



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 637.38

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.016



РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМИТАЦИОННОГО СЫРА

Олеся Игоревна Калугина ¹, Анастасия Сергеевна Потанина ²,
Марина Геннадьевна Курбанова ³, Роман Владимирович Крюк ⁴

^{1, 3, 4} Кемеровский государственный институт, г. Кемерово, Россия

² Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия

¹ kasynchik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7538-9642>

² anastasiya_potanina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1324-7972>

³ kurbanova-mg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0563-1007>

⁴ roman.kryuk.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

Аннотация. По традиционным технологиям выработку сыра производят из коровьего, или козьего молока-сырья, а также их смесей. Для этого сырье должно быть соответствующего качества. Кроме этого, большой интерес к сыру возникает у рынка HoReCa, в связи с чем производство имитационного сыра не по традиционной технологии становится актуальным. В статье представлены исследования по изготовлению имитационного сыра не из молочного сырья, а из соотношения сухих молочно-белковых концентратов, гуаровой камеди, кокосового масла. Кроме этого, в рецептуру имитационного сыра входят вспомогательные компоненты, которые остаются неизменны в количественном соотношении, но положительно влияющие на реологические характеристики. Имитационный сыр изготавливался методом смешения компонентов. Каждый образец был изготовлен массой 100 ± 5 г. Полученные образцы исследовались на адгезию и релаксацию. Результаты показали, что оптимальное содержание гуаровой камеди должно составлять 0,3 % от объема образца, содержание сухой сыворотки – 3 %, а казеината натрия – 21 %. Содержание воды не менялось и составляло 50 %.

Ключевые слова: казеинат натрия, гуаровая камедь, сухая сыворотка, лимонная кислота, физико-химические свойства, реологические характеристики, кокосовое масло.

Для цитирования: Реологические характеристики имитационного сыра / О. И. Калугина [и др.] // Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 124–130. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.016. EDN: <https://elibrary.ru/BOTEXK>.

Original article

RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF IMITATION CHEESE

Olesya I. Kalugina ¹, Anastasia S. Potanina ²,
Marina G. Kurbanova ³, Roman V. Kryuk ⁴

^{1, 3, 4} Kemerovo State Institute, Kemerovo, Russia

² Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia

¹ kasynchik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7538-9642>

² anastasiya_potanina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1324-7972>

³ kurbanova-mg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0563-1007>

⁴ roman.kryuk.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

Abstract. According to traditional technologies, cheese production is made from cow's or goat's milk-raw materials, as well as their mixtures. To do this, the raw materials must be of appropriate quality. In addition, the HoReCa market has a great interest in cheese, and therefore, the production of imitation cheese not using traditional technology becomes relevant. The article presents research on the production of imitation cheese not from dairy raw materials, but from the ratio of dry milk-protein

© Калугина О. И., Потанина А. С., Курбанова М. Г., Крюк Р. В., 2023

concentrates, guar gum, coconut oil. In addition, the formulation of imitation cheese includes auxiliary components that remain unchanged in quantitative ratio, but have a positive effect on rheological characteristics. The imitation cheese was made by mixing the components. Each sample was made with a mass of 100±5 g. The obtained samples were examined for adhesion and relaxation. The results showed that the optimal content of guar gum should be 0.3% of the sample volume, the content of dry whey – 3%, and sodium caseinate – 21%. The water content did not change and was 50%.

Keywords: sodium caseinate, guar gum, whey powder, citric acid, physico-chemical properties, rheological characteristics, coconut oil.

For citation: Kalugina, O. I., Potanina, A. S., Kurbanova, M. G. & Kryuk, R. V. (2023). Rheological characteristics of imitation cheese. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 124-130. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.016. EDN: <https://elibrary.ru/BOTEXK>.

