

УДК 637.023; 637.026

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

УСТАНОВКА СРОКА ХРАНЕНИЯ СУХОЙ МОЛОЧНОЙ ЗАКВАСКИ, ОБЕЗВОЖЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Попов Виталий Матвеевич
д.т.н, профессор

Афонькина Валентина Александровна
к.т.н. доцент

Левинский Василий Николаевич
к.т.н.

Уразов Сергей Игоревич
к.т.н.
*Южно-уральский государственный университет,
Челябинская область, г. Троицк, Россия*

Цель исследований – установить сроки хранения молочных заквасок, высушенных в низкотемпературной инфракрасной установке камерно-лоточного типа. В статье представлены результаты исследования по установлению сроков хранения сухой молочной закваски, обезвоженной с применением технологии холодной инфракрасной сушки в установке камерно-лоткового типа с применением пленочных электронагревателей. Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения длительной сохранности пробиотических свойств молочных заквасок, используемых в производстве функциональных продуктов питания. Целью исследования являлось экспериментальное определение срока хранения сухой закваски, в ходе которого оценивалась жизнеспособность бифидобактерий после восстановления сухопродукта. Исследование проводилось на образцах молочной закваски Первый Вкус Detox Menu производства АО «Группа Компаний «Российское Молоко», высушенных до влажности 5–6% и хранившихся в герметичной металлизированной упаковке при температуре +4...+5 °C в течение 6, 12 и 18 месяцев. Остаточное содержание бифидобактерий произведено в испытательном лабораторном центре, который предоставил протоколы испытаний. Результаты микробиологического анализа показали, что во всех трех образцах, независимо от срока хранения, содержание бифидобактерий осталось на стабильно высоком уровне $1,0 \cdot 10^8$ КОЕ/см³, что значительно превышает минимально допустимую норму $1,0 \cdot 10^6$ КОЕ/см³. Органолептические характеристики восстановленного продукта также соответствовали исходным показателям. Полученные данные демонстрируют, что разработанное технологическое решение получение сухих молочных заква-

UDC 637.023; 637.026

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF DRY SOURDOUGH MILK, DEHYDRATED USING INFRARED RADIATION

Popov Vitaly Matveyevich
Doctor of Technical Sciences, professor

Afonkina Valentina Aleksandrovna
Candidate of Technical Sciences, associate professor

Levinsky Vasily Nikolaevich
Candidate of Technical Sciences

Urazov Sergey Igorevich
Candidate of Technical Sciences
*South Ural State University, Chelyabinsk Region,
Troitsk, Russia*

The purpose of the research is to establish the shelf life of dairy starter cultures dried in a low-temperature infrared chamber-type installation. The article presents the results of a study on the determination of the shelf life of dry milk starter culture, dehydrated using cold infrared drying technology in a chamber-tray type installation using film electric heaters. The relevance of the work is due to the need to ensure the long-term preservation of the probiotic properties of dairy starter cultures used in the production of functional foods. The aim of the study was to experimentally determine the shelf life of dry starter culture, during which the viability of bifidobacteria was evaluated after the restoration of the dried product. The study was conducted on samples of the First Taste Detox Menu dairy starter produced by JSC Russian Milk Group of Companies, dried to a humidity of 5-6% and stored in sealed metalized packaging at a temperature of +4...+5 °C for 6, 12 and 18 months. The residual content of bifidobacteria was produced at the testing laboratory center, which provided the test reports. The results of microbiological analysis showed that in all three samples, regardless of the shelf life, the content of bifidobacteria remained at a consistently high level of $1.0 \cdot 10^8$ CFU/cm³, which significantly exceeds the minimum allowable norm of $1.0 \cdot 10^6$ CFU/cm³. The organoleptic characteristics of the reconstituted product also corresponded to the initial parameters. The data obtained demonstrate that the developed technological solution for the production of dry milk starter cultures by cold infrared drying makes it possible to preserve the probiotic properties of functional raw materials for at least 18 months today. The research is planned to continue to confirm the shelf life of up to 24 months or more. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation №. 24-26-

