

Научная статья

УДК 637.146.24

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.7>

Влияние концентрата сывороточного белка на качественные характеристики и выход творога

Елена Юрьевна Поротова^{1*}, Марина Васильевна Каледина²

¹Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского (п. Аграрное, г. Симферополь, 295492, Республика Крым, Россия)

²Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (д. 1, ул. Вавилова, пос. Майский, 308503, Белгородская обл., Россия)

¹alenaporotova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6124-6416>

²Kaledina_MV@bsaa.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>

*Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение. Недостаток белка в рационе человека является проблемой, с которой сталкивается население многих стран мира. Эффективным решением является использование белковых добавок, в том числе концентрата сывороточных белков (КСБ), в производстве молочных продуктов, таких как кисломолочные напитки, мороженое, творог и творожные изделия. В работе исследовали влияние КСБ на качественные характеристики нежирного творога и творога с массовой долей жира 5%. **Материалы и методы.** Были апробированы дозы внесения КСБ в молочные смеси 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 и 3%. **Результаты и обсуждение.** Изучены термостабильность молочных смесей для творога с КСБ при тепловой обработке и влияние концентрата сывороточного белка на кислотообразующую способность закваски на основе мезофильных лактококков (*Lac. lactis*) при сквашивании молока. Проведена оценка выхода готового продукта и определены органолептические, физико-химические и реологические показатели образцов творога с КСБ. **Заключение.** Исследования позволили отобрать образец творога с массовой долей жира 5% с дозой внесения КСБ-УФ 1 % и образец нежирного творога с дозой внесения КСБ-УФ 0,5% и сделать вывод о возможности использования творога, обогащенного концентратом сывороточного белка для изготовления творожных изделий с мягкой, пластичной, мажущейся консистенцией.

Ключевые слова: концентрат сывороточного белка, ультрафильтрация, сквашивание, синерезис, творог.

Для цитирования: Поротова Е. Ю., Каледина М. В. Влияние концентрата сывороточного белка на качественные характеристики и выход творога // Современная наука и инновации. 2025. № 4. С. 73-83. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.7>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.10.2025;
одобрена после рецензирования 01.11.2025;
принята к публикации 01.12.2025.

Effect of whey protein concentrate on the quality characteristics and yield of cottage cheese

Elena Y. Porotova^{1*}, Marina V. Kaledina²

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia)

² Belgorod State Agrarian University V. Ya. Gorin (1, Vavilov St., Maysky, 308503, Belgorod Region, Russia)

¹ <http://orcid.org/0000-0001-6124-6416>, e-mail: alenaporotova@gmail.com

² <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>, e-mail: Kaledina_MV@bsaa.edu.ru.

*Corresponding author

Abstract. Introduction. The lack of protein in the human diet is a problem faced by the population of many countries around the world. An effective solution is the use of protein supplements, including whey protein concentrate (WPC), in the production of dairy products such as fermented milk drinks, ice cream, cottage cheese, and cottage cheese products. This study investigated the effect of WPC on the quality characteristics of low-fat cottage cheese and 5% fat cottage cheese. **Materials and methods.** The doses of KSB added to milk mixtures were 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, and 3%. **Results and discussion.** The thermostability of milk mixtures for cottage cheese with KSB during heat treatment and the effect of whey protein concentrate on the acid-forming capacity of a starter based on mesophilic lactococci (*Lac. lactis*) during milk fermentation were studied. The yield of the finished product was evaluated, and the organoleptic, physical-chemical, and rheological properties of the cottage cheese samples with KSB were determined. **Conclusion.** The research allowed for the selection of a 5% fat-content cottage cheese sample with a 1% dosage of ultrafiltered whey protein concentrate (UF-WPC) and a sample of low-fat cottage cheese with a 0.5% dosage of UF-WPC. It was concluded that cottage cheese enriched with whey protein concentrate can be used to produce curd products with a soft, plastic, and spreadable consistency..

Key words: whey protein concentrate, ultrafiltration, fermentation, syneresis, cottage cheeses

For citation: Porotova EYu, Kaledina MV. The effect of whey protein concentrate on the quality characteristics and yield of cottage cheese. *Modern Science and Innovations*. 2025;(4):73-83. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.7>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 01.10.2025;

approved after reviewing 01.11.2025;

accepted for publication 01.12.2025.

Введение. В последние годы в пищевой промышленности наблюдается повышенный интерес к различным пищевым добавкам, среди которых особое место занимают белковые препараты. Это обусловлено глобальной проблемой дефицита пищевого белка в рационе многих людей, особенно в развивающихся странах и среди групп с ограниченным доступом к полноценному питанию. Согласно данным научных обзоров [1], нехватка белка может привести к снижению мышечной массы, ослаблению иммунитета и другим проблемам здоровья, что делает актуальным поиск способов обогащения повседневных продуктов. Одним из эффективных подходов является добавление сывороточных белков в часто потребляемые изделия, такие как кисломолочные напитки, йогурты и творожные продукты, что позволяет повысить их питательную ценность, придать им определенные качественные характеристики без значительного изменения вкуса.