ВВЕДЕНИЕ

По традиционной технологии для производства сыра используют молоко, полученное от разных сельскохозяйственных животных, но чаще всего это коровье молоко. К нему предъявляют особые требования как по химическому составу, так и по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и технологическим свойствам. Все это в совокупности относится к сыропригодности. Важно учитывать не только качество молока, но и его количество, требующееся на производство. Так, от выработки сыров остается 75–80 % подсырной сыворотки, которую не все предприятия способны полностью переработать, и большую ее часть отправляют в канализацию.

Если рассмотреть затраты сырья на производство сыра в денежном эквиваленте, то можно наблюдать следующую картину: из 1000 л. цельного молока, стоимость которого составляет 30000 руб. (при цене 30 руб. за 1 л.), на стоимость сыворотки приходится около 22000 руб. Для предприятий средней и малой мощности, где нет возможности переработать сыворотку в высокомаржинальный продукт, это очень большие затраты [6].

С другой стороны, сыр как самостоятельный продукт или ингредиент для приготовления блюд имеет большой спрос у потребителя и у предприятий общественного питания. На сегодняшний день рынок общественного питания все больше расширяет свои горизонты, удивляя потребителя обширным ассортиментом готовых блюд, в том числе с применением различных сыров. Учитывая тот фактор, что для приготовления блюд необходимо, чтобы сыр обладал определенными свойствами, например, такими как способностью к плавлению, или, наоборот, держать форму при жарке и т.д. Предприятиям, оказывающим услуги питания, необходима бесперебойная поставка ингредиентов для производства готовых блюд, имеющая стабильный состав и стоимость.

Учитывая вышеизложенные факторы, многие предприятия общественного питания, при возможности, на своих площадях уста-

навливают небольшие универсальные сыродельные ванны, в которых изготавливают сыр для своих нужд. Однако, как показывает практика, они испытывают ряд трудностей. Это, в первую очередь, проблемы с приобретением молока-сырья в небольших объемах, его составом и качеством, которые зависят от многих зоотехнических факторов. Во-вторых, не стабильный физико-химический состав и органолептические характеристики готового продукта и большой объем оставшейся подсырной сыворотки. Если учесть, что закупочная цена молока для таких предприятий выше 30 руб. за 1 л. практически в 2 раза, то рассмотреть возможность безотходного производства имитационного сыра с заданными свойствами и характеристиками, не используя при этом молоко-сырье, становится актуальным. На сегодняшний день в научных статьях и в разговорной речи все чаще встречается словосочетание «сыр аналоговый / имитационный» – это продукт, полученный обычно из смеси воды с жирами и / или белковыми концентратами и / или пищевыми добавками.

В связи с этим открывается перспектива в разработке рецептур и технологии имитационного сыра или полуфабриката для его производства [1, 2], которые позволят получить не только продукт с желаемыми свойствами, но и сократить технологический процесс производства. Также создание подобного продукта позволит обойти проблемы, связанные с утилизацией сыворотки, качеством и непостоянством состава молока-сырья и т.п., указанными выше.

На кафедре технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО Кемеровского государственного университета разработаны композиции для создания рецептур имитационного сыра, обладающего характеристиками, близкими к сыру типа *Pasta Filata*. На данном этапе очень важно не только подобрать композиции, но и изучить их свойства, в т.ч. реологические.

В дальнейшем данная технология может получить промышленное применение в области производства сухих полуфабрикатов для выработки имитационного сыра [4].

Цель работы – исследовать реологические свойства композиционных смесей, входящих в рецептуры для имитационного сыра с заданными характеристиками.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- подбор компонентов для создания композиций, входящих в рецептуру имитационного сыра;
- исследование влияния количественного изменения композиционных компонентов, входящих в рецептуры имитационного сыра на их реологические характеристики.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали: казеинат натрия (массовая доля белка 80 %), сухую молочную сыворотку (массовая доля белка 35 %) (ООО «Таргис молоко», г. Вязьма), кокосовое масло (АО «НМЖК», г. Нижний Новгород), глюконо-дельта-лактон (ГДЛ), лимонную кислоту и гуаровую камедь (ГК), хлорид кальция ($CaCl_2$) (ООО «Стоинг», г. Москва).