сок методом холодной инфракрасной сушки позволяет сохранять пробиотические свойства функционального сырья на сегодняшний день в течение как минимум 18 месяцев. Исследования планируется продолжить для подтверждения срока хранения до 24 и более месяцев. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20060, <https://rscf.ru/project/24-26-20060>

20060, <https://rscf.ru/project/24-26-20060/>

Ключевые слова: МОЛОЧНАЯ ЗАКВАСКА, ПРОБИОТИК, БИФИДОБАКТЕРИИ, СУШКА, ИНФРАКРАСНЫЙ, УСТАНОВКА

Keywords: DAIRY STARTER CULTURE, PROBIOTIC, BIFIDOBACTERIA, DRYING, INFRARED

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-215-034>

Введение. Среди продуктов сельскохозяйственного производства наиболее важным и в значительной мере определяющим уровень развития животноводства можно выделить молоко. Кисломолочные продукты, как продукт первичной переработки сырого молока, много десятилетий подряд не теряют своей популярности как основа здорового питания детей и взрослых. Гарантированный ассортимент и достаточное количество ферментированных молочных продуктов на прилавках магазинов зависит от многих факторов, в том числе и от обеспеченности страны собственными молочными заквасками высокого качества. Однако анализ обеспеченности отрасли заквасками отечественного производства показал её высокую импортозависимость. В решение данного вопроса ключевую роль играют создание ресурсных фондов, способных обеспечивать отрасль качественными ферментными препаратами пролонгированных сроков годности, инновационные технологии хранения и глубокой переработки молока [1]. Регламентированный срок хранения сырья для производства функциональных продуктов питания – это не только показатель технологий переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, но и вектор их развития, продиктованный Доктриной продовольственной безопасности России. Принципиальная возможность определения состава и свойств сельскохозяйственного сырья, определяющих условия его переработки и хранения, путём измерения его физических свойств при наличии переменных усло-

вий, должна стать основой технологий получения сырьевых фондов производства функциональных и детских продуктов питания. Наличие объективных показателей состава и качества исходного сырья позволит не только интеллектуально управлять технологическими процессами переработки, получая продукт с заданным показателем качества, но и позволит создать научно обоснованную систему ценообразования, коммерциализации и товарообеспеченности рынка. Прогнозируемый рост цен на продукты глубокой переработки молока до 2030 года требует технологических решений, актуализированных новыми научными знаниями в области зоогигиенических и ветеринарных мероприятий, кормов и рационов кормления, параметров микроклимата и биотехнологий.

Молочная закваска — это особый вид термолабильного сырья, предназначенный для производства продуктов массового потребления, содержащего полезные живые микроорганизмы (лакто и бифидобактерии), определение состава и кислотности которых имеет весомое значение для промышленной переработки молока [2-5]. Так как это живые среды, то хранение молочных заквасок становится важнейшим из этапов технологических цепочек их производства, который регламентирован стандартами на HACCP, ISO 22000. Данная особенность делает технологию хранения и переработки заквасок весьма энергоемкой, и для создания конкурентоспособных методов и средств глубокой переработки молока необходимо решать комплекс задач.

В таблице 1 представлено сравнение промышленных условий хранения молочных заквасок.

Таблица 1 – Условия хранения на промышленных предприятиях

Наименование параметра	Структурно-технологическая форма молочной закваски		
	Жидкая	Сухая	Глубокозамороженная
Температура хранения	+2...+6°C	-18°C (длительный срок); +4°C (кратковременный срок)	-45...-55°C
Срок хранения	до 3 недель	до 24 месяцев	до 24 месяцев
Риск заражения	высокий	низкий	низкий
Активность	колеблющаяся	стабильная (требует активации)	высокостабильная (не требует активации)
Сложность транспортировки	средняя	низкая	высокая
Стоимость	низкая	средняя	высокая
Основное применение	малые производства (устаревший метод)	стандарт для большинства производств	высокотехнологические производства

Из анализа табличных данных следует, что наиболее предпочтительным для большинства производств молочной отрасли является сухая структурно-технологическая форма молочной закваски. Обосновано это полной стоимостью технологии, сохранением активности биологически активных сред на протяжении длительного срока хранения. Наиболее энергетически затратным и ответственным процессом производства сухой молочной закваски является процесс её сушки, поэтому выбор способа сушки молочных заквасок — это поиск баланса между биотехнологическими, экономическими и производственными показателями.

