

УДК 637.146

Исследование влияния белковых обогатителей на свойства смесей и готового продукта

Д-р техн. наук Т. П. АРСЕНЬЕВА^{1*}, д-р техн. наук А. Л. НОВОКШАНОВА²,
канд. техн. наук Т. Н. ЕВСТИГНЕЕВА³

¹Университет ИТМО

²Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи

³Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина

*E-mail: tamara-arseneva@mail.ru

Производство молочных продуктов с добавлением белковых обогатителей является одной из актуальных тенденций в пищевой промышленности. В условиях растущего спроса на продукты с улучшенными питательными характеристиками использование концентратов молочных белков становится эффективным решением для обогащения рациона питания биологически ценными компонентами, получения продуктов с заданными потребительскими свойствами. В статье приведены результаты исследования функционально-технологических свойств сухого обезжиренного молока и концентрата сывороточных белков в составе смесей для йогурта в дозе от 3 до 7%. Достоверно установлено положительное влияние белковых компонентов на интенсивность молочнокислого процесса и влагоудерживающие свойства сгустков. Сделан вывод о различном влиянии белковых обогатителей на консистенцию продукта: добавление сухого обезжиренного молока значительно уплотняло структуру продукта, повышало его вязкость, в то время как внесение концентрата сывороточного белка, напротив, ослабляло сгусток, придавало ему большую текучесть. Рекомендована доза внесения белковых обогатителей 3–5%, вид наполнителя обусловлен требованиями к консистенции продукта.

Ключевые слова: сухое обезжиренное молоко, концентрат сывороточных белков, белковые обогатители, кисломолочные напитки.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 28.09.2025, одобрена после рецензирования 30.10.2025, принята к печати 05.11.2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-66-72

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Арсеньева Т. П., Новокшанова А. Л., Евстигнеева Т. Н. Исследование влияния белковых обогатителей на свойства смесей и готового продукта. // Вестник Международной академии холода. 2025. № 4. С. 66–72. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-66-72

Effect of protein enrichers on the properties of the mixtures and finished product

D. Sc. T. P. ARSENYEVA^{1*}, D. Sc. A. L. NOVOKSHANOVA², Ph. D. T. N. EVSTIGNEEVA³

¹ITMO University

²Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety

³Leningrad State University named after A. S. Pushkin

*E-mail: tamara-arseneva@mail.ru

The production of dairy products with the addition of protein enrichers is one of the current trends in the food industry. In the context of the growing demand for products with improved nutritional characteristics, the use of milk protein concentrates becomes an effective solution for enriching the diet with biologically valuable components and obtaining products with specified consumer properties. The article presents the results of a study on the functional and technological properties of skimmed milk powder and whey protein concentrate in yogurt mixtures at a dose of 3 to 7%. The positive effect of protein components on the intensity of the lactic acid process and the moisture-retaining properties of curds has been reliably established. The conclusion was made about the different effect of protein enrichers on the consistency of the product: the addition of dry skimmed milk significantly thickened the structure of the product, increased its viscosity, while the addition of whey protein concentrate, on the contrary, weakened the clot, gave it greater fluidity. The recommended dose of protein enrichers is 3–5%, the type of filler is determined by the requirements for the consistency of the product.

Keywords: dry skimmed milk, whey protein concentrate, protein enrichers, fermented milk drinks.

Article info:

Received 28/09/2025, approved after reviewing 30/10/2025, accepted 05/11/2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-66-72

Article in Russian

For citation:

Arsenyeva T. P., Novokshanova A. L., Evstigneeva T. N., Effect of protein enrichers on the properties of the mixtures and finished product. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2025. No 4. p. 66-72. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-4-66-72

Введение

В производстве обезжиренных и/или диетических кисломолочных продуктов, включая йогурты, актуально использование белковых обогатителей [1]–[3]. Их добавление позволяет повысить пищевую и биологическую ценность [4, 5], а также улучшить консистенцию, стабилизировать структуру и повлиять на органолептические характеристики продукта [6, 7]. Особенно это актуально для вариантов, где белковые компоненты частично компенсируют отсутствие жира и обеспечивают желаемую текстуру. С технологической точки зрения белки участвуют в формировании гелевой структуры, удержании влаги и поддержании стабильности продукта в процессе хранения [8, 9].

