1949   |
| 12          | 99,7853 | 0,0972   | 99,9239 | 0,0625   | 99,9348 | 0,0447   | 99,9152 | 0,0733   | 99,8386 | 0,0461   |



Важными показателями для определения качества мороженого являются формо- и термоустойчивость. Доминирующее влияние на этот показатель оказывают эмульгатор, входящий в состав стабилизационной системы, и массовая доля жира в продукте. Однако внесение новых или замена существующих ингредиентов может сказаться на состоянии водной фазы, поскольку ее содержание в мороженом выше 60 %. На рис. 2 приведены данные о термоустойчивости образцов.

Графики (рис. 2) отображают, что внесение композиции фруктозы и трегалозы практически не отразилось на термоустойчивости мороженого пломбир. Через 60 мин в опытном образце №3 и контрольном №4 плава не было, через 90 мин в образце №3 его так и не образовалось, а в образце №4 он составлял 1,4 %. Однако в сливочном мороженом в образце №1 через 60 мин термостабилизации плава образовалось всего 2,7 %, в контроле (№2) в 3,5 раза больше. При этом стоит отметить, что в контроле данный показатель характерен для данной разновидности мороженого (на уровне не более 10 % плава через 60 мин выдерживания). Через 90 мин образец сливочного мороженого растаял на 9,5 %, в то время как контрольный образец для данной разновидности – на 25 %. Можно предположить, что лучшие показатели термоустойчивости образцов №1 и №3 обеспечиваются способностью композиции трегалозы и фруктозы образовывать более прочные связи с водой.

На рис. 3 приведены фотографии образцов мороженого при выдерживании в термостате. Визуально отмечаются различия сливочного мороженого в образце с трегалозой и фруктозой (№1) и контроле (№2), что подтверждает то, что внесение композиции сахаров положительно сказывается на способности мороженого сохранять форму при воздействии комнатной температуры. Различия в формоустойчивости мороженого пломбир визуально менее заметны, что подтверждает конкурентоспособность композиции сахаров в качестве замены сахарозы для данной разновидности мороженого.

Все образцы мороженого хранили при температуре минус  $20 \pm 2$  °C в течение 6 мес и на протяжении этого срока резервирования продукции контролировали такие показатели, как дисперсность кристаллов льда и состояние воздушной фазы. Было установлено, что на протяжении 6 мес изменения в дисперсности кристаллов льда в образцах №1, 2 и 3 отсутствовали ( $P > 0,05$ ). В образце №4 отмечены значимые изменения: увеличился средний размер кристаллов льда и снизилась доля кристаллов величиной до 50 мкм ( $P < 0,05$ ). В табл. 2 и на рис. 4 приведены данные о среднем размере кристаллов льда и их доле размером до 50 мкм во всех образцах мороженого.

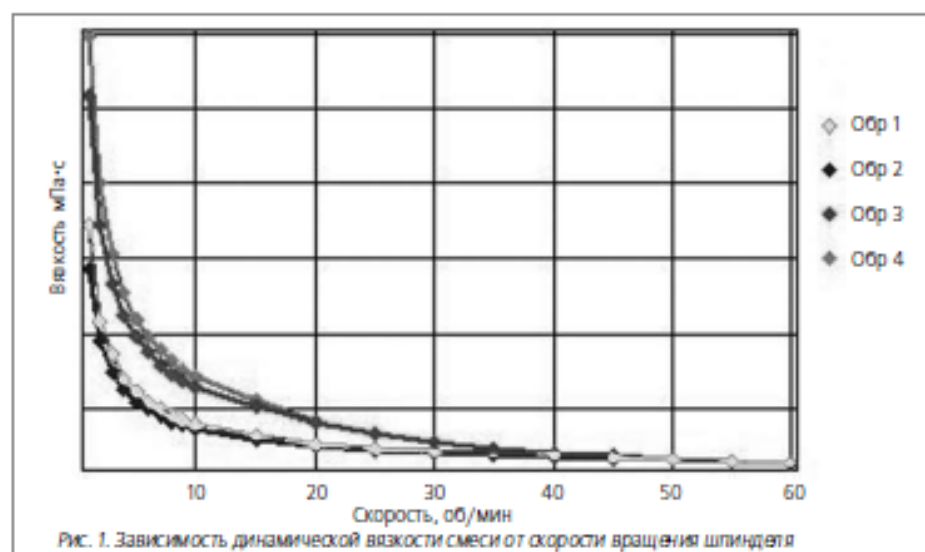


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости смеси от скорости вращения шпинделя