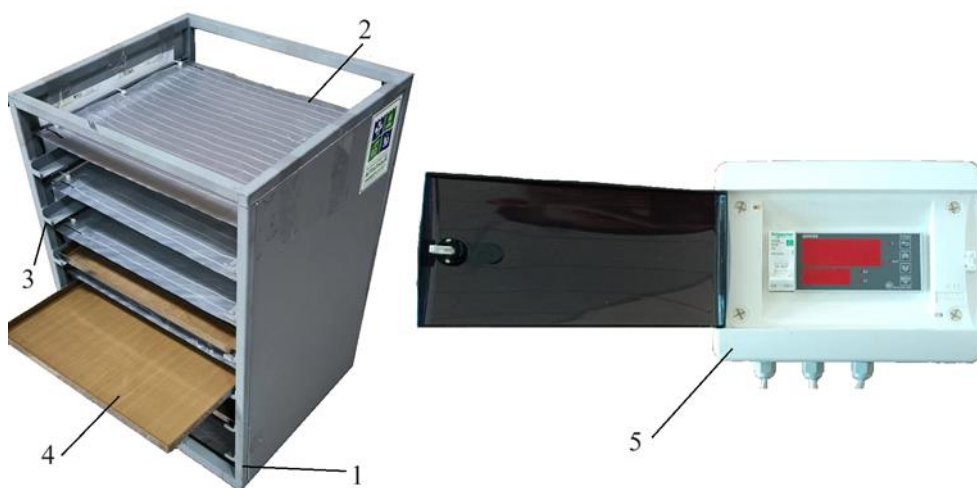
На сегодняшний день положительно зарекомендовали себя конвективные установки распылительного типа, установки в кипящем слое, а также вакуумно-сублимационные [5,6]. Параметр температуры напрямую влияет на жизнеспособность полезных бактерий, поэтому при разработке режимов сушки следует учитывать биотехнические ограничения нагрева непосредственно самой закваски (не более 40°C) [7,8].

Способ инфракрасной сушки пока менее распространённый способ обезвоживания биологически активных жидких и пастообразных сред. Долгое время разработку и внедрение данного способа сушки биологического сырья сдерживало отсутствие знаний об их спектральных свойствах в дальней области спектра и источников излучения, способных генериро-

вать достаточную для сушки плотность потока инфракрасного излучения на длинах волн, характеризующих холодное инфракрасное излучение. Однако, с появлением низкотемпературных генераторов инфракрасного излучения, способных селективно работать в паре «облучатель-приёмник» в дальней области спектра, данный способ стал перспективным для более глубоко и детального исследования.

В рамках выполнения грантового соглашения по теме «Исследование и разработка технологического решения получения сухих молочных заквасок методом холодной инфракрасной сушки» доказана эффективность разрабатываемой технологии холодной инфракрасной сушки молочных заквасок с применением пленочных электронагревателей. Согласно плану реализации проекта, на сегодняшний день:

1. Разработана установка камерно-лоткового типа и система адаптивного автоматического управления процессом сушки, учитывающие согласование спектральных характеристик молочнокислого сгустка с оптическими свойствами низкотемпературного плёночного электронагревателя (рисунок 1) [9,10]. Согласование спектрально-оптических характеристик проводилось с учетом основных материалов изготовления генераторов излучения, ограждающих конструкций, а также применения в качестве антипригарной подложки поддонов для размещения основного продукта сушки – политетрафторэтилена, коэффициент тепловой эмиссии ε которого при температуре ведения процесса сушки составляет 0,88.