Среди белковых ингредиентов, применяемых при производстве йогуртов, особое внимание заслуживают сухое обезжиренное молоко (СОМ) и концентрат сывороточного белка (КСБ). Эти компоненты обладают высокой питательной ценностью, нейтральными вкусами, длительными сроками годности, что делает их перспективными для использования в разных отраслях пищевой промышленности [10]–[12]. Оба вида белковых обогатителей доступны на рынке пищевых ингредиентов, поскольку вырабатываются российскими производителями.

Восстановленное в воде СОМ приобретает вкус, близкий к пастеризованному обезжиренному молоку, а восстановленный КСБ имеет слабо молочный или более интенсивно выраженный белковый молочный вкус. Растворимость и однородность этих ингредиентов являются ключевыми технологическими характеристиками, особенно важными для применения в йогуртах, где стабильная структура и консистенция продукта имеют первостепенное значение. Соответствующие показателям качества СОМ и КСБ не должны иметь посторонних запахов или привкусов и должны соответствовать стандартам микробиологической и гигиенической безопасности^{1,2}. В силу того, что состав и физико-химические свойства СОМ и КСБ не одинаковы, специфика использования каждого из ингредиентов в технологии кисломолочных продуктов будет отличаться [13, 14].

Цель и задачи исследования

Целью исследования являлось изучение влияния СОМ и КСБ на свойства смесей для йогурта и показатели готового продукта.

Задачи исследования включали:

- составление модельных смесей с разным содержанием белковых обогатителей;
- определение увеличения содержания белка в опытных образцах продукта при использовании СОМ и КСБ;
- изучение процесса молочнокислого сквашивания контрольных и опытных образцов;
- исследование влияния СОМ и КСБ на органолептические и физико-химические показатели образцов.

Объекты и методы исследования

В работе использовали следующее сырье:

- ультрапастеризованное молоко с массовой долей жира 2,5% одной партии марки «Село Зеленое», выработанное на ООО «Казанский Молочный Комбинат»;
- сухое обезжиренное молоко, выработанное на ООО «Рогачевский МКК»;
- концентрат сывороточных белков марки «WPC 80 Premium» (Франция).

Для сквашивания смеси использовали традиционную закваску для йогурта ООО «Заквасок ДОМ», в состав которой входили *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*. Это сухая лиофилизированная закваска в вакуумной упаковке, одна порция закваски массой 1 г предназначена для приготовления от 1 до 3 л кисломолочного продукта. Объем заквашиваемого молока во всех сериях опытов составлял 2 л.

Молоко подогревали до температуры 45–47 °С, вносили закваску, хорошо перемешивали смесь для равномерного распределения закваски по всему объему. Заквашенное молоко делили на несколько частей в соответствии с заданным числом опытных вариантов (один из них был контрольным), вносили в них необходимое количество анализируемого компонента, образцы тщательно перемешивали и разливали в стерильные стеклянные емкости. В опытных образцах количество добавки составляло 3, 5 и 7%. Контролем служило молоко без белковых обогатителей.

Число емкостей для каждого варианта соответствовало числу контрольных точек. Подготовленные образцы помещали в термостат с температурой (42±1) °С и выдерживали их до образования плотного сгустка. Затем сквашенные образцы помещали в холодильник.

Итоги экспериментов были проанализированы с помощью математических методов при использовании программного обеспечения Microsoft Office.

Каждое испытание повторяли пять раз, а уровень доверия составил 0,95. Результаты представлены в виде сред-

¹ Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 9 декабря 2011 г.

² Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии № 67 от 9 октября 2013 г.

него значения ($\bar{X}$ и стандартной ошибки среднего (SE), как: $\bar{X} \pm SE$.

