

Получение и применение сухого микропартикулята сывороточных белков в технологии вареных колбас

Елена И. Мельникова	¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Екатерина Б. Станиславская	¹	tereshkova-katia@ya.ru	 0000-0002-0955-6238
Максим В. Копылов	¹	kopylov-maks@ya.ru	 0000-0003-2678-2613
Алексей А. Берестовой	¹	berestovoy_1991@mail.ru	 0000-0003-2255-9414
Наталья Н. Антонова	¹	soknat29@ya.ru	
Татьяна Р. Алексеева	¹		

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Перспективным направлением развития молочной отрасли является глубокая переработка молока с целью получения пищевых ингредиентов для различных отраслей пищевой промышленности. Молочные белки в составе мясных продуктов связывают влагу, укрепляют белковую матрицу и позволяют получить устойчивую водно-жировую эмульсию. Цель работы – получение сухого микропартикулята сывороточных белков для реализации в технологии колбасных изделий. Микропартикулят сывороточных белков, направленный на сушку, характеризовался высоким содержанием белка (в среднем 80 % в пересчете на СОМО). В качестве эффективного способа сушки продуктов высокой вязкости рассматривали применение камерной сушильной установки с конвективным подводом тепла. Исследование микроструктуры восстановленного микропартикулята позволило установить, что структурные элементы продукта не в полной мере диспергируются в водной фазе. В микроскопическом препарате наблюдали присутствие как отдельных мелких частиц микропартикулята, шариков жира, так и пластинчатых комплексов, образованных в результате сушки. С целью разработки рекомендаций по использованию микропартикулированного сывороточного белка при производстве мясoproductов исследовали влияние его дозировки на качественные показатели модельных фаршей. Влагосвязывающая, влагоудерживающая способность, а также выход готового продукта свидетельствуют о положительном влиянии микропартикулята в количестве до 4 %. Исследуемые образцы готового продукта отличались более нежной консистенцией в сравнении с контролем, не наблюдалось ухудшение вкуса, цвета и запаха при внесении микропартикулята. Физико-химические показатели полученного колбасного изделия соответствовали требованиям нормативной документации: массовая доля жира – 19,2 %, белка – 12 %, хлористого натрия – 2,1 %. Энергетическая ценность составила 223,3 ккал/100 г.

Ключевые слова: микропартикулят, сывороточный белок, сушка, белковые ингредиенты, колбасные изделия.

Preparation and use of dry microparticulate whey proteins in the technology of cooked sausages

Elena I. Melnikova	¹	melnikova@molvest.ru	 0000-0002-3474-2534
Ekaterina B. Stanislavskaya	¹	tereshkova-katia@ya.ru	 0000-0002-0955-6238
Maxim V. Kopilov	¹	kopylov-maks@ya.ru	 0000-0003-2678-2613
Alexey A. Berestovoy	¹	berestovoy_1991@mail.ru	 0000-0003-2255-9414
Natalya N. Antonova	¹	soknat29@ya.ru	
Tatyana R. Alexeeva	¹		

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. A promising direction for the development of the dairy industry is the deep processing of milk to obtain food ingredients for various branches of the food industry. Milk proteins in meat products bind moisture, strengthen the protein matrix and make it possible to obtain a stable water-fat emulsion. The purpose of the work is to obtain dry microparticulate whey proteins for implementation in sausage technology. Microparticulate whey proteins intended for drying were characterized by a high protein content (on average 80% in terms of SNF). The use of a chamber drying unit with convective heat supply was considered as an effective method for drying high-viscosity products. A study of the microstructure of the reduced microparticulate made it possible to establish that the structural elements of the product are not fully dispersed in the aqueous phase. In the microscopic preparation, the presence of both individual small microparticulate particles, fat globules, and lamellar complexes formed as a result of drying was observed. In order to develop recommendations for the use of microparticulated whey protein in the production of meat products, the influence of its dosage on the quality indicators of model minced meat was studied. The moisture-binding and moisture-holding capacity, as well as the yield of the finished product, indicate the positive effect of microparticulate in amounts up to 4%. The studied samples of the finished product were distinguished by a more delicate consistency in comparison with the control; there was no deterioration in taste, color and smell when adding microparticulate. The physical and chemical parameters of the resulting sausage product met the requirements of regulatory documentation: mass fraction of fat - 19.2%, protein - 12%, sodium chloride - 2.1%. The energy value was 223.3 kcal/100 g.