1 – корпус установки; 2 – пленочный электронагреватель; 3 – салазки для размещения поддонов; 4 – поддоны для загрузки жидких материалов; 5 – блок управления/

Рис. 1. ИК-установка для сушки жидких материалов

2. Определены режимы сушки для нескольких видов молочных заквасок, на основе результатов исследования кинетики сушки, определения энергетических затрат в зависимости от толщины наливного слоя молочной закваски и концентрации излучения в нём [11].

3. Проведён органолептический анализ до и после сушки в соответствии с национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011. Для проведения анализа было привлечено 10 экспертов, которые оценивали базовые органолептические показатели исходного материала молочной закваски и материала, восстановленного из сухого состояния. Экспертной комиссией установлено – продукт после сушки сохраняет базовые органолептические показатели исходного материала. В процессе проведения анализа дополнительно установлено – достаточная плотность сгустка была достигнута через 8 часов без присутствия синерезиса, что исключает пороки консистенции.

4. Проведены микробиологические исследования образцов молочной закваски до сушки (образец 1) и восстановленный после сушки (образец 2). Результаты исследования показали, что содержание молочнокислых микроорганизмов идентично показателям исходного живого продукта.

Однако, из приведенного выше списка проведенных исследований остается неизвестным параметр срока хранения высушенной молочной закваски, способной отвечать требованиям ГОСТ 33491-2015 и ГОСТ 10444.11-2013 после восстановления в жидкое состояние термостатным способом.

Цель и задачи исследования. Установить сроки хранения молочных заквасок, высушенных в низкотемпературной инфракрасной установке камерно-лоточного типа.

Материалы и методы. Программа исследований предусматривает низкотемпературную ИК-сушку молочной закваски Первый Вкус Detox Меню классическая 1 % жирности производства АО «Группа Компаний «Российское Молоко» с содержанием молочнокислых микроорганизмов не менее $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г, а бифидобактерий – не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г в опытном образце сушильной установки (рисунок 1).

С периодичностью 6 месяцев были высушены три образца молочной закваски при одинаковых условиях и режимах сушки. Обеспечить аутентичность состава позволила разработанная система автоматического управления, основанная на регулировке режимов воздействия согласно оценке факторов состава по их электрическим свойствам. Доказано, что диэлектрическая проницаемость и электрическая проводимость молочных продуктов зависит от их кислотности и состава. При непрерывном контроле в камере сушильной установки влажности и температуры нагрева молочной закваски, влиянием которой пренебречь нельзя, появляется возможность определения частотного разделения влияния факторов.

На диэлектрическую проницаемость влияют качественные показатели молочного продукта: белки, жиры, лактоза, минеральные соли, кислотность, а также температура и частота, на которой производится измерение.

Следует отметить, что исследованиями установлено, что для избежание нарастания ошибки управления, температура должна быть выше температуры помещения цеха переработки и температуры тела коровы, то есть 38-40 °С.

Конечная влажность готового порошка составила 5-6%. Каждый высушенный образец упаковывался в пищевой металлизированный герметичный пакет и закладывался на хранение в холодильную камеру с контролем температуры +4 - +5 °С. Таким образом, для эксперимента по установке сроков хранения использовались три образца сухой молочной закваски (рисунок 2).



1 – образец молочной закваски 6 месяцев хранения; 2 – образец молочной закваски 12 месяцев хранения; 3 – образец молочной закваски 18 месяцев хранения

Рис. 2. Образцы сухой молочной закваски разных сроков хранения

Внешний вид образцов сухой молочной закваски разных сроков хранения отличается друг от друга. Из рисунка 2 следует, что образец №1 (6

месяцев) представляет собой однородный мелко дисперсионный порошок белого цвета. В образце №2 (12 месяцев) наблюдается наличие более крупной фракции желтого порошка (в соотношении 60/40 в пользу мелкой фракции порошка белого цвета). В образце №3 (18 месяцев) соотношение фракций белого порошка к желтому меняется и становится равным 40/60. Однако после восстановления высушенного порошка визуального различия между образцами не замечается (рисунок 3).