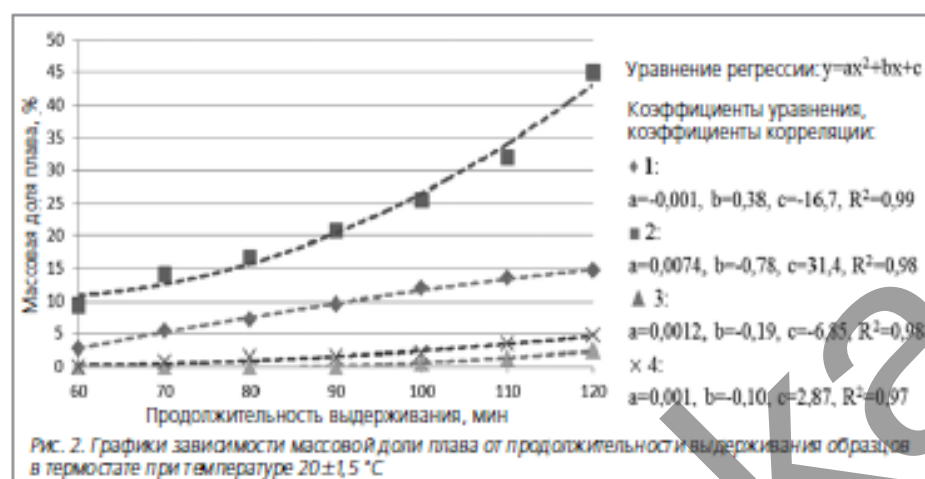


Рис. 2. Графики зависимости массовой доли плава от продолжительности выдерживания образцов в термостате при температуре  $20 \pm 1,5$  °C

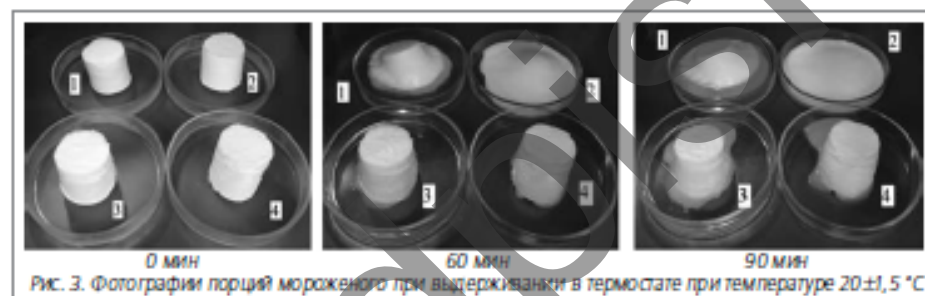


Рис. 3. Фотографии порций мороженого при выдерживании в термостате при температуре  $20 \pm 1,5$  °C

Таблица 2

**Средний размер кристаллов льда в образцах мороженого сливочного и пломбир**

| Стадия хранения | 1         | 2         | 3         | 4         |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Закаливание     | 33,0±0,35 | 31,0±0,32 | 30,0±0,28 | 28,0±0,26 |
| 6 месяцев       | 33,0±0,49 | 32,0±0,35 | 30,0±0,26 | 34,0±0,32 |

Через 6 мес хранения кристаллы льда в образце мороженого пломбир №3 в наибольшей степени сохранили свою дисперсность по сравнению с №4 ( $P < 0,05$ ). Изменения дисперсности кристаллов льда в образцах сливочного мороженого незначительны ( $P > 0,05$ ).

**Заключение.** Исследования показали на отсутствие значимых отрицательных изменений качества при замене сахарозы на композицию сахаров фруктозы и трегалозы в мороженом сливочном и пломбире. Замена сахарозы фруктозой и трегалозой значительно не отразилась

