



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК637.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.014



## ВЛИЯНИЕ КОЛЛАГЕНА НА СТРУКТУРО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

Ольга Николаевна Мусина <sup>1</sup>, Елена Михайловна Нагорных <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, Барнаул, Россия,

<sup>2</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

<sup>1</sup> musinaolga@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

<sup>2</sup> elena\_nagornikh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3051-1381>

**Аннотация.** Гидролизированный коллаген хорошо зарекомендовал себя в пищевой промышленности с точки зрения улучшения структурно-механических свойств продукции (супы, напитки, мясные и молочные продукты). В молочной промышленности коллаген используется главным образом в рецептуре напитков, информации об использовании гидролизованного коллагена в рецептуре плавленых сыров не обнаружено.

Изучена взаимосвязь между внесением гидролизованного коллагена в рецептуру плавленого сыра и изменением его структурно-механических свойств.

Установлено, что образец сыра с коллагеном в значительно большей степени обладает вязкостными и адгезионными свойствами по сравнению с контрольным образцом. Выявлено отсутствие пиков предела прочности на всем протяжении эксперимента при погружении со скоростью 10 мм/с в образцы плавленого сыра прямого горизонтального индентора на глубину 50 мм. Нарастание усилия на инденторе идет достаточно плавно. Сопротивление погружению индентора в исследуемые образцы по мере продвижения меняется в зависимости от степени структурообразования в сырах. Органолептические исследования образцов сыра подтвердили эти закономерности.

Внесение гидролизованного коллагена в рецептуру способствует улучшению структурно-механических свойств плавленых сыров. Гидролизированный коллаген рекомендован к использованию в рецептуре сыров плавленых пастообразных.

**Ключевые слова:** плавленый сыр, гидролизированный коллаген, реология, структурно-механические характеристики.

---

**Для цитирования:** Мусина О. Н., Нагорных Е. М. Влияние коллагена на структурно-механические характеристики плавленого сыра // Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 112–85. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.014. EDN: <https://elibrary.ru/EVBUBT>.

---

Original article

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING HYDROLYZED COLLAGEN IN PROCESSED CHEESE TECHNOLOGY

Olga N. Musina <sup>1</sup>, Elena M. Nagornyh <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia,

<sup>2</sup> Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia,

<sup>1</sup> musinaolga@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

<sup>2</sup> elena\_nagornikh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3051-1381>

**Abstract.** Hydrolyzed collagen has proven itself well in the food industry in terms of improving the structural and mechanical properties of products (soups, beverages, meat and dairy products). In

---

© Мусина О. Н., Нагорных Е. М., 2023

## ВЛИЯНИЕ КОЛЛАГЕНА НА СТРУКТУРО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

*the dairy industry, collagen is mainly used in the formulation of beverages, information about the use of hydrolyzed collagen in the formulation of processed cheeses has not been found.*

*The relationship between the introduction of hydrolyzed collagen into the formulation of processed cheese and changes in its structural and mechanical properties has been studied.*

*It was found that the sample of cheese with collagen has significantly more viscous and adhesive properties compared to the control sample. The absence of peaks of tensile strength throughout the experiment was revealed when immersed at a speed of 10 mm/s in samples of processed cheese of a straight horizontal indenter to a depth of 50 mm. The increase in effort on the indenter goes smoothly enough. The resistance to immersion of the indenter in the samples under study varies with the progress depending on the degree of structure formation in the cheeses. Organoleptic studies of cheese samples confirmed these patterns.*

*The introduction of hydrolyzed collagen into the formulation improves the structural and mechanical properties of processed cheeses. Hydrolyzed collagen is recommended for use in the formulation of processed pasty cheeses.*

**Keywords:** *processed cheese, hydrolyzed collagen, rheology, structural and mechanical characteristics.*

---

**For citation:** Musina, O.N. & Nagornykh, E.M. (2023). Investigation of the possibility of using hydrolyzed collagen in processed cheese technology. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 112-111. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.014. EDN: <https://elibrary.ru/EVBUBT>.