Смешивание компонентов проводили в следующей последовательности:

- на 1 этапе готовили жировую эмульсию, состоящую из кокосового масла и воды в соотношении (г) 14:20 при температуре 45 °С прямым способом в присутствии эмульгатора, глюконо-дельта-лактона;
- на 2 этапе смешивали постоянные компоненты, входящие в рецептуру (таблица 1) хлорид кальция, сорбат калия и лимонную кислоту с водой в соотношении (г) 1,3:0,2:0,5:10 соответственно;
- на 3 этапе, варьируя соотношение компонентов молочно-белковых концентратов (МБК) в виде казеината натрия и сухой сыворотки в присутствии гуаровой камеди, готовили белковую составляющую для имитационного сыра.

В исследуемых образцах имитационного сыра определяли реологические характеристики на структуромере СТ-2 при температуре 20 °С.

Таблица 1 – Рецептура экспериментальных образцов имитационного сыра, г

Table 1 – Formulation of experimental samples of imitation cheese, g

№ образца	Соотношение МБК		ГК	Кокосовое масло	ГДЛ	Хлорид кальция	Сорбат калия	Лимонная кислота
	казеинат натрия	сухая сыворотка						
1	24,5	0,0	0,0	14,0	0,5	1,3	0,2	0,5
2	24,2	0,0	0,3					
3	23,9	0,0	0,6					
4	23,0	1,5	0,0					
5	22,7	1,5	0,3					
6	22,4	1,5	0,6					
7	21,5	3,0	0,0					
8	21,2	3,0	0,3					
9	20,9	3,0	0,6					

В ходе проведения исследования использовались следующие методики: твердость сыра, оценка глубины релаксации и адгезионные свойства. Образцы высотой 20 мм и диаметром 60 мм погружали в пустую емкость, которую устанавливали на столик структуромера. Далее происходило автоматическое погружение насадки-индикатора. Управление прибором осуществлялось с помощью персонального компьютера.

Все измерения проводились в трехкратной повторности, каждый образец имитационного сыра составлял 100 ± 5 г.

Исследования проводились в Центре коллективного пользования «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» и в лабораториях кафедры технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кемеровского государственного университета».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Известно, что сыр и имитационный сыр относится к группе высокобелковых молочных продуктов. В классическом варианте сыры типа Pasta Filata содержат 53 % влаги и 47 % сухих веществ. В свою очередь, в сухом веществе сыра на содержание жира приходится 40–45 %, белка – 60–55 % [3]. Учитывая состав сыра, для разработки рецептуры имитационного сыра подбирали ингредиенты как в количественном соотношении, так и в качественном, чтобы готовый продукт по своему химическому составу был близок к традиционному виду сыра, а также соответствовал по физико-химическим свойствам. Таким образом, в результате проведения многократных экспериментов и проведенных расчетов остановились на ингредиентах, входящих в рецептуру имитационного сыра, представленных в таблице 1. По составу каждая экспериментальная модель имитационного сыра состояла из 50 ± 2 г сухих веществ и 50 ± 3 г воды.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМИТАЦИОННОГО СЫРА

Было изготовлено 9 образцов имитационного сыра, в которых количественно варьировались компоненты их белковой составляющей и гуаровой камеди. Белковую составляющую имитационного сыра смешивали с водой, оставляли для набухания при комнатной температуре 22 °С на 1 час. Далее вносили подготовленные, как описано выше, остальные ингредиенты, входящие в рецептуру, и подвергали полученные композиции диспергированию на лабораторном смесителе со скоростью 50 об./мин. при температуре 50 °С в течение 15 минут до получения однородной массы. В процессе проведения ряда экспериментов температуру композиции повышали в ходе её диспергирования на 5 °С с интервалом 3 минуты для лучшей стабилизации вязкости белково-жировой композиции. Конечная температура готовой смеси для имитационного сыра составила 75 °С. При этом смесь представляла собой тягучую однородную массу белого цвета со слегка кремовым оттенком, обладала приятным молочным запахом и нейтральным вкусом. В ходе отработки рецептур для улучшения сенсорных свойств было принято решение в дальнейшем применять стартерные культуры, используемые в производстве сыров либо увеличивать дозу регулятора кислотности