Keywords: microparticulates, whey protein, drying, protein ingredients, sausages.

Для цитирования

Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Копылов М.В., Берестовой А.А., Антонова Н.Н., Алексеева Т.Р. Получение и применение сухого микропартикулята сывороточных белков в технологии вареных колбас // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 137–143. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-137-143

For citation

Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Kopilov M.V., Berestovoy A.A., Antonova N.N., Alexeeva T.R. Preparation and use of dry microparticulate whey proteins in the technology of cooked sausages. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 137–143. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-137-143

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Перспективным направлением развития молочной отрасли является глубокая переработка молока с целью получения ингредиентов для различных отраслей пищевой промышленности. Особую ценность представляют белковые ингредиенты, способные не только восполнять дефицит пищевого белка, но и оказывать значимое благоприятное воздействие на функционально-технологические характеристики готовой продукции [1–5].

К сравнительно новым для отечественного пищевого производства относятся микропартикулят сывороточных белков, ингредиент, который получают из молочной сыворотки [6–7] с применением мембранных методов и термомеханической обработки. Микропартикулят сывороточных белков характеризуется уникальными свойствами, имитирующими органолептический профиль молочного жира [8–12]. Известно применение микропартикулятов подсырной и творожной сыворотки как в Российской Федерации, так и за рубежом. Высокую эффективность показало его использование в производстве кисломолочных напитков [13–15], позволяющее модифицировать их реологические свойства; в составе творога и сыра, увеличивая выход продукта [16–17]. Большой интерес приобретает применение микропартикулята для получения мясных продуктов.

В мясной отрасли молочные ингредиенты используются уже давно. В производстве отдельных видов колбасных изделий, в основном вареных, традиционно применяют молочные белки в форме сухого обезжиренного молока, казеина и казеинатов. Их используют не только для обогащения готовой продукции, но и модификации ее органолептических свойств, оптимизации функционально-технологических характеристик (водосвязывающей способности, эмульгирования, реологических параметров). Молочные белки в составе мясных продуктов связывают влагу, укрепляют белковую матрицу и позволяют получить устойчивую водно-жировую эмульсию.

Учитывая актуальность, целью работы было получение сухого микропартикулята сывороточных белков для реализации в технологии колбасных изделий.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования рассматривали микропартикулят сывороточных белков, полученный на основе подсырной сыворотки (производства филиала ПАО Молочный комбинат «Воронежский» Калачеевский сырзавод), модельные фарши с использованием микропартикулята и готовое вареное колбасное изделие.

Для получения микропартикулята пастеризованную очищенную подсырную сыворотку концентрировали с помощью установки ультрафильтрации УУФ-1М19–6 производства компании CHEMA TRON (Германия). Полученный концентрат сывороточных белков подвергали термомеханической обработке. Нагрев осуществляли до температуры $(87 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 10–15 с. Механическое воздействие реализовали с помощью цифрового лабораторного гомогенизатора HG-15D-Set-A при скорости вращения ротора 15000 об/мин в течение 5 мин [18]. Для сушки микропартикулята сывороточных белков применяли конвективную камерную сушилку Kitfort KT-1917.

В работе использовались современные методы исследования. Массовую долю сухого вещества молочного сырья и микропартикулята оценивали гравиметрическим методом. Определение массовой доли белка проводили методом Кьельдаля. Измерение массовой доли жира осуществляли кислотным методом Гербера. Определение массовой доли золы проводили весовым методом после озоления пробы продукта при $(550 \pm 25)^\circ\text{C}$ [19]. Вязкость измеряли на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II + Pro. Микроструктуру объектов исследования оценивали с помощью бинокулярного микроскопа Альтами БИО 6. Активную кислотность модельных фаршевых систем определяли потенциометрическим методом. Влагосвязывающую способность (ВСС) оценивали методом прессования. Определение влагоудерживающей способности (ВУС) модельных фаршей было основано на определении разницы между массовым содержанием влаги в фарше и количеством влаги, отделившейся в процессе термической обработки [20].

Выход готовой продукции рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{M_1 M_2}{M_1} 100,$$

где B – выход готовой продукции, %; M_1 – масса навески до тепловой обработки, г; M_2 – масса навески после тепловой обработки, г.

Содержание жира в вареном колбасном изделии находили методом экстрагирования из высушенных навесок. Содержание соли определяли методом Мора.