Рис. 3. Восстановленные образцы молочной закваски разных сроков хранения

В рамках данного исследования в качестве критерия для оценки срока хранения нами был выбрано количественное содержание бифидобактерий в исследуемых образцах. Так как бифидобактерии в целом являются мезофильными организмами, следовательно их оптимальный температурный режим соответствует уровню 37-41°C и превышение данного уровня приводит их к гибели, а с их гибелью продукт теряет свои пробиотические свойства, при этом он может сохранить свои вкусовые и питательные свойства, но никакой первостепенной ценности уже иметь не будет. Стоит отметить, что в процессе хранения в продукте так же происходит постепенное снижение их количества. Согласно ГОСТ 33491-2015 минимально допустимое значение содержания полезных бактерий должно соответствовать уровню не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Восстановление сухой молочной закваски до жидкого состояния регламентирует методика проведения лабораторных испытаний, из которой следует что для более точного количественного анализа по содержанию

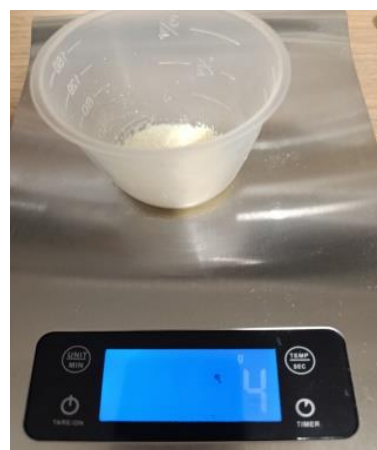
бифидобактерий необходимо исследовать жидкий материал, так как бактерии в этом случае будут распределены равномерно, в отличие от сухого состояния где клетки находятся в спящем режиме в виде «комочков» и высушенная масса считается неоднородной.

Восстановление рассматриваемых трех образцов осуществлялось с применением оборудования термостатирования. Длительность процесса сквашивания составила 8 часов. Для восстановления было использовано молоко жирностью 2,5% торговой марки «Первый вкус» от АО «ГК «РО-СМОЛ» (рисунок 4а) и сухие порошки молочных заквасок (рисунок 4б). Соотношение компонентов для приготовления термостатного кисломолочного продукта составляло: 1 литр молока/4 гр сухой закваски. Молочная смесь разливалась в специализированную тару, предназначенную для йогуртниц и мультиварок, из стекла объемом 200 мл. Баночки накрывались крышками из нержавеющей стали без уплотнения.

После 8 часов сквашивания при температуре 38-40°C, продукт всех трех образцов имел однородную консистенцию, плотную, в меру вязкую без отделения жидкости. Цвет молочно-белый. Запах характерный для йогуртов, без посторонних запахов.



а)



б)

Рис. 4. Ингредиенты получения кисломолочного продукта из сухой закваски термостатным способом

Далее испытуемые образцы с соответствующей маркировкой были переданы в испытательный лабораторный центра федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» г. Челябинск, где был получен Протокол лабораторных исследований, основные данные которого, приведены в таблице 2 [12].

Результаты и обсуждение. В таблице 2 приведены результаты лабораторных испытаний трех образцов молочной закваски с разными сроками хранения в сухом виде.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний по содержанию бифидобактерий в молочной закваске разного срока хранения в сухом виде [12]

№ образца	1	2	3
Наименование	молочная закваска	молочная закваска	молочная закваска
Дата поступления образца для лабораторных испытаний	01.10.2025 10:00	01.10.2025 10:00	01.10.2025 10:00
Дата начала лабораторных испытаний	01.10.2025 11:00	01.10.2025 11:00	01.10.2025 11:00
Дата выдачи результата испытаний	06.10.2025 19:10	06.10.2025 19:10	06.10.2025 19:10
Регистрационный номер пробы в журнале	12523	12524	12525
Микробиологические исследования			
Определяемые показатели	Бифидобактерии	Бифидобактерии	Бифидобактерии
Единицы измерений результата	КОЕ/см ³	КОЕ/см ³	КОЕ/см ³
Результаты испытаний	$1,0 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^8$
Величина допустимого уровня	не менее $1,0 \cdot 10^6$	не менее $1,0 \cdot 10^6$	не менее $1,0 \cdot 10^6$
НД и методы испытаний	ГОСТ 33491-2015	ГОСТ 33491-2015	ГОСТ 33491-2015
Оборудование, использованное при проведении испытаний			
Наименование, тип	Устройство термостатирующее, УТ-40	Устройство термостатирующее, УТ-40	Устройство термостатирующее, УТ-40
Заводской номер	44	44	44
Сведения о результатах проверки СИ и аттестации ИО	Протокол №А-3927 от 16.05.2025	Протокол №А-3927 от 16.05.2025	Протокол №А-3927 от 16.05.2025
Срок действия	1 год	1 год	1 год