---

### ВВЕДЕНИЕ

В основе концепции настоящей работы лежит гипотеза о положительном влиянии внесения гидролизованного говяжьего коллагена на реологические и микроструктурные характеристики плавленого сыра.

Коллаген является ценным вторичным белоксодержащим сырьем мясо-, птицеперерабатывающей отрасли и рыбной промышленности.

В организме человека и млекопитающих около трети всех белков приходится на коллаген. Аминокислотный состав коллагена своеобразен и уникален – такие аминокислоты, как гидроксипролин и гидроксизин, встречаются только в пептидах коллагена, также коллаген богат такими аминокислотами, как глицин (33 %), пролин+гидроксипролин (22 %) [1, 2].

Типичная молекула коллагена (тропоколлагена) состоит из трех скрученных в виде тройной спирали полипептидных  $\alpha$ -цепей, каждая из которых содержит около 1000 аминокислот. Зрелый коллаген состоит из молекул тропоколлагена, объединенных в фибриллы, стабилизирован ковалентными связями и практически нерастворим. В нормальных условиях коллаген является очень стабильным белком, но в результате нагревания выше 40 °С теряет структуру тройной спирали и превращается в растворимую в воде смесь полипептидов [3].

Гидролизированный коллаген представляет собой смесь низкомолекулярных пептидов, которые могут быть получены ферментатив-

ным действием при определенной температуре инкубации в кислых или щелочных средах [1]. Коллаген в организме человека играет важную роль, однако снижение синтеза его отмечается уже в молодом возрасте, а к зрелости выработка коллагена составляет только четверть по сравнению с молодежью [4–8].

Гидролизированный коллаген хорошо зарекомендовал себя в пищевой промышленности с точки зрения улучшения структурно-механических свойств продукции (супы, напитки, мясные и молочные продукты) [2, 3].

В различных отечественных и зарубежных работах показано, что гидролизированный коллаген обладает антиоксидантными и антимикробными свойствами [1, 3, 9, 10], говяжий и овечий гидролизированный коллаген способен повышать биодоступность кальция за счет присоединения его ионов [3, 11, 12]. Закономерным результатом является широкое применение гидролизованного коллагена в составе функциональных, обогащенных и специализированных продуктов, в том числе для диетического и геродиетического питания [1, 3, 13–17].

В молочной промышленности коллаген используется главным образом в рецептуре напитков [16–18], в доступной научнотехнической литературе информации об использовании гидролизованного коллагена в рецептуре плавленых сыров не обнаружено.

С учетом потенциального обогащающего эффекта от использования гидролизованного коллагена в составе молочных продуктов, а также данных о его высокой термостабильности, растворимости, антиоксидантных и реологических свойствах, представляет большой

научный и практический интерес вопрос изучения поведения коллагенсодержащих смесей в технологии плавленых сыров.

Цель настоящей работы – оценить взаимосвязь между внесением гидролизованного коллагена в рецептуру плавленого сыра и изменением его структурно-механических свойств.

### МЕТОДЫ

Плавленый сыр в ходе экспериментов вырабатывали из сычужных сыров, творога, масла сливочного, сливок, сухого обезжиренного молока и гидролизованного коллагена, с добавлением солей-плавителей, регуляторов кислотности, соли и воды. Сыр вырабатывался путем измельчения, смешивания и плавления на приборе «Термомикс ТМ5» подготовленного сырья с использованием солей-плавителей.

В качестве основного сырья в работе использованы: сыры сычужные полутвердые по ГОСТ 32260 с массовой долей сухого вещества 56 %, жира в сухом веществе 45 %; творог по ГОСТ 31453 с массовой долей сухого вещества 25 %, жира 5 %; масло крестьянское сладкосливочное по ГОСТ 32261 с массовой долей сухого вещества 75 %, жира 72,5 %; сливки по ГОСТ 34355 с массовой долей сухого вещества 41 %, жира 35 %; молоко сухое обезжиренное по ГОСТ Р 52791 с массовой долей сухого вещества 96 %; соль пищевая по ГОСТ Р 51574 первого сорта; кислота лимонная моногидрат пищевая по ГОСТ 908; вода питьевая по ГОСТ Р 51232, СанПиН 1.2.3685, СанПиН 2.1.3684. Соль-плавитель ортофосфат натрия по ГОСТ 31725; пиродифосфат натрия по ГОСТ Р 55054; трифосфат натрия и полифосфат натрия – по ГОСТ 31686.