(лимонной кислоты). Готовая масса помещалась в перфорированные формы для сыров, охлаждалась до температуры 25 °С и отправлялась в холодильную камеру на охлаждение до температуры 12–14 °С. Через 12 часов смотрели на общее состояние головок имитационного сыра и отбирали образцы для определения реологических свойств – твердости продукта после его хранения (рисунок 1). Твердость продукта характеризуется силой, требуемой для сжатия его до необходимой степени деформации. Прежде всего, на показатель твердости влияет содержание белка в имитационном сыре, что характеризуется прочностью белкового каркаса. Твердость определяли методом пенетрации. Сущность метода пенетрации состоит в определении глубины погружения в пробу сыра за 5 с металлического конуса, с усилием 1,47 Н.

В экспериментальных образцах присутствовало изменение белковых композиций имитационного сыра (таблица 1), что могло также повлиять на показатель твердости.

Сухая сыворотка увеличивала твердость продукта. Этот эффект получен благодаря тому, что между казеинатом натрия и денатурированной сухой сывороткой при температуре 75 °С происходило взаимодействие.

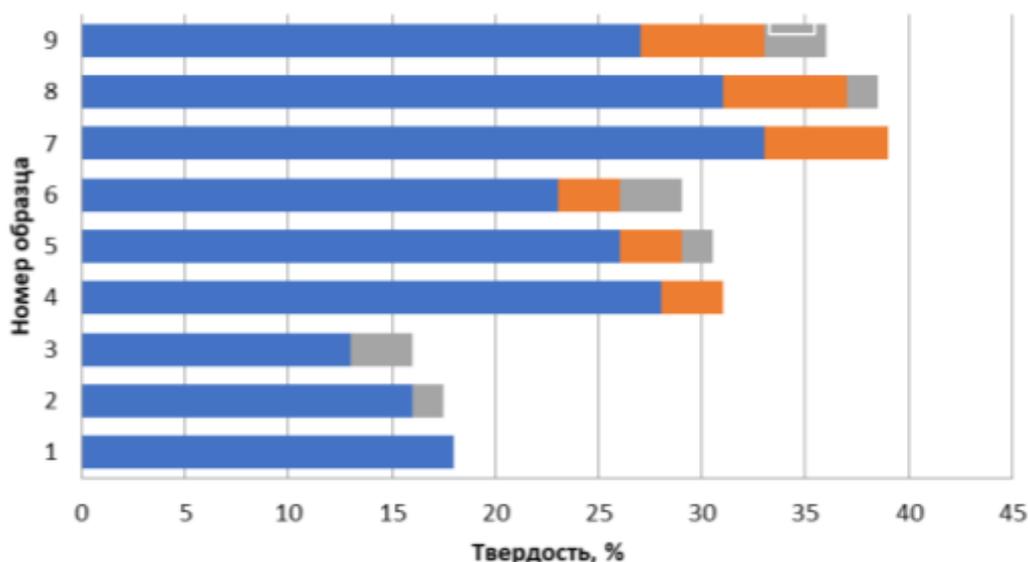


Рисунок 1 – Диаграмма твердости имитационного сыра при изменении содержания белковых композиций и гуаровой камеди

■ казеинат натрия ■ сухая сыворотка ■ гуаровая камедь

Figure 1 – Diagram of the hardness of imitation cheese with changes in the content of protein compositions and guar gum

■ sodium caseinate ■ dryserum ■ guar gum

Гуаровая камедь как один из стабилизаторов, которые несмотря на их низкий уровень использования в технологических рецептурах, придаёт конечному продукту специфические и важные функции [5, 7], такие как стабилизация смеси, влагоудерживающая способность (ВУС), загустевание и т.п.