Математическую обработку эксперимента проводили методами математической статистики по данным 5–10 опытов в трехкратной последовательности.

Результаты

При производстве сухих молочных продуктов концентрация компонентов исходного сырья увеличивается пропорционально уменьшению содержания влаги в готовом продукте.

Большое влияние на качество сухого продукта оказывает состав исходного сырья. Микропартикулят сывороточных белков, направленный на сушку, характеризовался высоким содержанием белка (в среднем 80% в пересчете на СОМО) (таблица 1).

Таблица 1.
Состав микропартикулята сывороточных белков
Table 1.
Composition of whey protein microparticulate

Показатель Indicator	Значение Value
Массовая доля сухих веществ,% Mass fraction of dry substances,%	20,2 ± 0,7
Массовая доля жира,% Mass fraction of fat,%	1,3 ± 0,1
Массовая доля общего белка,% Mass fraction of total protein,%	16,2 ± 1,3
Массовая доля лактозы,% Mass fraction of lactose,%	1,0 ± 0,1
Массовая доля золы,% Mass fraction of ash,%	1,7 ± 0,2

Внешне продукт представлял собой однородную густую массу с кремообразной консистенцией. Цвет микропартикулята – белый с кремовым оттенком, вкус и запах чистый, молочный, без посторонних привкусов и запахов. Микропартикулят характеризовался высокой эффективной вязкостью – (63 ± 4) Па·с при градиенте скорости сдвига 3 с^{-1} .

В качестве эффективного способа сушки продуктов высокой вязкости рассматривали применение камерной сушильной установки с конвективным подводом тепла. Сушилка включала горизонтальные лотки с перфорированным дном, вентилятор, систему всасывающих и нагнетательных воздуховодов, соединенных с вентилятором и лотками, подогреватель сушильного агента, байпасный воздуховод для частичного возврата отработанного сушильного агента в сушилку (рисунок 1).

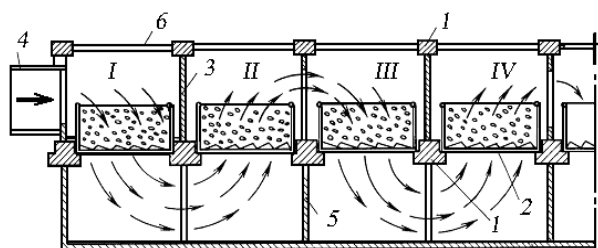


Рисунок 1. Камерная сушилка: 1 – горизонтальная рама; 2 – лотки; 3 – верхняя перегородка; 4 – нагнетательный воздуховод; 5 – нижняя перегородка; 6 – крышка

Figure 1. Chamber dryer: 1 – horizontal frame; 2 – trays; 3 – upper partition; 4 – discharge air duct; 5 – lower partition; 6 – cover

Качественные показатели высушенного продукта представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Состав сухого микропартикулята
сывороточных белков

Table 2.
Composition of dry whey protein microparticulate

Показатель Indicator	Значение Value
Массовая доля сухих веществ,% Mass fraction of dry substances,%	95,1 ± 1,2
Массовая доля жира,% Mass fraction of fat,%	4,9 ± 0,7
Массовая доля общего белка,% Mass fraction of total protein,%	6,1 ± 0,8
Массовая доля лактозы,% Mass fraction of lactose,%	76,3 ± 2,1
Массовая доля золы,% Mass fraction of ash,%	4,7 ± 0,6
Массовая доля сухих веществ,% Mass fraction of dry substances,%	8,0 ± 1,0

При производстве сухих молочных продуктов важным является способность полученного порошка к восстановлению. Исследование микроструктуры восстановленного микропартикулята (рисунок 2) позволило установить, что структурные элементы продукта не в полной мере диспергируются в водной фазе.

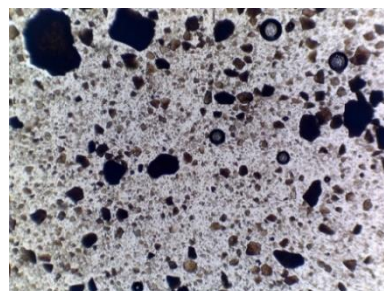


Рисунок 2. Микроструктура восстановленного микропартикулята сывороточных белков, ув. 40 X

Figure 2. Microstructure of the reduced whey protein microparticulate, magnification 40 X

В микроскопическом препарате наблюдали присутствие как отдельных мелких частиц микропартикулята, шариков жира, так и пластинчатых комплексов, образованных в результате сушки. Формирование агрегатов может быть отнесено к недостаткам выбранного способа сушки.

