

Новая технологическая концепция переработки молока и ее реализация на примере мягкого сыра*

Дмитрий Сергеевич Мамай, канд. техн. наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой агроинженерии

E-mail: dima-mamaj@yandex.ru

Сергей Петрович Бабеньшев, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры агроинженерии

Иван Алексеевич Евдокимов, д-р техн. наук, профессор, чл.-корр. РАН, заведующий базовой кафедрой технологии молока и молочных продуктов

Ангелина Валерьевна Мамай, канд. техн. наук, инженер кафедры пищевых технологий и инжиниринга

Дмитрий Сергеевич Хоха, канд. техн. наук, доцент кафедры агроинженерии

Вячеслав Александрович Лисицын, аспирант

Анастасия Сергеевна Калинина, магистрант

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Современное производство сыра связано с получением и последующей переработкой в пищевые продукты молочной сыворотки, содержащей компоненты дисперсной фазы с измененными нативными свойствами. Мембранное разделение такого молочного сырья осуществляется в промышленных масштабах, однако в полной мере подтвержденные данные о применении микрофльтрационного фракционирования молока в специализированных публикациях представлены ограничено или фрагментарно. Это и обуславливает актуальность выполненной экспериментальной работы. Цель исследования – разработка и экспериментальная апробация новой технологической концепции переработки молока, основанной на микрофльтрационном выделении из обезжиренного молока углеводно-минеральной фракции (нативной молочной сыворотки), на примере технологии мягких сыров. Добавлением получаемого ретентата с повышенным содержанием мицеллярного казеина в смесь для выработки мягкого сыра исправляется порок «несыропригодность» по сычужно-бродильной пробе исходного молока. В соответствии с разработанной концепцией выработаны образцы мягкого сыра из натурального молока 3-го класса. Показано, что по сравнению с действующей технологией производства данного вида сыра в соответствии с ГОСТ Р 53437-2009 предложенный подход позволяет: выделить до 40 % пермеата с высокомолекулярной полидисперсной фазой в нативном виде, тем самым сокращая выход традиционной молочной сыворотки уже на первом этапе выработки сырной продукции; варьировать содержание казеина в смеси для выработки мягкого сыра из молока 3 класса (по сычужно-бродильной пробе) путем добавления в него микрофльтрационного ретентата; получить готовый сырный продукт с общей органолептической оценкой, соответствующей оценке традиционного образца сыра из розничной торговой сети.

Ключевые слова: микрофльтрационный ретентат, натуральное молоко, сыропригодность, мягкие сыры, коровы, порода

Для цитирования: Новая технологическая концепция переработки молока и ее реализация на примере мягкого сыра / Д. С. Мамай, С. П. Бабеньшев, И. А. Евдокимов [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 1. С. 47–53.

Введение

Мировое производство молока по состоянию на 2024 г. превышает 900 млн т. В результате выработки творожных и сырных продуктов образуется около 85 % отхода – молочной сыворотки, содержащей до 50 % сухих веществ (примерно 20 % общего количества белков исходного молока), а также лактозу, органические кислоты, витамины группы В, минеральный комплекс и пр. [1, 2]. В работах [3–5] рассматриваются радикальные решения проблемы сокращения отходов молочной промышленности, в т. ч. и на основе применения прецизионной ферментации. Однако уникальные свойства, которые есть только у натуральных молочных продуктов, например мягких сыров, воспроизвести пока не удается [6, 7]. Поэтому на сегодняшний день перспективным представляется дальнейшее расширение применения

мембранных процессов для переработки молока, что подтверждено их эффективностью при промышленном производстве, прежде всего, белковых концентратов из традиционной молочной сыворотки [8, 9]. Но в то же время в полной мере экспериментально подтвержденные данные о применении микрофльтрационного фракционирования молока в специализированных публикациях представлены ограничено или фрагментарно [10]. Таким образом, поиск путей эффективной переработки молока на основе процесса его микрофльтрации является актуальной научно-практической проблемой.

Научная гипотеза: образование большей части традиционной молочной сыворотки можно предотвратить на начальном этапе переработки молока в сырную и творожную продукцию.