Гидролизированный говяжий коллаген использован марки «Athletic Food», полученный ферментным гидролизом, изготовитель ООО «СМТ-Групп», ТУ 10.89.19-003-0160057957-2021.

Исследование реологических свойств плавленых сыров проведено в лабораторных условиях «Сибирского научно-исследовательского института сыроделия» (подразделение ФГБНУ ФАНЦА) на базе сектора процессов и оборудования под руководством профессора А.А. Майорова по авторской методике, предусматривающей погружение индентора на заданную глубину и измерение усилия нагружения на инденторе [19, 20]. Описание прибора «Реокон», разработанного д.т.н. А.А. Майоровым, и его внешний вид приведены в работах [20, 21], а также на рисунке 1. Методика основана на определении усилия нагружения на инденторе при его погружении в образец плавленого сыра на заданную глубину при заданной скорости.

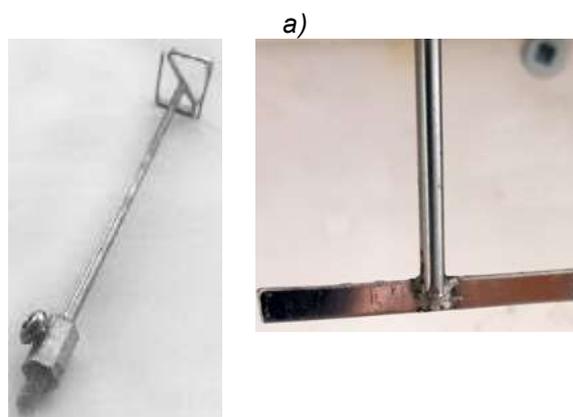
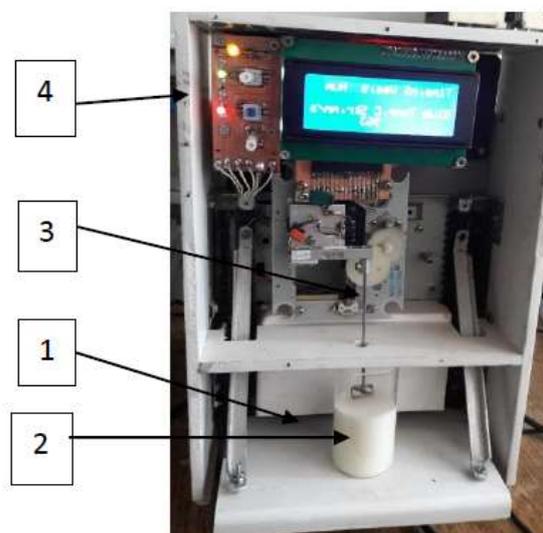


Рисунок 1 – Внешний вид прибора «Реокон» (а) и инденторы (б): 1 – основание движущегося механизма; 2 – емкость с образцом; 3 – индентор; 4 – блок управления

Figure 1 – The appearance of the device (a) and the indenter (b): 1 - the base of the moving mechanism, 2 - the sample container, 3 - the indenter, 4 - the control unit

«Реокон» состоит из измерительного устройства с механической системой и блока управления, подключённого к компьютеру регистрации данных (рис. 1). Ёмкость с образцом (2) устанавливается на основание движущегося механизма (1), предназначенного для подъема образца до необходимого уровня. Рабочей частью прибора является легкосъёмный индентор (3). Движение индентора («вверх» и «вниз») на расстояние 50 мм осуществляется электроприводом. Скорость движения индентора 10 мм/с. Создаваемое в результате движения индентора усилие регистрируется через аналогово-цифровой преобразователь и поступает на вход USB компьютера, где отображается в табличной

## ВЛИЯНИЕ КОЛЛАГЕНА НА СТРУКТУРО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

форме. Обработка данных ведется с использованием микропроцессора «Atmei GA 328». В блоке управления (4) расположены устройства питания электропривода, система движения индентора («вверх» и «вниз»), аналого-цифровой преобразователь [21].