Методы лабораторного анализа

Определение *органолептических показателей* проводили по методу органолептической оценки без применения технических измерительных и регистрационных средств в соответствии в ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011.

Титруемую кислотность в образцах определяли согласно ГОСТ Р 54669–2011 перед термостатированием, в процессе сквашивания через каждый час, после выдержки в термостате в течение суток, через сутки после выдержки в холодильнике, а также через 7 сут хранения.

Активность молочнокислых процессов оценивали по *степени кислотообразования*, которая учитывает титруемую кислотность до и после сквашивания, и определяется количеством синтезируемой молочной кислоты (лактата) в 100 см³ продукта по формуле [15]:

$$W = \frac{0,09 \cdot (^\circ T_{\text{к}} - ^\circ T_{\text{н}}) 100}{m}, \tag{1}$$

где W — массовая доля молочной кислоты, %; 0,009 — содержание лактата (г) в 100 см³ продукта, соответствующее 1°Т; $^\circ T_{\text{н}}$, $^\circ T_{\text{к}}$ — титруемая кислотность начальная и конечная, соответственно; m — масса 100 см³ продукта.

Среднюю скорость кислотообразования, определяли отношением количества образуемого лактата к продолжительности процесса сквашивания по формуле:

$$v = \frac{W}{\tau}, \tag{2}$$

где v — скорость кислотообразования, г/ч; τ — продолжительность процесса сквашивания, ч.

Показатель *пост-окисления* сквашенных образцов определяли после хранения образцов в течение 7 сут при температуре (4±2) °С по формуле:

$$\Delta^\circ T = ^\circ T_{\text{хр}} - ^\circ T_{\text{св}}, \tag{3}$$

где $\Delta^\circ T$ — прирост титруемой кислотности образцов через 7 сут хранения, °Т; $^\circ T_{\text{хр}}$ — титруемая кислотность образцов через 7 сут хранения, °Т; $^\circ T_{\text{св}}$ — титруемая кислотность свежесквашенных образцов, °Т.

Условную вязкость образцов определяли с помощью вискозиметра ВЗ-246 по скорости вытекания пробы объемом 100 см³ через сопло с диаметром 0,4 см.

Влагоудерживающую способность сгустков определяли методом центрифугирования образцов с частотой оборотов 1000 оборотов в минуту на протяжении 10 и 30 мин.

Пищевую ценность образцов определяли расчетным методом согласно требованиям ТР ТС 022/2011.

Результаты и их обсуждение

Интервал внесения белковых обогатителей выбран на основании действующих на практике рекомендаций использования СОМ для повышения массовой доли сухих веществ в продуктах. Согласно производственным рецептурам, при производстве йогуртов в состав нормализованной смеси вводят сухое обезжиренное молоко в количестве 4–5% [16].

Расчеты показали, что в каждом параллельном эксперименте массовые доли сухих веществ в опытных образцах были сопоставимы друг с другом (табл. 1).

Добавление КСБ, в большей степени чем СОМ, увеличивало содержание белка в опытных образцах, как это показано на рис. 1.

Аналогично, после внесения КСБ массовая доля жира в опытных образцах увеличилась больше, чем после добавления СОМ. При этом доля углеводного компонента стала больше в опытных образцах после внесения СОМ, чем после добавления КСБ (табл. 1).

Введение в смесь белковых компонентов интенсифицировало процесс кислотонакопления, поскольку все определяемые показатели в опытных образцах более высокие, чем в образцах контроля. Также, судя по показателям титруемой кислотности после образования сгустка и по средней скорости кислотообразования, СОМ оказало более заметное влияние на молочнокислый процесс по сравнению с КСБ (табл. 2).

При сравнении степени кислотообразования сразу после сквашивания и после 7 сут холодильного хранения достоверно установлено положительное влияние добавленных ингредиентов на интенсивность молочнокислого процесса. Однако точных отличий в скорости накопления лактата в опытных образцах в зависимости от содержания в них СОМ и КСБ не установлено, ни сразу после сквашивания, ни после холодильного хранения в течение 7 сут (рис. 2).