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 24-26-20084, <https://rscf.ru/project/24-26-20084/>

Цель исследования – разработка и экспериментальная апробация новой технологической концепции переработки молока, основанной на микрофльтрационном выделении из обезжиренного молока углеводно-минеральной фракции (нативной молочной сыворотки), на примере технологии мягких сыров.

Для достижения цели поставлены и выполнены следующие задачи:

- разработать технологическую схему микрофльтрационного разделения обезжиренного молока с получением МФ-ретентата и нативной молочной сыворотки;
- в лабораторных условиях реализовать и оценить эффективность применения МФ-ретентата при производстве мягких сыров из молока 3-го класса по сычужно-бродильной пробе.

Объекты и методы исследования

Экспериментальная работа в лабораторных условиях выполнена в следующей последовательности:

- приемка партии сырого молока в соответствии с ГОСТ 26809.1-2014 от поставщиков Ставропольского края;
- пастеризация при 65 ± 2 °С (выдержка до 20 мин), охлаждение до температуры 30–35 °С в пастеризаторе, входящем в комплект сыроварни Tremas Taiga;
- выделение молочного жира из части принятой партии молока на сепараторе-сливоотделителе ИРИД-50-12 в паспортном режиме его работы;
- определение массовой доли белка в пробе исходного молока по методу Кьельдаля с использованием анализатора белка VELP UDK 149;
- проверка молочного сырья по редуцтазной и сычужно-бродильной пробам ГОСТ 32901-2014;
- микрофльтрация части обезжиренного молока при факторе концентрирования 3–3,7 на установке Spectrum Labs KrosFlo Research II TFF System с аппаратом кассетного типа Novaset-LS-LHV SS316, оснащенным мембраной «Владисарт» с показателем среднего условного диаметра пор 0,1 мкм; рабочее давление (ΔP) 0,15–0,25 МПа, скорость циркуляции разделяемой системы (V) 100–140 мл/мин, температура процесса разделения (t) 20–25 °С (единицы измерения приведены по шкалам установки);
- подготовка смеси из цельного молока и МФ-ретентата обезжиренного молока к выработке сыра на основе базовых положений технологии (ГОСТ Р 53437-2009);
- определение соотношений массовых долей казеина и сывороточных белков в подготов-



ленной смеси (метод Кьельдаля, использование анализатора белка VELP UDK 149), проверка ее по сычужно-бродильной пробе;

- выработка сыра в соответствии с базовыми положениями технологии (ГОСТ Р 53437-2009);
- оценка органолептических показателей (ГОСТ Р ИСО 22935-1-2011) образцов сыра.

При выполнении экспериментальной работы использованы стандартные методы определения физико-химических показателей сырья и продуктов его микрофльтрационного разделения, обработка данных выполнялась с использованием приложения Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Предпосылки формулировки новой технологической концепции переработки молока:

- Натуральное молоко, поступающее на молзаводы, представляет собой природную сбалансированную систему без пороков в своем составе или физико-химических свойствах;
- В результате производства целевых продуктов (сыр и творог) образуется молочная сыворотка, содержащая компоненты молока, которую следует считать полноценным пищевым сырьем;
- Создание новых технологий переработки молока на основе организации замкнутого

цикла производства высококачественной готовой пищевой продукции полностью соответствует целям R2, R3 и R6, поставленным в документе Генассамблеи ООН «Преобразование мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»¹.

В основу новой технологической концепции переработки молока положены три из пяти принципов экономики замкнутого цикла управления отходами, в молоко-перерабатывающем производстве:

- направленное и управляемое воздействие на биотехнологическую систему, последовательно проходящую предварительную, а затем окончательную обработку на стандартизованном технологическом, в том числе и мембранном, оборудовании;
- сокращение отходов, эффективное использование компонентов натурального молока;
- формирование и направленное развитие спроса на выработанную продукцию.