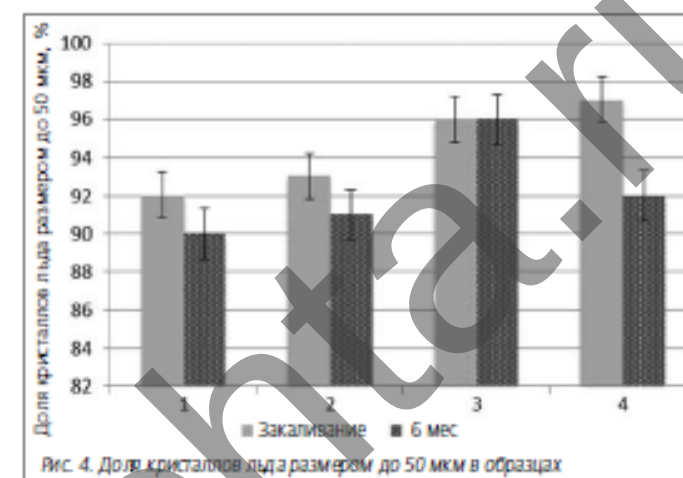


Рис. 4. Доля кристаллов льда размером до 50 мкм в образцах

на динамической вязкости смеси. Криоскопическая температура смесей для сливочного мороженого и пломбира с фруктозой и трегалозой снизилась по сравнению с контролем на 0,46 °C и 0,86 °C соответственно. Установлено положительное влияние фруктозы и трегалозы на дисперсность кристаллов льда в мороженом пломбир в процессе хранения и показатели формо- и термоустойчивости в сливочном мороженом. Замена сахарозы на композицию фруктозы и трегалозы позволяет понизить гликемический индекс мороженого на 45 %. Результаты исследований могут быть использованы при разработке промышленных технологий мороженого сливочного и пломбир с фруктозой и трегалозой с низким гликемическим индексом.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Goff H. D. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts // Reference Module in Food Science. 2019. P. 47–54. DOI: 10.1016/b978-0-08-100596-5.21703-4
- Akalın A. S., Kesencas H., Dinkci N., Unal G., Ozer E., Klinik O. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability // Journal of Dairy Science. 2018. No. 101 (1). P. 37–46. DOI: 10.3168/jds.2017-13468
- Di Ciccio T., Frattinelli A., Mignogna R., Cinquanta L., Coppola R., Sorrentino E., Panfil G. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams // Journal of Dairy Science. 2010. No. 93 (10). P. 4555–4564. DOI: 10.3168/jds.2010-3355
- Ландиговская А. В., Творогова А. А., Казакова Н. В. Применение глюкозно-фруктозных сиропов в мороженом без сахарозы с низким

- содержанием жира // Пищевая промышленность. 2021. № 5. С. 71–74. DOI: 10.52653/PPI.2021.5.5.017
- Ландиговская А. В., Творогова А. А. Нутриентный состав мороженого и замороженных десертов: современные направления исследований // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 2. С. 74–81. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81
- Di Monaco R., Miele N. A., Caballero E. K., Cavella S. Strategies to reduce sugars in food. // Current Opinion in Food Science. 2018. No. 19. P. 92–97. DOI: 10.1016/j.cofs.2018.03.008
- McCaig H. R., Kallappa S., Drake M. A. Invited review: Sugar reduction in dairy products // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. No. 10. P. 8619–8640. DOI: 10.3168/jds.2017-14347
- Шобанова Т. В., Творогова А. А. Влияние замены сахарозы глюкозно-фруктозным сиропом на показатели качества мороженого пломбир // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 604–614. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-604-614
- Richards A., Krakowka S., Dexter L., Schmid H., Wolterbeek A. P., Waalkens-Berendsen D., Shigoyuki A., Kurimoto M. Trehalose: a review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies // Food and Chemical Toxicology. 2002. No. 40 (7). P. 871–898. DOI: 10.1016/S0278-6915(02)00011-X
- Liu Z., Vermillion K., Jin C., Wang X., Zhao W. NMR study on the oxidation of vegetable oils for assessing the antioxidant function of trehalose // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. No. 36. P. 102134. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.102134
- ГОСТ 31457-2012 Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 27 с.
- Frost G., Dornhorst A. Glycemic Index // Encyclopedia of Human Nutrition. 2013. P. 393–398. DOI: 10.1016/b978-0-12-375083-9.00136-7

#### References

- Goff H. D. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. Reference Module in Food Science. 2019:47–54. DOI: 10.1016/b978-0-08-100596-5.21703-4

#### Информация об авторах

Анна Валентиновна Ландиговская, Антонина Анатольевна Творогова, д-р техн. наук ВНИИ холодильной промышленности – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова, 127422, Москва, ул. Костякова, д. 12, anna.landth@yandex.ru, antvorogova@yandex.ru

#### Information about the authors

Anna V. Landikhovskaya, Antonina A. Tvorogova, Doctor of Technical Sciences All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V. M. Gorbachev Federal Research Center for Food System, 12, Kostyakova str., Moscow, 127422, anna.landth@yandex.ru, antvorogova@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.04.2022; одобрена после рецензирования 05.06.2022; принята к публикации 11.06.2022. The article was submitted 06.04.2022; approved after reviewing 05.06.2022; accepted for publication 11.06.2022