Принцип действия прибора основан на измерении предела прочности образца плавленого сыра при погружении индентора. Результаты измерения, пересчитанные в граммы, выводятся на экран монитора. Таким образом, данный метод исследования структурно-механических свойств плавленого сыра основан на измерении сопротивления, которое образец сыра оказывает погружаемому в него на глубину 50 мм индентору.

За окончательный результат принимается среднее арифметическое значение результатов трех определений. Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США). На графиках не указывали 95 % доверительный интервал, поскольку его значения были меньше 10 % от значения переменной.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Реология рассматривает процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями и течением различных вязких и пластических материалов, реометрия изучает структурно-механические свойства тел с помощью специальных приборов и устройств. К важнейшим свойствам плавленого сыра относятся реологические (текучесть, вязкость, прочность, упругость) при этом с точки зрения реологии, сыр представляет собой вязкопластично-упругое тело [20].

Таблица 1 – Рецептуры плавленого сыра  
Table 1 - Composition of processed cheese

| Наименование сырья | Расход на приготовление образца сыра, кг |               |
|--------------------|--|---------------|
|                    | Контроль                                 | Опыт          |
| Сыр полутвердый    | 309,6                                    | 357,0         |
| Творог             | 102,0                                    | 102,0         |
| Масло сливочное    | 239,1                                    | 284,1         |
| Сливки             | 122,4                                    | 61,2          |
| Сухое молоко       | 10,6                                     | 21,8          |
| Соль пищевая       | 1,0                                      | 1,0           |
| Соль-плавитель     | 20,4                                     | 20,4          |
| Лимонная кислота   | 1,0                                      | 1,0           |
| Коллаген           | 0,0                                      | 3,1           |
| Вода питьевая      | 186,9                                    | 168,4         |
| <b>Всего</b>       | <b>1020,0</b>                            | <b>1020,0</b> |
| <b>Выход</b>       | <b>1000,0</b>                            | <b>1000,0</b> |

Предварительные эксперименты показали, что целесообразнее использовать ножевой прямой горизонтальный индентор. Измерения

проводились при 20 °С. Эксперименты выполнены в 3–4 повторностях.

Рецептуры контрольного и опытного образцов плавленого сыра приведены в таблице 1. На плавленый сыр «Сырте» разработана и утверждена нормативная документация – СТО 02067824-006-2023.

Взаимодействие образцов плавленого сыра с индентором показано на рисунке 2: видно, что образец с коллагеном в значительно большей степени обладает вязкостными и адгезионными свойствами по сравнению с контрольным образцом сыра, что визуально выражается в большей степени налипания на индентор.

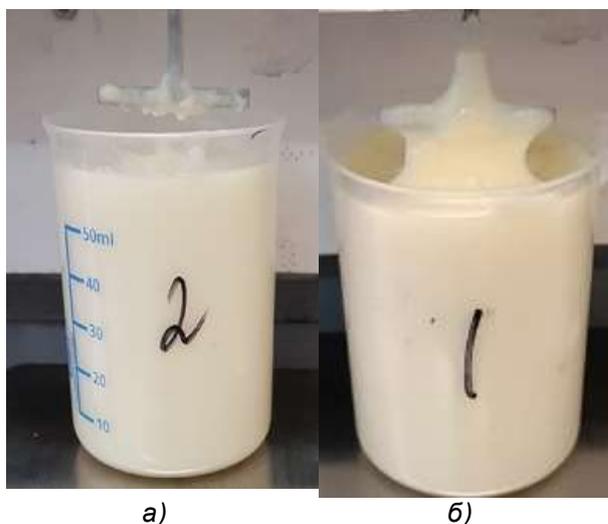


Рисунок 2 – Типичное взаимодействие образцов плавленого сыра с индентором в процессе измерений (а – контрольный образец; б – опытный образец)

Figure 2 – Typical interaction of processed cheese samples with an indenter in the measurement process (a - control sample, b - test sample)

На рисунке 3 представлены графики, отображающие величину сопротивления (усилие на инденторе), которое оказывает плавленый сыр погружаемому в него индентору.