Показатели пост-окисления представлены на рис. 3. Как следует из этой диаграммы, прирост кислотности в опытных образцах был достоверно больше, чем в кон-

Таблица 1

Пищевая ценность образцов

Table 1

Nutritional value of the samples

Добавленный ингредиент	Массовая доля ингредиента в молоке, %	Массовая доля в образце продукта, %			
		Белки	Жиры	Углеводы	Сухие вещества
Контроль	0	3,00	2,50	4,71	10,21
СОМ	3	3,93	2,47	6,10	12,50
СОМ	5	4,55	2,45	7,02	14,02
СОМ	7	5,17	2,43	7,95	15,55
КСБ 80	3	5,19	2,64	4,84	12,66
КСБ 80	5	6,65	2,73	4,92	14,30
КСБ 80	7	8,11	2,82	5,01	15,94

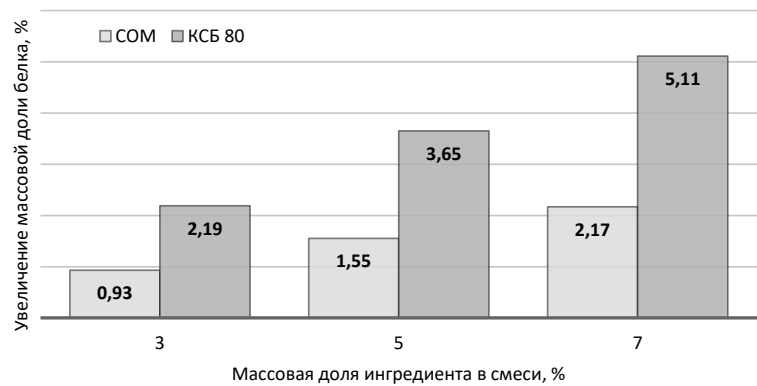


Рис. 1. Абсолютное увеличение содержания белка в опытных образцах после добавления COM и КСБ
Fig. 1. Absolute increase in protein content in the experimental samples after adding SMP and WPC

Влияние белковых компонентов на интенсивность сквашивания образцов

Таблица 2

The effect of protein components on the intensity of fermentation in samples

Table 2

Добавленный ингредиент	Массовая доля ингредиента в молоке, %	Титруемая кислотность смеси, °Т		Средняя скорость кислотообразования, проценты лактата/ч
		После внесения закваски	После образования сгустка	
Контроль	0	17,00±0,29	80,00±0,22	1,42
COM	3	22,00±0,38	103,00±0,20	1,82
COM	5	26,00±0,29	115,00±0,19	2,00
COM	7	31,00±0,25	122,00±0,18	2,05
КСБ 80	3	22,00±0,29	96,00±0,17	1,67
КСБ 80	5	26,00±0,25	110,00±0,63	1,89
КСБ 80	7	31,00±0,06	116,0±0,04	1,91

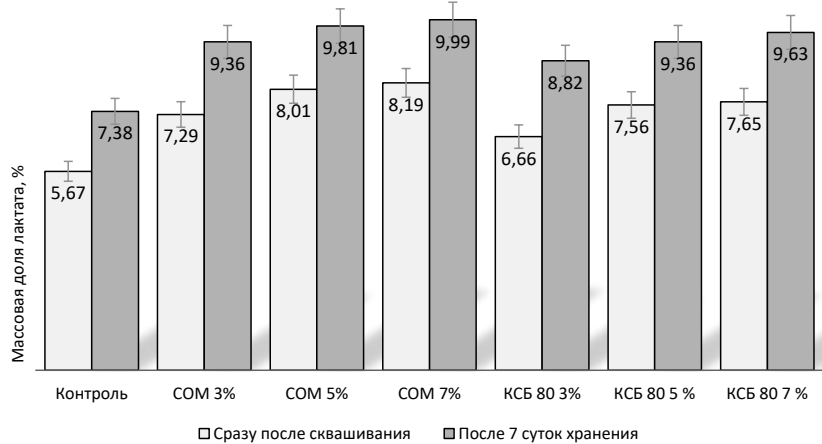


Рис. 2. Степень кислотообразования
Fig. 2. Degree of acid formation

трольных. Однако достоверной зависимости увеличения показателей пост-окисления от содержания COM или КСБ в образцах не установлено.