С целью разработки рекомендаций по использованию микропартикулированного сывороточного белка при производстве мясopодуKтов исследовали влияние уровня его введения на качественные показатели модельных фаршей. Перед внесением в модельный фарш микропартикулят подвергали гидратации.

Рецептурный состав модельных фаршевых систем представлен в таблице 3.

Таблица 3.

Рецептурный состав модельно-фаршевых систем с микропартикулированным сывороточным белком

Table 3.

Recipe composition of model minced meat systems with microparticulated whey protein

Образец Sample	Содержание компонента по рецептуре, % Component content according to recipe, %				
	Говядина 1 сорта Beef 1st grade	Свинина полужирная Pork lean	Сухой микропартикулят Dry microparticulate	Вода сверх рецептуры Water above the recipe	Соль поваренная пищевая Table salt
Контроль Control	40	60	-	30	2,5
С использованием микропартикулированного сывороточного белка Using microparticulated whey protein					
1	40	59	1	30	2,5
2	40	58	2	30	2,5
3	40	57	3	30	2,5
4	40	56	4	30	2,5

Фарш представляет собой сложную полидисперсную систему коагуляционного типа. В результате связывания воды белковыми компонентами фарша происходит образование его основы, состоящей из экстрагированных солерастворимых белков, солей, сахаров и других растворимых компонентов. Таким образом, формируется дисперсионная среда, в которой диспергированы тонкоизмельченные частицы жира, мышечной и соединительной тканей. Качество и выход вареных колбасных изделий как дисперсионных систем в значительной степени зависит от развитием процессов влаго- и жиросвязывания при приготовлении фарша, а также его устойчивости при термической обработке [21].

Проведенные исследования влагосвязывающей, влагоудерживающей способности, а также выхода готового изделия свидетельствуют о положительном влиянии микропартикулята в количестве до 4% (рисунок 3–5).

Внесение микропартикулята сывороточных белков в мясные фарши приводило к смещению pH опытных образцов в область более высоких значений, что положительно сказывалось на экстрагируемости миофибриллярных белков и водосвязывающей способности сырых фаршей (таблица 4).

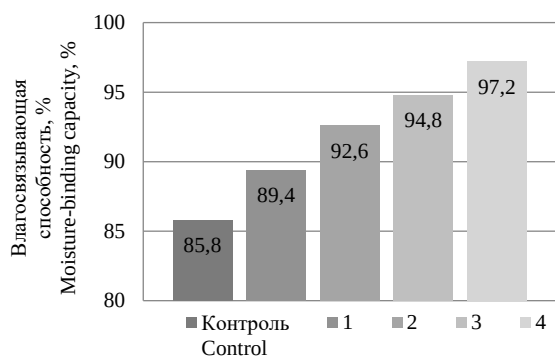


Рисунок 3. Изменение влагосвязывающей способности фарша

Figure 3. Change in the moisture-binding capacity of minced meat

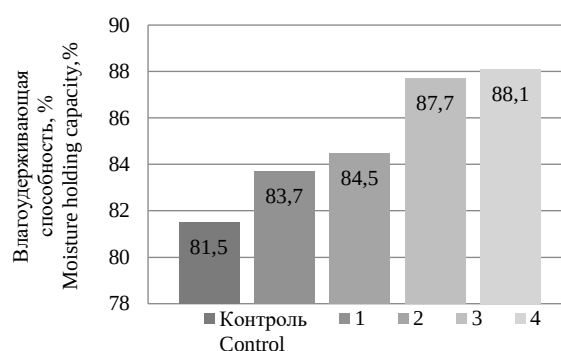


Рисунок 4. Изменение влагоудерживающей способности готового продукта

Figure 4. Change in moisture-holding capacity of the finished product

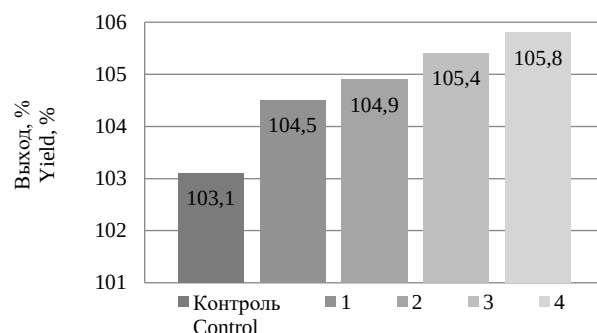


Рисунок 5. Изменение выхода готового продукта

Figure 5. Change in the yield of the finished product

Таблица 4.