На кривых (рис. 3) отчетливо видно отсутствие пиков предела прочности и в момент начала эксперимента (соприкосновения поверхности сыра с индентором), и на протяжении всего хода эксперимента при погружении индентора на глубину до 50 мм. На всем протяжении опыта нарастание усилия идет достаточно плавно, резкого падения усилия после превышения предела прочности в образцах не наблюдается. Сопротивление погружению индентора в исследуемые образцы по мере продвижения меняется в зависимости от степени структурообразования в сырах.

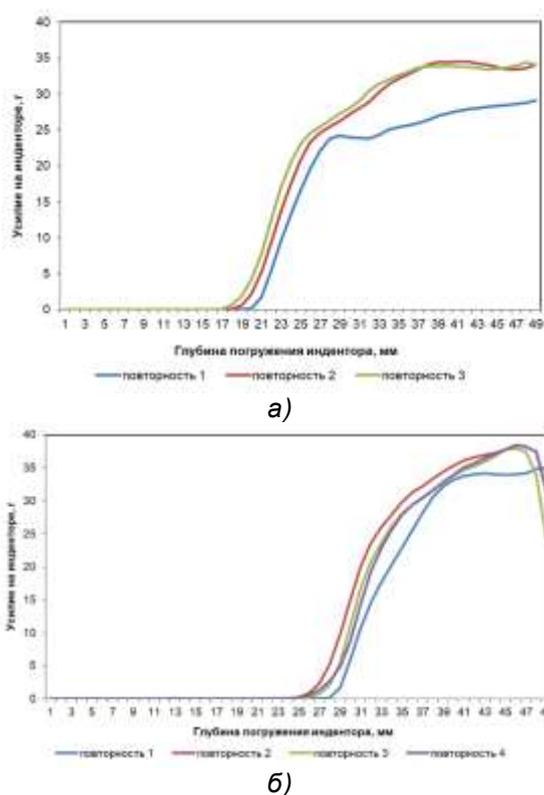


Рисунок 3 – Реограмма плавленного сыра:  
 а – контрольный образец; б – опытный образец  
 Figure 3 - Rheogram of processed cheese: Processed cheese rheogram: a - control sample, b - test sample

Оценка органолептических свойств контрольного и опытного образцов сыра также подтвердила, что образец с коллагеном отличается большей вязкостью и адгезией, что является положительным результатом при оптимизации структурно-механических свойств плавленных сыров. Гидролизированный коллаген рекомендован к использованию в рецептуре сыров плавленных пастообразных.

### ВЫВОДЫ

Изучена взаимосвязь между внесением гидролизованного коллагена в рецептуру плавленного сыра и изменением его структурно-механических свойств.

Образец сыра с коллагеном в значительно большей степени обладает вязкостными и адгезионными свойствами по сравнению с контрольным образцом. Выявлено отсутствие пиков предела прочности на всем протяжении эксперимента при погружении со скоростью 10 мм/с в образцы плавленного сыра прямого горизонтального индентора на глубину 50 мм. Нарастание усилия на инденторе идет достаточно плавно. Соппротивление

погружению индентора в исследуемые образцы по мере продвижения меняется в зависимости от степени структурообразования в сырах. Органолептические исследования образцов сыра подтвердили эти закономерности.