Основной постулат новой технологической концепции переработки молока: молочное сырье перед его переработкой, основанной на глубоком мембранном фракционировании, должно иметь физико-химические характеристики в заданных диапазонах, что обусловлено:

- использованием стандартного оборудования и мембран (со стандартными показателями проницаемости по пермеату, а также селективности по белковым фракциям);
- исключением пуско-наладочных работ, направленных на эмпирический подбор режимов эксплуатации мембранного оборудования в зависимости от физико-химических показателей используемого молочного сырья и рабочих характеристик мембран.

Принципиальное отличие новой технологической концепции переработки молока от принятой в настоящее время заключается в следующем: образование большей части традиционной молочной сыворотки предотвращается на первом этапе переработки молока, а уже после этого проводится очистка меньшей. Это достигается применением микрофльтрации обезжиренного молока для выделения из него пермеата (нативной молочной сыворотки).

Проанализированы физико-химические показатели молока коров пород, наиболее распространенных в хозяйствах Ставропольского края, поступавшего от одних и тех же поставщиков (ООО «Чапаевское», ООО «Агроальянс-инвест», ООО «Новоурожайное», СПК племзавод-колхоз «Кубань» ЛПХ А. С. Жиленко) и подвергнувшегося предварительной обработке по ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Установлено, что образцы молока от коров разных пород отличаются по своим физико-химическим характеристикам (табл. 1).

Перед экспериментальной выработкой образцов мягкого сыра на основе базовых положений технологии сыра ГОСТ Р 53437-2009 оценку сыропригодности исходного молока (1–3 класса по редуказной пробе) коров разных пород проводили путем анализа данных по его сычужно-бродильной пробе. Образцы молока от коров разных пород также отличаются по результатам сычужно-бродильной пробы (табл. 2).

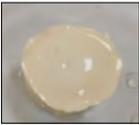
Установлено, что результаты выработки сыра коррелируют с классом образцов молока по сычужно-бродильной пробе. Это можно объяснить различиями в показателях «белок, %» и «казеин, %» сырья от коров различных пород [11]. На этом основании

Таблица 1. Физико-химические показатели исходного сырья

Порода коровы	Показатели					
	Кислотность, °Т	СОМО, %	Белок, %	Жир, %	Казеин, %	Казеин в общем белке, %
Ярославская	18,0 ± 0,5	8,52 ± 0,02	2,8 ± 0,01	3,8 ± 0,1	2,37 ± 0,01	85
Голштинская	18,0 ± 0,5	9,06 ± 0,02	3,47 ± 0,01	2,8 ± 0,1	2,87 ± 0,01	83
Красная степная	17,0 ± 0,5	9,01 ± 0,02	3,37 ± 0,01	4,4 ± 0,1	2,71 ± 0,01	81
Черно-пестрая	17,0 ± 0,5	8,5 ± 0,02	3,11 ± 0,01	4,3 ± 0,1	2,51 ± 0,01	80

¹Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017, Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development [Электронный ресурс]. URL: https://ggim.un.org/documents/a_res_71_313.pdf (дата обращения: 18.10.2025).

Таблица 2. Сычужно-бродильная проба молока от разных пород коров

Порода коровы	Проба	Характеристика сгустка по ГОСТ Р 53430-2009	Класс молока
Ярославская		Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе, плавает в прозрачной сыворотке	1-2
Голштинская		Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе, плавает в прозрачной сыворотке	1-2
Красная степная		Сгусток мягкий на ощупь, с единичными глазками, разорван, не вспучен. В отдельных случаях сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе	2-3
Черно-пестрая		Сгусток мягкий на ощупь, с единичными глазками (до 10), разорван, не вспучен. В отдельных случаях сгусток губчатый, мягкий на ощупь с многочисленными глазками на продольном разрезе	2-3

выдвинута рабочая гипотеза о практической возможности исправлять порок «несыропригодность» молока (по сычужно-бродильной пробе) путем добавления в него МФ-ретената ОМ, что согласуется с рекомендациями ИТС 45-2024 «Производство молока и молочной продукции».

Анализ результатов экспериментальных данных, полученных при выработке МФ-ретената из обезжиренного молока, показал, что проницаемость по пермеату (G) мембраны «Владисарт» (условный диаметр пор = 0,1 мкм) при заданных параметрах ΔP (МПа), V (мл/мин) и t (°C) может быть описана уравнением вида $G = f(t)$. Изменение ΔP и V при t от 10 до 25 °C сопровождается вариабельностью значения K (отношение массовой доли казеина и сывороточных белков) в МФ-ретенате (табл. 3) и изменением показателя G мембраны (рис. 1).