Качественные показатели модельных фаршевых систем

Table 4.

Qualitative indicators of model minced meat systems

Показатель Indicator	Значение Value				
	Контроль Control	1	2	3	4
Содержание влаги, % Moisture contents, %	67,25	70,75	71,94	72,3	73,85
pH	5,71	5,83	6,12	6,12	6,14

Исследуемые образцы готового изделия отличались более нежной консистенцией в сравнении с контролем, не наблюдалось ухудшение вкуса, цвета и запаха при внесении микропартикулята (таблица 5).

Таблица 5.

Органолептические показатели готового продукта

Table 5.

Organoleptic characteristics of the finished product

Показатель Indicator	Характеристика показателя для образца Characteristics of the indicator for the sample				
	контроль	1	2	3	4
Внешний вид Appearance	Батоны с чистой, сухой поверхностью Loaves with a clean, dry surface				
Консистенция Consistency	Нежная Tender				
Цвет и вид на разрезе Color and cross-sectional appearance	Розовый, фарш равномерно перемешан Pink, minced meat evenly mixed				
					
Запах и вкус Smell and taste	Свойственный данному виду продукта, без посторонних привкуса и запаха, с ароматом пряностей, в меру соленый Characteristic of this type of product, without foreign taste and smell, with the aroma of spices, moderately salty				
Форма и размер батонов Shape and size of loaves	Прямые или изогнутые батоны длиной от 10 до 15 см Straight or curved loaves from 10 to 15 cm long				
Вязка батонов Knitting loaves	Прямые батоны с поперечными перевязками Straight loaves with cross bandages				

Добавление большего количества белкового ингредиента придавало продукту привкус, не свойственный колбасным изделиям, и не являлось целесообразным.

Физико-химические показатели полученного колбасного изделия соответствовали требованиям нормативной документации: массовая доля жира – 19,2%, белка – 12%, хлористого натрия – 2,1%. Энергетическая ценность составила 223,3 ккал / 100 г.

Заключение

Выполненные исследования позволили получить сухой микропартикулят, характеризующийся высокой массовой долей белка. На основании результатов проведенных исследований

модельных фаршевых систем, а также готового вареного колбасного изделия установлен рациональный уровень введения в рецептуру сухого микропартикулята – 4%.

Введение микропартикулята в рецептуру позволило дополнить действие мясных белков и получить стабильную структуру фарша. Таким образом, использование микропартикулята сывороточных белков в технологии мясных продуктов целесообразно и может помочь свести к минимуму влияние таких факторов, как возраст, порода, пол и упитанность скота, активная кислотность и термическое состояние мяса.

Литература

- 1 Zhao C., Chen N., Ashaolu T.J. Whey proteins and peptides in health-promoting functions – A review // International Dairy Journal. 2022. № 126. P. 105269. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105269
- 2 Augustyniak A., Gottardi D., Giordani B., Gaffey J. et al. Dairy bioactives and functional ingredients with skin health benefits // Journal of Functional Foods. 2023. № 104. P. 105528. doi: 10.1016/j.jff.2023.105528
- 3 Bannikova A.V., Evdokimov I.A. The scientific and practical principles of creating products with increased protein content // Foods and Raw Materials. 2015. № 3 (2). P. 3–12. doi: 10.12737/13114
- 4 Банникова А.В., Евдокимов И.А. Разработка продуктов с повышенным содержанием белка как мера профилактики алиментарных заболеваний населения России // Молочная река. 2021. № 3 (83). С. 54–57.
- 5 Володин Д.Н., Гридин А.С., Евдокимов И.А. Перспективы производства сухих белковых ингредиентов на основе молочного сырья // Молочная промышленность. 2020. № 1. С. 28–30.
- 6 Ahmad T., Aadil R.M., Ahmed H., Rahman U. et al. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review // Trends in Food Science and Technology. 2019. № 88. P. 361–372. doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.003
- 7 Короткий И.А., Плотников И.Б., Мазеева И.А. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки // Техника и технология пищевых производств. 2019. № 49 (2). С. 227–234. doi: 10.21603/2074-9414-2019-2-227-234
- 8 Olivares M.L., Shahriar K., J.de Vicente. Soft lubrication characteristics of microparticulated whey proteins used as fat replacers in dairy systems // Journal of Food Engineering. 2019. № 245. P. 157–165. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015
- 9 Ipsen R. Microparticulated whey proteins for improving dairy product texture // International Dairy Journal. 2017. № 67. P. 73–79. doi: 10.1016/j.idairyj.2016.08.009
- 10 Kew B., Holmes M., Stieger M., Sarkar A. Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective // Trends in Food Science & Technology. 2020. № 106. P. 457–468. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.032.