Обогащение продукта белковой составляющей в дозе 3–5% благотворно отразилось на вкусе и аромате продукта. Образцы с COM и КСБ отличались более полным насыщенным вкусом и ароматом по сравнению с контролем. Однако в образце с 7% КСБ был отмечен белковый привкус, который снизил балльную оценку продукта по показателю вкуса.

В условиях эксперимента установлено, что консистенция в образцах с COM и КСБ существенно различалась. Добавление COM привело к значительному уплотнению структуры продукта, повышению его вязкости, в то время как внесение КСБ, напротив, ослабило сгусток, придало ему большую текучесть (рис. 4).

Белковые наполнители повысили влагоудерживающие свойства сгустков, особенно существенные изменения в этом показателе свойственны образцам с КСБ (рис. 5).

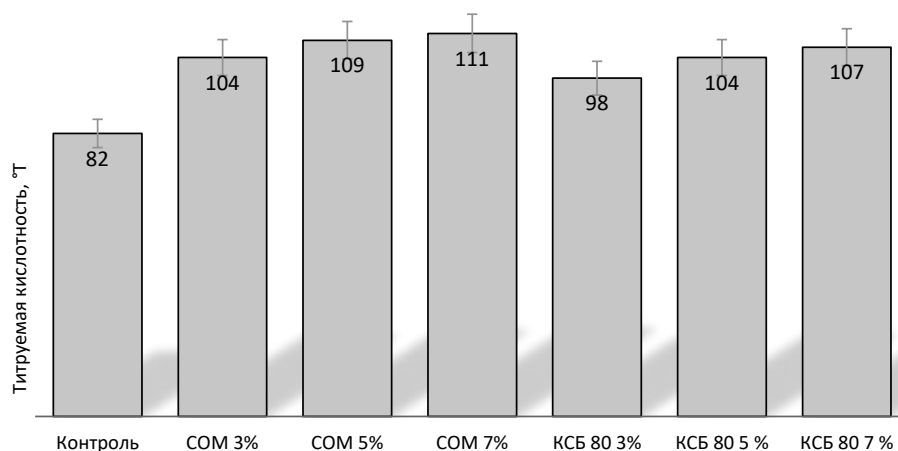


Рис. 3. Показатель пост-окисления сквашенных образцов

Fig. 3. Post-oxidation indicator of fermented samples

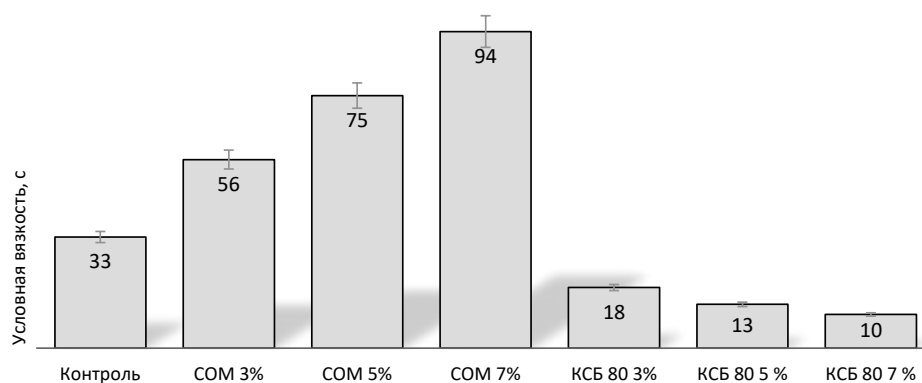


Рис. 4. Влияние COM и КСБ на условную вязкость кислотных сгустков

Fig. 4. Effect of SMP and WPC on the conditional viscosity of acid clots

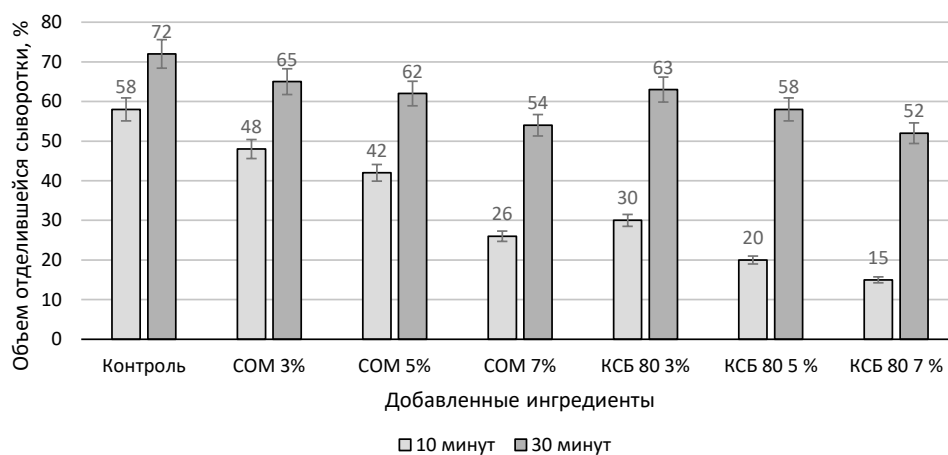


Рис. 5. Влияние COM и КСБ на влагоудерживающие свойства кислотных сгустков

Fig. 5. Effect of SMP and WPC on the moisture-retaining properties of acid clots

Наблюдаемое улучшение влагоудерживающей способности сгустков с COM и КСБ достоверно в сравнении с контрольными образцами. Также достоверно установлено, что после центрифугирования проб в течение 10 мин, способность сгустков удерживать влагу положительно коррелировала с массовой долей добавленных ингредиентов. При более длительном центри-

фугировании в течение 30 мин достоверные отличия подтверждены при концентрации обоих ингредиентов 7%.

Заключение

Полученные в исследовании результаты позволяют сделать ряд выводов.

При выборе белкового наполнителя необходимо учитывать требования к готовому продукту. Если ставится задача выработать питьевой йогурт с однородной жидкой консистенцией, более предпочтительно использовать КСБ в количестве 3–5%, тем более, что данный компонент обогащает продукт сывороточными белками, биологическая ценность которых общеизвестна. При необходимости получения продукта с плотной консистенцией, особенно при термостатном способе производства йогурта, целесообразно вносить в смесь СОМ в исследованном диапазоне от 3 до 5% от массовой доли смеси.