Таким образом, установлено, что внесение гидролизованного коллагена в рецептуру способствует улучшению структурно-механических свойств плавленных сыров. Гидролизированный коллаген рекомендован к использованию в рецептуре сыров плавленных пастообразных.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят главного научного сотрудника, заведующего сектором процессов и оборудования «Сибирского НИИ сыроделия» доктора наук, профессора А. А. Майорова за проведение реологических исследований образцов сыра, сотрудников лаборатории научно-прикладных технологических разработок и лично заведующую лабораторией Н. И. Бондаренко за консультативную и практическую помощь по прикладным вопросам технологии плавленных сыров.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. León-López A., Morales-Peñalosa A., Martínez-Juárez V.M., Vargas-Torres A., Zeugolis D.I., Aguirre-Álvarez G. Hydrolyzed Collagen – Sources and Applications // *Molecules*. 2019. 24(22):4031. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>.
2. Gulevsky A.K., Shcheniavsky I.I. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application // *Biotechnol. Acta*. 2020. Vol. 13. № 5. P. 42–61. <https://doi.org/10.15407/biotech13.05.042>.
3. Костылева Е.В., Серeda А.С., Великоречкая И.А., Курбатова Е.И., Цурикова Н.В. Использование протеолитических ферментов для получения белковых гидролизатов пищевого назначения из вторичного сырья // *Вопросы питания*. 2023. Т. 92. № 1. С. 116–132. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-1-116-132>.
4. Gelse K., Pöschl E., Aigner T. Collagens – structure, function, and biosynthesis // *Advanced drug delivery reviews*. 2003. Т. 55. № 12. С. 1531–1546. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2003.08.002>.
5. Hays N.P. [et al]. Effects of whey and fortified collagen hydrolysate protein supplements on nitrogen balance and body composition in older women // *Journal of the American dietetic association*. 2009. Т. 109. № 6. С. 1082–1087. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.03.003>.
6. Zorrilla García A.E. El envejecimiento y el estrés oxidativo // *Revista cubana de investigaciones Biomédicas*. 2002. Т. 21. № 3. С. 178–185.
7. Varani J. [et al]. Decreased collagen production in chronologically aged skin: roles of age-dependent alteration in fibroblast function and defec-

## ВЛИЯНИЕ КОЛЛАГЕНА НА СТРУКТУРО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

tive mechanical stimulation // The American journal of pathology. 2006. Т. 168. № 6. С. 1861–1868. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2006.051302>.

8. Baumann L. Skin ageing and its treatment // The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland. 2007. Т. 211. № 2. С. 241–251. <https://doi.org/10.1002/path.2098>.

9. Vidal A.R., Ferreira T.E., Mello R.D.O., Schmidt M.M., Kubota E.H., Demiate I.M. [et al]. Effects of enzymatic hydrolysis (Flavourzyme) assisted by ultrasound in the structural and functional properties of hydrolyzates from different bovine collagens // Food Sci. Technol. 2018. Vol. 38, suppl. 1. P. 103–108. <https://doi.org/10.1590/fst.16717>.

10. Pakbin B., Allahyari S., Dibazar S.P., Brück W.M., Vahidi R., Mahmoudi R. [et al]. Production of bovine collagen hydrolysate with antioxidant activity; optimized by response surface methodology // Sci. Pharm. 2022. Vol. 90. № 4. P. 62. <https://doi.org/10.3390/scipharm90040062>.

11. Qi L., Zhang H., Guo Y., Zhang C., Xu Y. A novel calcium-binding peptide from bovine bone collagen hydrolysate and chelation mechanism and calcium absorption activity of peptide-calcium chelate // Food Chem. 2023. Vol. 410. Article ID 135387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135387>.

12. Hu G., Wang D., Sun L., Su R., Corazzin M., Sun X. [et al]. Isolation, purification and structure identification of a calcium-binding peptide from sheep bone protein hydrolysate // Foods. 2022. Vol. 11. № 17. P. 2655. <https://doi.org/10.3390/foods11172655>.

13. Dybka K., Walczak P. Collagen hydrolysates as a new diet supplement // Biotechnol. Food Sci. 2009. Vol. 73. P. 83–92.

14. Holwerda A.M., van Loon L.J.C. The impact of collagen protein ingestion on musculoskeletal connective tissue remodeling: a narrative review // Nutr. Rev. 2022. Vol. 80. № 6. P. 1497–1514. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab083>.

15. Pal G.K., Suresh P.V. Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients // Innovative food science & emerging technologies. 2016. Т. 37. С. 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.015>.