- 11 Sun C., Liu R., Liang B., Wu T. et al. Microparticulated whey protein-pectin complex: A texture-controllable gel for low-fat mayonnaise // *Food Research International*. 2018. № 108. P. 151–160. doi: 10.1016/j.foodres.2018.01.036.
- 12 Juliana V.C. Silva, James A. O'Mahony Microparticulated whey protein addition modulates rheological and microstructural properties of high-protein acid milk gels // *International Dairy Journal*. 2018. № 78. P. 145–151. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.11.013
- 13 Torres I.C., Amigo J.M., Knudsen J.C., Tolkach A. Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer // *International Dairy Journal*. 2018. V. 81. P. 62–71. doi: 10.1016/j.idairyj.2018.01.004
- 14 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Losev A.N. et al. Microparticulation of Caseic Whey to Use in Fermented Milk Production // *Foods and Raw Materials*. 2017. № 5 (2). P. 83–93.
- 15 Hossain M K., Keidel J., Hensel O., Diakité M. The impact of extruded microparticulated whey proteins in reduced-fat, plain-type stirred yogurt: Characterization of physicochemical and sensory properties // *LWT*. 2020. № 134. P. 109976. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109976
- 16 Sturaro A., De Marchi M., Zorzi E., Cassandro M. Effect of microparticulated whey protein concentration and protein-to-fat ratio on Caciotta cheese yield and composition // *International Dairy Journal*. 2015. № 48. P. 46–52. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.02.003.
- 17 Sánchez-Obando J.–D., Cabrera-Trujillo M.A., Olivares-Tenorio M.–L., Klotz B. Use of optimized microparticulated whey protein in the process of reduced-fat spread and petit-suisse cheeses // *LWT*. 2020. № 120. P. 108933. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108933
- 18 Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Баранова К.Ю. Применение сыровоточных белковых ингредиентов для получения имитаторов молочного жира // *Вестник ВГУИТ*. 2020. Т. 82. № 3. С. 90–95.
- 19 Сучкова Е. П., Белозерова М. С. Методы исследования молока и молочных продуктов. 2015.
- 20 Лаврухина О.И. Современные методы выявления фальсификации мяса и мясной продукции (аналитический обзор) // *Труды Федерального центра охраны здоровья животных*. 2017. №. 15. С. 153-170.
- 21 Криштафович Д.В. Рациональное использование сырья при производстве мясных и мясосодержащих продуктов // *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*. 2015. №. 1. С. 171-175.