При использовании в качестве наполнителя СОМ экономические показатели производства будут выше по сравнению с применением КСБ.

Литература

1. Влияние способов концентрирования на технологические свойства сухого молока /А. Г. Кручинин, Е. Е. Илларионова, А. В. Бигаева, С. Н. Туровская // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 135–142. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-135-142
2. Роль технологических свойств сухого молока в формировании качества пищевых систем / А. Г. Кручинин, Е. Е. Илларионова, А. В. Бигаева, С. Н. Туровская // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8 (161). С. 166–173. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-166-173
3. Protein and amino acid requirements in human nutrition Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation WHO Technical Report Series 935, 2007.
4. Опыт создания и внедрения в промышленное производство специализированного пищевого кисломолочного продукта «КОВИТАЛАКТ» /К. М. Гаппарова, А. Л. Новокшанова, О. Н. Юскина, О. В. Оксененко, К. Б. Сухарев // В сборнике: Эрисмановские чтения — 2024. Новое в нутрициологии и гигиене питания для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Мытищи, 21–22 ноября 2024 года. Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 2024. С. 28–30.
5. Агарков А. А. Разработка технологии сквашенного напитка на основе ультрафильтрационного концентрата сывороточных белков: автореферат дис.... канд. техн. наук: 05.18.04 / [Место защиты: Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН]. Москва. 2021. 25 с.
6. Варивода А. А. Использование концентрата сывороточных белков в качестве стабилизатора структуры при производстве продуктов питания // Ползуновский вестник. 2020. №2. С. 58–62. DOI: 10.25712/ASTU. 2072–8921.2020.02.011
7. Пикулинок М. Н. Методы производства молочных продуктов с добавлением сывороточных белков// Journal of Agriculture and Environment. № 11 (51). 2024. С. 1–7. <https://doi.org/10.60797/JAE. 2024.51.15>
8. Гурский И. А. Текстура обезжиренного йогурта с изолятами и концентратами белков // Пищевые системы. 2023. №1. С. 29–35. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-29-35>
9. Особенности производства йогуртов с повышенным содержанием белка /Л. В. Коновалова, Т. Г. Шабдарова, Б. С. Росыгина // Материалы конференции: Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Марийский ГУ2019. № 21. С. 226–229.