В соответствии с гипотезой повышения сыропригодности (по сычужно-бродильной пробе) исходного сырья путем обогащения его казеиновой фракцией определены показатели массовой доли казеина и сывороточных белков в истинном белке МФ-ретената (фактор концентрирования < 2), полученного из обезжиренного молока коров пород, наиболее распространенных в Ставропольском крае (табл. 3).

Из результата анализа данных таблицы 3 следует, что в условиях Ставропольского края наиме-

Таблица 3. Массовые доли казеина и сывороточных белков в истинном белке МФ-ретената обезжиренного молока 3 класса по сычужно-бродильной пробе (мембрана «Владисарт» с условным диаметром пор = 0,1 мкм)

МФ-ретенат молока пород коров	Массовая доля в истинном белке, %		K
	Казеина	Сывороточного белка	
Ярославская	92,0 ± 0,1	8,0 ± 0,1	11,5
Голштинская	91,0 ± 0,1	9,0 ± 0,1	10,1
Красная степная	90,0 ± 0,1	10,0 ± 0,1	9,0
Черно-пестрая	87,0 ± 0,1	13,0 ± 0,1	6,7

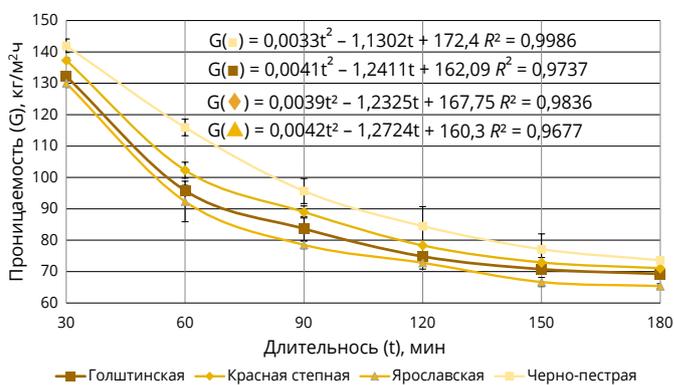


Рисунок 1. Зависимость проницаемости мембраны «Владисарт» (условный диаметр пор = 0,1 мкм) от длительности процесса микрофльтрации обезжиренного молока 3 класса по сычужно-бродильной пробе (ΔP = 0,15 ± 0,01 МПа, W = 110 ± 5 мл/мин, t = 25 ± 0,1 °C)



Источник изображения: freerik.com

нее сыропригодно молоко коров черно-пестрой породы. В сравнении с этим сырьем более сыропригодным представляется молоко коров красной степной породы, что и обусловило его выбор для проведения экспериментальных выработок сыра по технологии ГОСТ Р 53437-2009. Основные физико-химические показатели МФ-ретентата обезжиренного молока 1–3 классов по сычужной пробе от коров красной степной породы.

Сравнение основных физико-химических показателей МФ-ретентатов, полученных из обезжиренного молока 3 классов (по сычужно-бродительной пробе) показало, что основное их различие заключается в массовых долях казеина в истинном белке (табл. 4, 5), что может быть компенсировано повышением значения фактора концентрирования процесса микрофльтрации.

Варьирование показателя фактора концентрирования в диапазоне от 3 до 3,7 было обусловлено необходимостью повышения доли казеина в истинном белке до значений близких к этой характеристике МФ-ретентата молока 1 класса. Количество МФ-ретентата, полученного из обезжиренного молока 3 класса, рассчитывали исходя из анализа результатов ее сычужно-бродительной пробы. Необходимое количество (20–40 %) добавляли в смесь для выработки мягкого сыра в соответствии с базовыми положениями технологии (ГОСТ Р 53437-2009).