16. Znamirowska A., Szajnar K., Pawlos M. Probiotic Fermented Milk with Collagen // Dairy. 2020. № 1. С. 126–134. <https://doi.org/10.3390/dairy1020008>.

17. León-López A., Pérez-Marroquín X.A., Campos-Lozada G., Campos-Montiel R.G., Aguirre-Álvarez G. Characterization of Whey-Based Fermented Beverages Supplemented with Hydrolyzed Collagen: Antioxidant Activity and Bioavailability // Foods. 2020. Т. 12. № 9(8):1106. <https://doi.org/10.3390/foods9081106>.

18. Walrand S., Chiotelli E., Noirt F., Mwewa S., Lassal T. Consumption of a functional fermented milk containing collagen hydrolysate improves the concentration of collagen-specific amino acids in plasma // J Agric Food Chem. 2008. № 56(17):7790-5. <https://doi.org/10.1021/jf800691f>.

19. Майоров А.А., Мусина О.Н. Новая серия лабораторного оборудования – новые возможности для фундаментальных и прикладных исследо-

ваний // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 4. С. 22–25.

20. Майоров А.А., Сиденко Ю.А., Мусина О.Н. Новые наукоемкие приемы оценки реологических свойств в сыроделии: изучение процессов свертывания молока и формирования структуры сгустка // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 2 (45). С. 55–61.

21. Майоров А.А., Сиденко Ю.А. Исследование динамики сычужного свертывания при формировании структуры молочного сгустка // Материалы II межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «От биопродуктов к биоэкономике» (12–13 апреля 2018 г.). Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. С. 154–157

### Информация об авторах

О. Н. Мусина – д-р техн. наук, гл. науч. сотр., руководитель «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий ФАНЦА, гл. науч. сотр. ЦКИ «АлтайБиоЛакт» ФГБОУ ВО АлтГТУ.

Е. М. Нагорных – науч. сотр. ЦКИ «АлтайБиоЛакт» ФГБОУ ВО АлтГТУ, аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ.

### REFERENCES

1. León-López, A., Morales-Peñalosa, A., Martínez-Juárez, V.M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D.I., Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed Collagen - Sources and Applications. *Molecules*. 24(22):4031. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>.

2. Gulevsky, A.K., Shcheniavsky, I.I. (2020). Collagen: structure, metabolism, production and industrial application. *Biotechnol. Acta*. 13. 5. P. 42-61. <https://doi.org/10.15407/biotech13.05.042>.

3. Kostyleva, E.V., Sereda, A.S., Velikoret-skaya, I.A., Kurbatova, E.I., Tsurikova N.V. (2023). The use of proteolytic enzymes for the production of protein hydrolysates for food purposes from secondary raw materials. *Voprosypitanija*, 92 (1), 116-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-1-116-132>.

4. Gelse, K., Pöschl, E., Aigner, T. (2003). Collagens - structure, function, and biosynthesis. *Advanced drug delivery reviews*. 55(12). 1531-1546. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2003.08.002>.

5. Hays, N.P. [et al]. (2009). Effects of whey and fortified collagen hydrolysate protein supplements on nitrogen balance and body composition in older women // *Journal of the American dietetic association*. 109. № 6. P. 1082-1087. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.03.003>.

6. Zorrilla García, A.E. El envejecimiento y el estrés oxidativo // *Revistacubana de investigaciones-Biomédicas*. 2002. Vol. 21. № 3. P. 178-185.

7. Varani, J. [et al]. Decreased collagen production in chronologically aged skin: roles of age-dependent alteration in fibroblast function and defective mechanical stimulation // *The American journal of*

pathology. 2006. Vol. 168. № 6. P. 1861-1868. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2006.051302>.

8. Baumann, L. Skin ageing and its treatment // The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland. 2007. Vol. 211. № 2. P. 241-251. <https://doi.org/10.1002/path.2098>.