Дополнительным преимуществом использования СОМ и КСБ является увеличение выхода готового продукта за счет удержания влаги и повышения общей плотности молочной основы, что делает использование исследованных белковых обогатителей в промышленных масштабах экономически целесообразным. Также важно подчеркнуть, что использование СОМ и КСБ в технологии кисломолочных продуктов с повышенной пищевой ценностью и улучшенными потребительскими свойствами не требует кардинального изменения производственного процесса.

Материал подготовлен в рамках Государственного задания FGMP-2025–0014 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

References

1. Influence of Concentration Methods on the Technological Properties of Powdered Milk / A. G. Kruchinin, E. E. Illarionova, A. V. Bigaeva, and S. N. Turovskaya. *Bulletin of KrasGAU*. 2021. No. 2 (167). Pp. 135–142. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-135-142 (in Russian)
2. The Role of the Technological Properties of Powdered Milk in the Formation of the Quality of Food Systems / A. G. Kruchinin, E. E. Illarionova, A. V. Bigaeva, S. N. Turovskaya. *Bulletin of KrasGAU*. 2020. No. 8 (161). pp. 166–173. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-166-173 (in Russian)
3. Protein and amino acid requirements in human nutrition Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation WHO Technical Report Series 935, 2007.
4. Experience in creating and introducing into industrial production a specialized food fermented milk product “KOVITALACT” /K. M. Gapparova, A. L. Novokshanova, O. N. Yuskina, O. V. Oxenenko, K. B. Sukharev. In the collection: *Erisman Readings — 2024*. New developments in nutrition and food hygiene to ensure the sanitary and epidemiological well-being of the population. Mytishchi, November 21–22, 2024. Federal Scientific Center of Hygiene named after F. F. Erisman, 2024. pp. 28–30. (in Russian)
5. Agarkov, A. A. Development of the technology of fermented drink based on ultrafiltration concentrate of whey proteins: abstract of dis.... cand. tech. sciences: 05.18.04 / [Place of defense: Federal Scientific Center of Food Systems named after V. M. Gorbato of the Russian Academy of Sciences]. Moscow. 2021. 25 p. (in Russian)
6. Varivoda A. A. The use of whey protein concentrate as a structure stabilizer in the production of food products. *Polzunovsky Vestnik*. 2020. No. 2. Pp. 58–62. DOI: 10.25712/ASTU. 2072–8921.2020.02.011 (in Russian)
7. Pikulink M. N. Methods of production of dairy products with the addition of whey proteins. *Journal of Agriculture and Environment*. No. 11 (51). 2024. Pp. 1–7. <https://doi.org/10.60797/JAE. 2024.51.15> (in Russian)
8. Gursky I. A. The texture of skimmed yogurt with protein isolates and concentrates. *Food systems*. 2023. No. 1. Pp. 29–35. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-29-35> (in Russian)
9. Features of the production of yogurts with increased protein content /L. V. Konovalova, T. G. Shabdarova, B. S. Rosyгина. Conference materials: *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. Mari State University. 2019. No. 21. pp. 226–229. (in Russian)