Таблица 4. Основные физико-химические показатели МФ-ретентата (фактор концентрирования < 2) обезжиренного молока коров красной степной породы

Класс молока	Сычужно-бродительная проба	Истинный белок, %	Массовая доля в истинном белке, %	
			Казеина	Сывороточного белка
1	Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе	3,0–3,4	89–90	11–10
2	Сгусток мягкий на ощупь, с единичными (1–10) глазками	2,8–3,2	88–89	12–11
3	Сгусток с многочисленными глазками, губчатый, мягкий на ощупь	2,8–3,0	87–88	13–12

Примечание: $p = 0,95$.

Таблица 5. Физико-химические показатели МФ-ретентатов обезжиренного молока

МФ-ретентат обезжиренного молока	Сычужно-бродительная проба	Истинный белок, %	Казеин в истинном белке, %	Сывороточный белок в истинном белке, %
1 класса (ФК = 3)	Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе	7,5–7,6	88–90	12–10
2 класса (ФК = 3,5)	Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе	7,7–7,8	86–88	14–12
3 класса (ФК = 3,7)	Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе	7,9–8,1	87–89	13–11

Примечание: $p = 0,95$; ФК – фактор концентрирования.



Рисунок 2. Свежий опытный образец мягкого сыра, выработанного на основе ГОСТ Р 53437-2009 из смеси обезжиренного молока 3 класса и его МФ-ретендата в количестве 30 % (фактор концентрирования > 2)

Анализ результатов (рис. 2, табл. 6) выработки мягкого сыра показал, что:

- для исправления порока «несыропригодность» молока 3 класса (по сычужно-бродильной пробе) от коров красной степной породы можно использовать его МФ-ретендат обезжиренного молока;
- общая органолептическая оценка образцов мягкого сыра, выработанного по технологии ГОСТ Р 53437-2009, соответствует товарному продукту из розничной торговой сети.

Выводы

Следование принятой в настоящее время технологии производства сырной и творожной продукции, предусматривающей получение и переработку только традиционной молочной сыворотки, достигло качественного предела, требуется дальнейшая разработка новой технологической концепции переработки молока. основополагающим постулатом, принципиально отличающим новую технологическую концепцию переработки

Таблица 6. Содержание белка в смесях из обезжиренного молока 3 класса по сычужно-бродильной пробе и его МФ-ретендата (фактор концентрирования < 2), качественные показатели готового продукта, выработанного из данных смесей

Количество МФ-ретендата в образцах, %	Истинный белок, %	Казеин в истинном белке, %	Сывороточный белок в истинном белке, %	Итоговая органолептическая оценка (по ГОСТ Р ИСО 22935-1-2011) образцов готового продукта, балл			
				Цвет	Запах	Вкус	Общая оценка
20	3,2–3,3	83–84	16–17	5,00	4,90	4,80	4,90
30	3,5–3,6	84–85	15–16	5,00	4,90	4,90	4,93
40	4,0–4,1	85–86	14–15	5,00	5,00	4,90	4,97
0 (Контрольный образец)	Товарный продукт – сыр, ГОСТ Р 53437-2009			5,00	5,00	4,90	4,97

Примечание: $r = 0,95$.

молока от существующей, является следующее: образование большей части традиционной молочной сыворотки предотвращается на первом этапе переработки молока путем его микрофильтрационного разделения, после этого проводится очистка меньшей, образующейся в результате производства целевых продуктов.

В соответствии с новой технологической концепцией переработки молока в лабораторных условиях апробирована технология производства мягких сыров в соответствии с базовыми



положениями ГОСТ Р 53437-2009 из натурального молока 3 класса по сычужно-броидильной пробе. Реализация технологии, в сравнении с применяемым в настоящее время способом выработки такого вида сыра, позволяет:

- путем микрофльтрации обезжиренного молока получить до 40 % пермеата с высокомолекулярной полидисперсной фазой в нативном виде, тем самым сократив выход традиционной молочной сыворотки уже на первом этапе выработки сырной продукции;

- добавлением в смесь для выработки мягкого сыра по технологии ГОСТ Р 53437-2009 (20–40 %) МФ-ретентата с повышенным содержанием мицеллярного казеина исправлять порок «несыропригодность» исходного сырья (по сычужно-броидильной пробе);
- получить готовый продукт, сопоставимый по органолептическим характеристикам с традиционным образцом сыра, выработанным по технологии ГОСТ Р 53437-2009. ■