В ходе работы было выявлено, что твердость изготовленных образцов имитационного сыра с использованием гуаровой камеди в количестве 0,6 г на 100 г имитационного сыра имела тенденцию к снижению, (образцы под № 3, 6 и 9, табл. 1). Наблюдалось нестабильное, расплывчатое состояние сгустка, имитационный сыр не держал требуемую форму. И, наоборот, полное отсутствие гуаровой камеди в рецептуре приводило к получению плотной массы, не способной в дальнейшем к плавлению и вытягиванию, для обеспечения слоистой консистенции, что не отвечает требованиям, предъявляемым к сырам типа Pasta Filata. Гуаровая камедь, как частичная замена казеината натрия в имитационном сыре, увеличила соотношение свободной воды к связанной воде в матрице продукта, возможно, из-за ее высокой влагоудерживающей способности. Несвязанная вода облегчала движение частиц сыра, что приводило к получению имитационного сыра с оптимальной твердостью [7]. В результате были отобраны образцы 2, 5 и 8 для даль-

нейшего исследования на адгезию и релаксацию.

На данные характеристики молочных продуктов в нашей стране не всегда уделяют должного внимания, хотя они имеют значение, поскольку помогают определить поведение продукта при использовании различных технологических процессов, таких как степень деформации головок имитационного сыра или сыра в процессах хранения, транспортировки, реализации и т.д. Поэтому в процессе разработки новых продуктов и новых технологий необходимо знать тот или иной механизм передачи.

Полученные данные, представленные на рисунке 2, дали возможность сделать заключение об исследуемых образцах. Сила к площади контакта у образца № 8 ниже, что свидетельствует о его способности контактировать (прилипнуть) к рабочим органам оборудования. Адгезионная составляющая образцов № 5 и 2 показала увеличение прочности композиции, по сравнению с образцом № 8, что свидетельствует о способности образцов контактировать (прилипнуть) к рабочим органам оборудования больше, тем самым ухудшая и затрудняя процесс производства. Таким образом, наилучшими адгезионными характеристиками обладал образец имитационного сыра, изготовленный под рецептурой № 8.

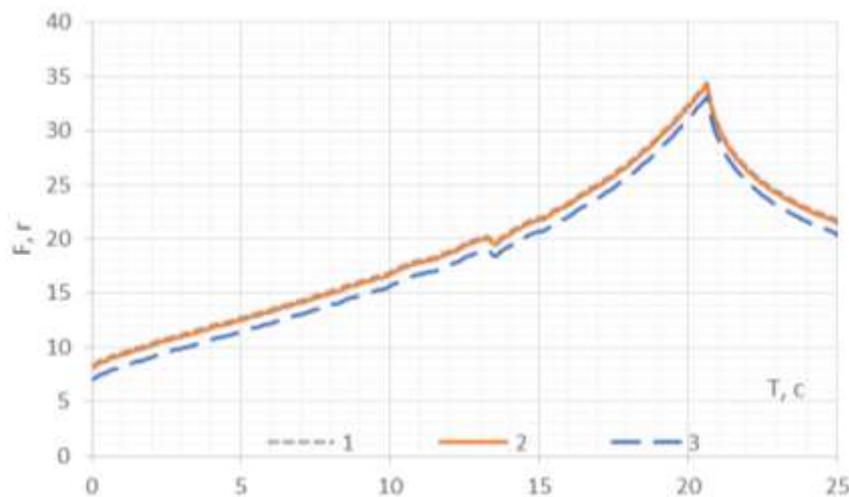


Рисунок 2 – Зависимости адгезии имитационного сыра с разной концентрацией используемых компонентов: 1 – образец рецептуры № 2; 2 – образец рецептуры № 5; 3 – образец рецептуры № 8