Анализ табличных данных испытуемых восстановленных трех образцов молочной закваски показывает полную идентичность по содержанию бифидобактерий ($1,0 \cdot 10^8$ КОЕ/см³) начальному образцу, что полностью соответствует минимальному показателю государственного стандар-

та (не менее $1,0 \cdot 10^6$ КОЕ/см³). Таким образом, сушка молочной закваски в установке камерно-лоткового типа (рисунок 1), позволяет сохранить максимальное количество полезных живых микроорганизмов.

Заключение. Полученные результаты лабораторных исследований по показателю содержания молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий в образце сухой молочной закваски идентичны в сравнении с показателями исходного материала жидкой молочной закваски на основе бифидобактерий *B. Adolescentis*. Доказанная стабильность ферментационного порошка при хранении не менее 18 месяцев. Полученное высокое качество сквашивания доказывает, что многофакторный адаптивный контроль факторов состава, в том числе и измеренная и контролируемая кислотность сырья, позволили обеспечить выживаемость полезных бактерий в процессе низкотемпературной инфракрасной сушки и их стабильность в сухой закваске. Следует отметить, что через 330 минут термостатный продукт был полностью готов, сгусток плотный, без синерезиса, полностью повторяя процесс сквашивания с применением родительского сырья.

Литература

1. Хайруллина О. И. Современное состояние и перспективы развития молочной отрасли / О. И. Хайрулина // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т.15, №3. – С.1931-1946. – DOI 10.18334/err.15.3.122817.
2. Медведев А.В. Технология инфракрасной сушки биологических заквасок / А. В. Медведев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3(107). – С.173-178. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-107-3-173-178.
3. Медведев, А. В. Технология инфракрасной сушки жидких материалов / А. В. Медведев // Дальневосточный аграрный вестник. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 74-82. – DOI 10.22450/1999-6837-2024-18-1-74-82.
4. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н., Уразов С.И. Оценка изменения влажности молочной закваски при холодной инфракрасной сушке с использованием функции Гаусса // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(73). – С.162-167. – DOI 10.31563/1684-7628-2025-73-1-162-167.
5. Голубева Л.В., Титов С.А., Шахов С.В., Саранов И.А., Борзенкова М.А. Дегидратация белкового молочного продукта при ИК-конвективной сушке // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 4. – С. 78–83. – DOI 10.17586/1606-4313-2019-18-4-78-83.
6. Буянова И.В., Котлярова М.В. Технологические основы вакуумного концентрирования молочной сыворотки // Молочная промышленность. – 2017. – № 7. – С. 27–31.

7. Sibanda T, Marole TA, Thomashoff UL, Thantsha MS and Buys EM (2024) Bifidobacterium species viability in dairy-based probiotic foods: challenges and innovative approaches for accurate viability determination and monitoring of probiotic functionality. *Front. Microbiol.* 15:1327010. – doi: 10.3389/fmicb.2024.1327010
8. Varada V.V., Kumar S., Chhotaray S., Tyagi A.K. Host-specific probiotics feeding influence growth, gut microbiota, and fecal biomarkers in buffalo calves // *AMB Express.* – 2022. – Vol. 12, No. 1. – P. 1-18. – DOI 10.1186/s13568-022-01460-4.
9. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н., Медведев А.В. Эффективное аппаратное решение в области холодной сушки молочных заквасок // *АПК России.* – 2025. – Т.32, № 3. – С. 386-390. – DOI 10.55934/2587-8824-2025-32-3-386-390.
10. Afonkina, V. A. A prototype of a tray-type installation for milk starter drying // *BIO Web of Conferences.* – 2024. – Vol.139. – P.03001. – DOI 10.1051/bioconf/202413903001.
11. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н., Медведев А.В. Разработка технологии сушки жидких молочных заквасок с оценкой их органолептических свойств // *Аграрный научный журнал.* – 2025. – №10. – С.160-165. – DOI 10.28983/asj.y2025i10pp160-165.
12. Протокол лабораторных исследований (испытаний) №А-3927 от 16.05.2025 Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510597.