Поступила в редакцию: 18.11.2025

Принята в печать: 12.02.2026

New Technology for Milk Processing in Soft Cheese Production

Dmitriy S. Mamay, Sergey P. Babenyshev, Angelina V. Mamay, Ivan A. Evdokimov, Dmitry S. Khokha, Vyacheslav A. Lisitsyn, Anastasia S. Kalinina

North-Caucasus Federal University, Stavropol

The cheese industry yields a lot of whey as byproduct. Whey contains dispersed phase components with modified native properties, which means it can be used in functional food formulations. Despite being a popular industrial process, membrane separation of whey lacks reliable information on the fractionation processes. This article introduces a new milk processing technology based on microfiltration separation of carbohydrate–mineral fraction (native whey) from skim milk during soft cheese production. The retentate with high micellar casein content made the cheese mix more efficient, as determined by the rennet-fermentation test of the original grade three milk. Compared to the conventional technology (State Standard GOST R 53437-2009), the new approach made it possible to recover up to 40% of permeate with a high-molecular polydisperse phase in its native form, thereby reducing the whey yield already at the first stage. The casein content in the soft cheese mix could be varied by adding different shares of microfiltration retentate. The finished cheese product had the sensory profile of commercial cheese.

Keywords: natural milk, cheese milk, soft cheese, cow breeds, Stavropol region, microfiltration retentate.

Список литературы

1. Hill, J. Science, technology, and innovation in the dairy sector / J. Hill // International Journal of Food Science & Technology. 2024. Vol. 59(9). P. 6717–6723. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17385>
2. Carter, B. G. Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk / B. G. Carter [et al.] // Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 104(3). P. 2465–2479. DOI 10.3168/jds.2020-18811.
3. Eisner, M. D. Milk without animals—a dairy science perspective. International Dairy Journal. 2024. Vol. 156. Art. no. 105978. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105978>
4. Yart, L. Cellular agriculture for milk bioactive production / L. Yart [et al.] // Nature Reviews Bioengineering. 2023. Vol. 1(11). P. 858–874. <https://doi.org/10.1038/s44222-023-00112-x>
5. Yamaner, C. Chapter 3: precision cell agriculture and precision fermentation scope and importance of agricultural studies / C. Yamaner // Scope and Importance of Agricultural Studies. Ed. by M. F. Baran, R. Gezer. – Ankara: IKSAD Publishing House, 2023. – P. 31–61.
6. Hettinga, K. Can recombinant milk proteins replace those produced by animals? / K. Hettinga, E. Bijl // Current Opinion in Biotechnology. 2022. Vol. 75. Art. no. 102690. <https://doi.org/10.1016/j.cop-bio.2022.102690>
7. Antuma, L. J. Engineering artificial casein micelles for future food: Is casein phosphorylation necessary? / L. J. Antuma [et al.] // Food Research International. 2023. Vol. 173. Art. no. 113315 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113315>
8. Mamay, D. S. Microfiltration Processing of Raw Materials for the Fermented Milk Product Making / D. S. Mamay [et al.] // Intelligent Biotechnologies of Natural and Synthetic Biologically Active Substances. Vol. 408. – Cham: Springer, Cham, 2022. – P. 10–17. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96641-6_2
9. Bley, S. J. Sustainable Development in the European Union – 2020 / S. J. Bley [et al.]. – Publications Office of the European Union, 2020. – 366 p. <https://doi.org/10.2785/555257>
10. Мамай, Д. С. Методология решения проблемы очистки стоков молокоперерабатывающих предприятий / Д. С. Мамай [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 1(91). С. 214–221. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-214-221>; <https://elibrary.ru/qxqeax>
11. Савельев, А. А. Порода скота и сыропригодность молока / А. А. Савельев, Т. А. Савельева // Сыроделие и маслоделие. 2004. № 6. С. 10–12. <https://elibrary.ru/rlnooof>

**МОЛОЧНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

**Подписка
на журнал**

podpiska.kemsu@mail.ru