Figure 2 - Dependences of the adhesion of imitation cheese, with different concentrations of the components used: 1 - sample recipe No. 2; 2 - sample recipe No. 5; 3 - sample recipe No. 8

Представленные данные на рисунке 3 свидетельствуют о том, что образцы имитационного сыра № 8 и 5 обладают большей эластичностью, что способствует образова-

нию и сохранению структурированной формы продукта. У имитационного сыра (образец № 2) заметно снижается эластичность, что свидетельствует о том, что сохранение

структурированной формы снижается. Данное явление можно объяснить тем, что в рецептуре данного образца отсутствует сухая сыворотка, которая необходима для прочно-

сти белкового каркаса. Кроме этого, отсутствие сухой сыворотки приводит к образованию пастообразной консистенции образцов имитационного сыра и расплыванию головок.

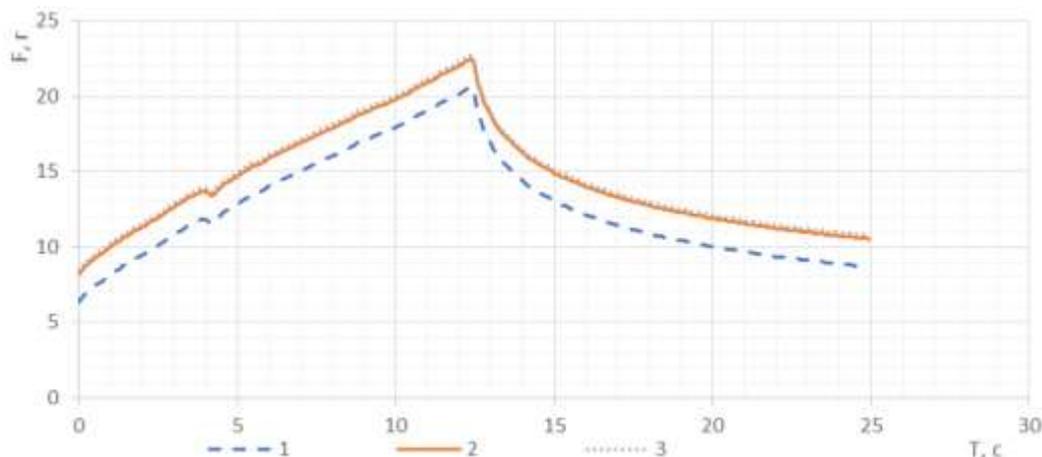


Рисунок 3 – Релаксация напряжений имитационного сыра с разной концентрацией используемых компонентов: 1 – образец рецептуры № 2; 2 – образец рецептуры № 5; 3 – образец рецептуры № 8

Figure 3 – Stress relaxation of imitation cheese, with different concentrations of components used: 1 - sample formulation No. 2; 2 - sample formulation No. 5; 3 - sample recipe No. 8

ВЫВОДЫ

Для создания имитационного сыра использовались композиции, где содержание молочно-белкового концентрата и гуаровой камеди изменялись, другие же рецептурные компоненты были неизменны. В ходе проведенных исследований было выбрано 3 образца, которые по реологическим характеристикам показали наилучшие результаты по твердости, адгезионным свойствам и релаксации напряжения. Увеличение или же исключение гуаровой камеди способствовало образованию нестабильных систем имитационного сыра. Однако исследования показали, что наличие гуаровой камеди в рецептуре необходимо, так как она является водосвязывающим агентом, благодаря чему имитационный сыр приобрел улучшенные реологические характеристики по показателям адгезии и релаксации напряжений. Результаты исследования позволяют утверждать, что полученные образцы могут использоваться в приготовлении блюд как один из ингредиентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К.К. Горбатова // ГИОРД. 2003. С. 352.
2. Использование растительных ингредиентов в производстве творожных сыров / Ю.Д. Махина,

О.П. Серова, И.Ф. Горлов // Пищевая индустрия. 2018. № 4(38). С. 14–15.