References

1. Hajrullina O. I. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija molochnoj ot-rasli / O. I. Hajrulina // *Jekonomika, predprinimatel'stvo i pravo.* – 2025. – Т.15, №3. – S.1931-1946. – DOI 10.18334/epp.15.3.122817.
2. Medvedev A.V. Tehnologija infrakrasnoj sushki biologicheskikh zakvasok / A. V. Medvedev // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2024. – № 3(107). – S.173-178. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-107-3-173-178.
3. Medvedev, A. V. Tehnologija infrakrasnoj sushki zhidkih materialov / A. V. Medvedev // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik.* – 2024. – Т. 18, № 1. – S. 74-82. – DOI 10.22450/1999-6837-2024-18-1-74-82.
4. Popov V.M., Afon'kina V.A., Levinskij V.N., Urazov S.I. Ocenka izmenenija vla-zhnosti molochnoj zakvaski pri holodnoj infrakrasnoj sushke s ispol'zovaniem funkcii Gaussa // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2025. – № 1(73). – S.162-167. – DOI 10.31563/1684-7628-2025-73-1-162-167.
5. Golubeva L.V., Titov S.A., Shahov S.V., Saranov I.A., Borzenkova M.A. Degid-ratacija belkovogo molochnogo produkta pri IK-konvektivnoj sushke // *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda.* – 2019. – № 4. – S. 78–83. – DOI 10.17586/1606-4313-2019-18-4-78-83.
6. Bujanova I.V., Kotljarova M.V. Tehnologicheskie osnovy vakuumnogo koncentri-rovanija molochnoj syvorotki // *Molochnaja promyshlennost'.* – 2017. – № 7. – S. 27–31.
7. Sibanda T, Marole TA, Thomashoff UL, Thantsha MS and Buys EM (2024) Bifidobacterium species viability in dairy-based probiotic foods: challenges and innovative ap-proaches for accurate viability determination and monitoring of probiotic functionality. *Front. Microbiol.* 15:1327010. – doi: 10.3389/fmicb.2024.1327010
8. Varada V.V., Kumar S., Chhotaray S., Tyagi A.K. Host-specific probiotics feeding influence growth, gut microbiota, and fecal biomarkers in buffalo calves // *AMB Express.* – 2022. – Vol. 12, No. 1. – P. 1-18. – DOI 10.1186/s13568-022-01460-4.

9. Popov V.M., Afon'kina V.A., Levinskij V.N., Medvedev A.V. Jeffectivnoe apparatnoe reshenie v oblasti holodnoj sushki molochnyh zakvasok // APK Rossii. – 2025. – Т.32, № 3. – S. 386-390. – DOI 10.55934/2587-8824-2025-32-3-386-390.
10. Afonkina, V. A. A prototype of a tray-type installation for milk starter drying // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol.139. – P.03001. – DOI 10.1051/bioconf/202413903001.
11. Popov V.M., Afon'kina V.A., Levinskij V.N., Medvedev A.V. Razrabotka tehnologii sushki zhidkih molochnyh zakvasok s ocenкой ih organolepticheskikh svojstv // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2025. – №10. – S.160-165. – DOI 10.28983/asj.y2025i10pp160-165.
12. Protokol laboratornyh issledovanij (ispytanij) №A-3927 ot 16.05.2025 Federal'noe bjudzhetnoe uchrezhdenie zdravoohraneniya «Centr gigeny i jepidemiologii v Cheljabinskoj oblasti» Attestat akkreditacii № ROSS RU.0001.510597.