References

- 1 Zhao C., Chen N., Ashaolu T.J. Whey proteins and peptides in health-promoting functions – A review. *International Dairy Journal*. 2022. no. 126. pp. 105269. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105269
- 2 Augustyniak A., Gottardi D., Giordani B., Gaffey J. et al. Dairy bioactives and functional ingredients with skin health benefits. *Journal of Functional Foods*. 2023. no. 104. pp. 105528. doi: 10.1016/j.jff.2023.105528
- 3 Bannikova A.V., Evdokimov I.A. The scientific and practical principles of creating products with increased protein content. *Foods and Raw Materials*. 2015. no. 3 (2). pp. 3–12. doi: 10.12737/13114
- 4 Bannikova A.V., Evdokimov I.A. Development of products with a high protein content as a measure for the prevention of nutritional diseases of the Russian population. *Molochnaya Reka*. 2021. no. 3 (83). pp. 54–57. (in Russian).
- 5 Volodin D.N., Gridin A.S., Evdokimov I.A. Prospects for the production of dry protein ingredients based on dairy raw materials. *Dairy Industry*. 2020. no. 1. pp. 28–30. (in Russian).
- 6 Ahmad T., Aadil R.M., Ahmed H., Rahman U. et al. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2019. no. 88. pp. 361–372. doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.003
- 7 Korotky I.A., Plotnikov I.B., Mazeeva I.A. Modern trends in whey processing. Equipment and technology of food production. 2019. no. 49 (2). pp. 227–234. doi: 10.21603/2074–9414–2019–2–227–234 (in Russian).
- 8 Olivares M.L., Shahrivar K., J.de Vicente. Soft lubrication characteristics of microparticulated whey proteins used as fat replacers in dairy systems. *Journal of Food Engineering*. 2019. no. 245. pp. 157–165. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015
- 9 Ipsen R. Microparticulated whey proteins for improving dairy product texture. *International Dairy Journal*. 2017. no. 67. pp. 73–79. doi: 10.1016/j.idairyj.2016.08.009
- 10 Kew B., Holmes M., Stieger M., Sarkar A. Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. no. 106. pp. 457–468. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.032
- 11 Sun C., Liu R., Liang B., Wu T. et al. Microparticulated whey protein-pectin complex: A texture-controllable gel for low-fat mayonnaise. *Food Research International*. 2018. no. 108. pp. 151–160. doi: 10.1016/j.foodres.2018.01.036
- 12 Juliana V.C. Silva, James A. O'Mahony Microparticulated whey protein addition modulates rheological and microstructural properties of high-protein acid milk gels. *International Dairy Journal*. 2018. no. 78. pp. 145–151. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.11.013
- 13 Torres I.C., Amigo J.M., Knudsen J.C., Tolkach A. Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer. *International Dairy Journal*. 2018. vol. 81. pp. 62–71. doi: 10.1016/j.idairyj.2018.01.004
- 14 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Losev A.N. et al. Microparticulation of Caseic Whey to Use in Fermented Milk Production. *Foods and Raw Materials*. 2017. no. 5 (2). pp. 83–93.
- 15 Hossain M K., Keidel J., Hensel O., Diakité M. The impact of extruded microparticulated whey proteins in reduced-fat, plain-type stirred yogurt: Characterization of physicochemical and sensory properties. *LWT*. 2020. no. 134. pp. 109976. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109976
- 16 Sturaro A., De Marchi M., Zorzi E., Cassandro M. Effect of microparticulated whey protein concentration and protein-to-fat ratio on Caciotta cheese yield and composition. *International Dairy Journal*. 2015. no. 48. pp. 46–52. doi: 10.1016/j.idairyj.2015.02.003.
- 17 Sánchez-Obando J.–D., Cabrera-Trujillo M.A., Olivares-Tenorio M.–L., Klotz B. Use of optimized microparticulated whey protein in the process of reduced-fat spread and petit-suisse cheeses. *LWT*. 2020. no. 120. pp. 108933. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108933
- 18 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Baranova K.Yu. Application of whey protein ingredients to obtain milk fat simulators. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 90–95. (in Russian).

19 Suchkova E.P., Belozerova M.S. Methods for studying milk and dairy products. 2015. (in Russian).

20 Lavrukina O.I. Modern methods for identifying counterfeit meat and meat products (analytical review). Proceedings of the Federal Center for Animal Health. 2017. no. 15. pp. 153-170. (in Russian).

21 Kristafovich D.V. Rational use of raw materials in the production of meat and meat-containing products. Fundamental and applied research in the cooperative sector of the economy. 2015. no. 1. pp. 171-175. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена И. Мельникова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, melnikova@molvest.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Екатерина Б. Станиславская д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tereshkova-katia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Максим В. Копылов к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kopylov-maks@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Алексей А. Берестовой к.т.н., доцент, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, berestovoy_1991@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2255-9414>

Наталья Н. Антонова аспирант, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, soknat29@ya.ru

Татьяна Р. Алексеева студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Information about authors

Elena I. Melnikova Dr. Sci. (Engin), professor, technology of animal products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, melnikova@molvest.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Ekaterina B. Stanislavskaya Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tereshkova-katia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0955-6238>

Maxim V. Kopylov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fats, processes and apparatus for chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kopylov-maks@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Alexey A. Berestovoy Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information security department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, berestovoy_1991@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2255-9414>

Natalya N. Antonova graduate student, technology of animal products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, soknat29@ya.ru

Tatyana R. Alexeeva student, technology of animal products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/01/2024	После редакции 02/02/2024	Принята в печать 19/02/2024
Received 15/01/2024	Accepted in revised 02/02/2024	Accepted 19/02/2024