3. Расширение ассортимента кисломолочных продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами / Н.С. Нестеренко, Р.А. Ворошилин, Е.М. Лобачева [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 3(86). С. 28–35. – DOI 10.53980/24131997_2022_3_28. – EDN IFBDYF.

4. Свободный жир в сырах и сырных продуктах / О.В. Лепилкина, О.В. Лепилкина, И.Т. Смыков, И.В. Логинова // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 4. С. 37–39.

5. Effect of Lactobacteria on Bioactive Peptides and Their Sequence Identification in Mature Cheese / M. Kurbanova, R. Voroshilin, O. Kozlova, V. Atuchin // Microorganisms. 2022. Vol. 10. № 10. P. 2068. DOI 10.3390/microorganisms10102068. EDN QSDNQE.

6. Milknews - Новости и аналитика молочного рынка. [Электронный ресурс]. URL: <https://milknews.ru/> (дата обращения 29.11.2022).

7. Modification in the functional properties of sodium caseinate-based imitation cheese through use of whey protein and stabilizer / M. Hosseini, M. Habibi Najafi, M. Mohebbi // Journal of Agricultural Science and Technology. 2014. Т. 16. № 6. С. 1313–1324.

Информация об авторах

О. И. Калугина – ассистент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Кемеровского государственного университета, Технологический институт пищевой промышленности.

А. С. Потанина – аспирант Кузбасской государственной сельскохозяйственной академии.

М. Г. Курбанова – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Кемеровского государственного университета, Технологический институт пищевой промышленности.

Р. В. Крюк – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Кемеровского государственного университета, Технологический институт пищевой промышленности.

REFERENCES

1. Gorbatova, K.K. (2003). Physico-chemical and biochemical bases of dairy products production. *GIORD*. (In Russ.).
2. Makhina, Yu.D., Serova, O.P. & Gorlov, I.F. (2018). The use of vegetable ingredients in the production of cottage cheese. *Food industry*. 4(38). 14-15. (In Russ.).
3. Nesterenko, N.S., Voroshilin, R.A., Lobacheva, E.M. [et al.]. (2022). Expanding the range of fermented milk products enriched with functional ingredients. *Bulletin of VSGUT*. 3(86). 28-35. DOI 10.53980/24131997_2022_3_28. EDN IFBDYF. (In Russ.).
4. Lepilkina, O.V., Lepilkina, O.V., Smykov, I.T., Loginova, I.V. (2014). Free fat in cheeses and cheese products. *Cheese-making and butter-making*. 4. 37-39. (In Russ.).
5. Kurbanova, M., Voroshilin, R., Kozlova, O., Atuchin, V. (2022). Effect of Lactobacteria on Bioactive Pep-

tides and Their Sequence Identification in Mature Cheese. *Microorganisms*. 10(10). 2068. (In Russ.). DOI 10.3390/microorganisms10102068. EDN QSDNQE.

6. Milknews - News and analytics of the dairy market. (2022). Retrieved from <https://milknews.ru>.

7. Hosseini, M., Habibi Najafi, M. Mohebb, M. (2014). Modification in the functional properties of sodium caseinate-based imitation cheese through use of whey protein and stabilizer. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 16(6). 1313-1324.

Information about the authors

O.I. Kalugina - Assistant of the Department of Food Technology of Animal Origin of Kemerovo State University Technological Institute of Food Industry.

A.C. Potanina - postgraduate student of the Kuzbass State Agricultural Academy.

M.G. Kurbanova - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Technology of Animal Origin of Kemerovo State University Technological Institute of Food Industry.

R.V. Kryuk - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Food Technology of Animal Origin of the Kemerovo State University Technological Institute of Food Industry.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.12.2022; одобрена после рецензирования 13.05.2023; принята к публикации 11.06.2023.

The article was received by the editorial board on 19 Dec 2022; approved after editing on 13 May 2023; accepted for publication on 11 June 2023.