9. Vidal, A.R., Ferreira, T.E., Mello, R.D.O., Schmidt, M.M., Kubota, E.H., Demiate, I.M. [et al]. Effects of enzymatic hydrolysis (Flavourzyme) assisted by ultrasound in the structural and functional properties of hydrolyzates from different bovine collagens // Food Sci. Technol. 2018. Vol. 38, suppl. 1. P. 103-108. <https://doi.org/10.1590/fst.16717>.

10. Pakbin, B., Allahyari, S., Dibazar, S.P., Brück, W.M., Vahidi, R., Mahmoudi, R. [et al]. Production of bovine collagen hydrolysate with antioxidant activity; optimized by response surface methodology // Sci. Pharm. 2022. Vol. 90. № 4. P. 62. <https://doi.org/10.3390/scipharm90040062>.

11. Qi, L., Zhang, H., Guo, Y., Zhang, C., Xu, Y. A novel calcium-binding peptide from bovine bone collagen hydrolysate and chelation mechanism and calcium absorption activity of peptide-calcium chelate // Food Chem. 2023. Vol. 410. Article ID 135387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135387>.

12. Hu, G., Wang, D., Sun, L., Su, R., Corazzin, M., Sun, X. [et al]. Isolation, purification and structure identification of a calcium-binding peptide from sheep bone protein hydrolysate // Foods. 2022. Vol. 11. № 17. P. 2655. <https://doi.org/10.3390/foods11172655>.

13. Dybka, K., Walczak, P. Collagen hydrolysates as a new diet supplement // Biotechnol. Food Sci. 2009. Vol. 73. P. 83-92.

14. Holwerda, A.M., van Loon, L.J.C. The impact of collagen protein ingestion on musculoskeletal connective tissue remodeling: a narrative review // Nutr. Rev. 2022. Vol. 80. № 6. P. 1497-1514. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab083>.

15. Pal, G.K., Suresh, P.V. Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients // Innovative food science & emerging technologies. 2016. Vol. 37. P. 201-215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.015>.

16. Znamirowska, A., Szajnar, K., Pawlos, M. Probiotic Fermented Milk with Collagen // Dairy. 2020. № 1. P. 126-134. <https://doi.org/10.3390/dairy1020008>.

17. León-López, A., Pérez-Marroquín, X.A., Campos-Lozada, G., Campos-Montiel, R.G., Aguirre-Álvarez, G. Characterization of Whey-Based Fermented Beverages Supplemented with Hydrolyzed Collagen: Antioxidant Activity and Bioavailability // Foods. 2020. Vol. 12. № 9(8):1106. <https://doi.org/10.3390/foods9081106>.

18. Walrand, S., Chiotelli, E., Noirt, F., Mwe-wa, S., Lassel, T. Consumption of a functional fermented milk containing collagen hydrolysate improves the concentration of collagen-specific amino acids in plasma // J Agric Food Chem. 2008. № 56(17):7790-5. <https://doi.org/10.1021/jf800691f>.

19. Mayorov, A.A., Musina, O.N. (2016). A new laboratory equipment series - new opportunities for fundamental and applied research. Cheesemaking and buttermaking. 4. 22-25. (In Russ.).

20. Mayorov, A.A., Sidenko, Yu.A., Musina, O.N. (2017). New high-tech methods of rheological properties evaluation in cheesemaking: study of milk coagulation and formation of cheese curd structure. Food Processing: Techniques and Technology. 2 (45). 55-61. (In Russ.).

21. Mayorov, A.A., Sidenko, Yu.A. (2018). Investigation of the dynamics of rennet coagulation during the formation of the structure of a milk clot // Materials of the II interregional scientific and practical conference with international participation "From bioproducts to bioeconomics" (April 12-13). Barnaul : Publishing House of AltSTU, 2018. pp. 154-157. (In Russ.).

### **Information about the authors**

*O.N. Musina - D.Sc., Head of the «Siberian Research Institute of Cheese-Making» Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies (FASCA), Professor of the Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.*

*E.M. Nagornykh - PhD student, Polzunov Altai State Technical University.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 13.05.2023; принята к публикации 11.06.2023.*

*The article was received by the editorial board on 25 Jan 2023; approved after editing on 13 May 2023; accepted for publication on 11 June 2023.*