10. Новокшанова А. Л., Петрова Л. А. Выбор ингредиентов для спортивного напитка, обогащенного белками молочной сыворотки // В сборнике LVI МНПК: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Пенза, 2022. С. 66–68.
11. Паладий И. В. и др. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение. // Электронная обработка материалов. 2021. Т. 57. № 1. С. 52–69. DOI: 10.5281/zenodo.4456698
12. Корниенко В. Ю., Минаев М. Ю. Тенденции в развитии трехмерной печати продуктов питания // Пищевые системы 2022. 5 (1). С. 23–29. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-23-29
13. Новокшанова А. Л. Технологические функции белков молочной сыворотки в энтеральном питании // Ползуновский вестник. 2025. № 2. С. 108–111. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.016>
14. Концентраты молочных белков для использования в специализированных продуктах питания / С. В. Симоненко, Т. А. Антипова, Н. Л. Андросова и др. // Пищевая промышленность. 2022. № 11. С. 19–21. DOI: 10.52653/PPI.2022.11.11.004
15. Тепел А. Химия и физика молока / А. Тепел. — Пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С. А. Фильчаковой. СПб.: Профессия, 2012. 832 с.
16. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. В трех томах. Т. 1. Цельномолочные продукты. СПб: ГИОРД. 1999. 384 с.
10. Novokshanova A. L., Petrova L. A. Selection of Ingredients for a Sports Drink Enriched with Whey Proteins. In the collection LVI MNPC: Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations. Penza, 2022. pp. 66–68. (in Russian)
11. Palladiy I. V. et al. Whey: A Review of Research. Part 1. Classification, composition, properties, derivatives, and applications. *Electronic Processing of Materials*. 2021. Vol. 57. No. 1. Pp. 52–69. DOI: 10.5281/zenodo.4456698 (in Russian)
12. Kornienko V. Yu., Minaev M. Yu. Trends in the Development of Three-Dimensional Printing of Food Products. *Food systems*. 2022. 5 (1). Pp. 23–29. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-23-29 (in Russian)
13. Novokshanova A. L. Technological functions of whey proteins in enteral nutrition. *Polzunovsky bulletin*. 2025. No. 2. Pp. 108–111. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.016> (in Russian)
14. Concentrates of milk proteins for use in specialized food products / S. V. Simonenko, T. A. Antipova, N. L. Androsova et al. *Food Industry*. 2022. No. 11. Pp. 19–21. DOI: 10.52653/PPI.2022.11.11.004 (in Russian)
15. Tepel A. Chemistry and physics of milk / A. Tepel. — Translated from German. edited by Candidate of Technical Sciences, Associate Professor S. A. Filchakova. St. Petersburg: Profession, 2012. 832 p. (in Russian)
16. Stepanova L. I. Handbook of dairy production technologist. Technology and formulations. In three volumes. Vol. 1. Whole milk products. St. Petersburg: GIORД. 1999. 384 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Арсеньева Тамара Павловна

Д. т. н., профессор, факультет экотехнологий, Университет ИТМО, 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, tamara-arseneva@mail.ru

Новокшанова Алла Львовна

Д. т. н., ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, Москва, Устьинский проезд, 2/14, alnovokshanova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5049-1472

Евстигнеева Татьяна Николаевна

К. т. н., доцент кафедры естествознания и географии Ленинградского государственного университета имени А. С. Пушкина, 196605 Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10, romihka@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7415-6575

Information about authors

Arsenyeva Tamara P.

D. Sc., Professor, Faculty of Ecotechnology, ITMO University, 9 Lomonosova St., Saint Petersburg, 191002, Russia, tamara-arseneva@mail.ru

Novokshanova Alla L.

D. Sc., Leading Researcher at the Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Russia, Moscow, Ustinsky passage, 2/14, alnovokshanova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5049-1472

Evstigneeva Tatyana N.

Ph. D., Associate Professor of the Department of Natural Sciences and Geography of the Leningrad State University named after A. S. Pushkin, 10 Peterburgskoe Shosse, Pushkin, 196605 Russia, romihka@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7415-6575



Статья доступна по лицензии
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»