Аминокислотный профиль сывороточных белков наиболее близок к составу мышечной ткани человека, что делает их идеальным источником для поддержки мышечного синтеза и восстановления. Исследования показывают, что сывороточный белок содержит около 43% незаменимых аминокислот, что выше, чем у большинства

белков растительного происхождения и даже некоторых животных [2].

Помимо питательной ценности, сывороточные белки обладают множеством биологически активных свойств, подтвержденных клиническими исследованиями. Они стимулируют иммунную систему за счет повышения уровня антиоксидантов и пребиотических эффектов, способствуют росту полезных бактерий в кишечнике, таких как *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*, что улучшает микробиоту ЖКТ и снижает окислительный стресс. Кроме того, потребление сывороточных белков в спортивном питании повышает концентрацию инсулиноподобного фактора роста, способствуя мышечному росту и восстановлению после нагрузок, а также снижает уровень холестерина. Мета-анализ рандомизированных контролируемых испытаний показал уменьшение LDL-холестерина (**липопротеины низкой плотности**) на 5,38 мг/дл и общего холестерина на 8,58 мг/дл, особенно при сочетании с физическими упражнениями и у лиц с избыточным весом [3]. Дополнительные преимущества включают улучшение настроения за счет повышения серотонина, поддержку костной плотности у пожилых людей и потенциальную защиту печени при неалкогольной стеатогепатите [4].

В промышленном производстве для извлечения сывороточных белков применяются два основных метода: кислотно-тепловой коагуляции и мембранные технологии. Кислотно-тепловой подход включает денатурацию белков путем нагрева сыворотки до 90-95°C с добавлением кислоты для корректировки pH, затем следует центрифугирование для получения концентрата с 8-10% белка и его высушиванием до 95% сухих веществ. Однако из-за высокой стоимости, потенциального ухудшения функциональных свойств (например, снижения растворимости) этот метод используется редко. В отличие от него, мембранные методы, такие как ультрафильтрация (УФ) и микрофильтрация (МФ), получили широкое распространение благодаря экономичности и сохранению нативных свойств белков [5]. Ультрафильтрация позволяет концентрировать сыворотку до 35-80% белка в сухом веществе, а с диализацией – получать изоляты с более 90% белка, без значительной денатурации, что улучшает термостабильность и снижает коагуляцию при нагреве [6].

Полученные концентраты сывороточных белков (КСБ) демонстрируют отличную растворимость в воде в диапазоне pH от 2 до 10, что делает их универсальными для продуктов с разной кислотностью. Их функциональные свойства включают высокую способность к водопоглощению (до 5-7 г воды на 1 г белка), эмульгированию, повышению вязкости, желированию при нагреве, а также стабилизацию пен и эмульсий. Эти характеристики зависят от факторов, таких как источник сыворотки, условия термообработки и хранения: например, текстурированные КСБ при 90°C показывают повышенную термостабильность и лучшую эмульсионную устойчивость по сравнению с необработанными. Такие свойства позволяют оптимизировать текстуру и сроки хранения продуктов, минимизируя синерезис и улучшая органолептические показатели.

Одним из наиболее перспективных направлений применения КСБ является производство нежирных и маложирных творожных изделий, обогащенных сывороточными белками, что способствует улучшению пищевой обеспеченности населения высококачественными продуктами. Добавление КСБ-УФ позволяет снизить жирность до минимума, сохраняя кремовую текстуру и вкус, благодаря способности белков связывать воду и формировать гели. Исследования демонстрируют [7, 8], что введение сывороточных концентратов в творог или аналогичные продукты позволяет повысить содержание белка до 13-15 г на порцию, снижает синерезис сыворотки при хранении. В обезжиренных и маложирных продуктах КСБ компенсирует потерю текстуры, делая продукт более привлекательным для потребителей с фокусом на здоровое питание.

Материалы и методы. Для выработки нежирного творога и творога с массовой долей жира 5% использовались сухие закваски прямого внесения: Choozit MA 4001 (MA 4002) LYO 25 DCU (заквасочные культуры: *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*), изготовитель: Danisco France SASLb; Choozit MM 101 LYO 25 DCU (заквасочные культуры: *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*), изготовитель: Danisco France SAS; молоко коровье цельное по ГОСТ Р 52054 – 2003; молоко коровье обезжиренное по ГОСТ 31658-2012; концентрат сывороточных белков (КСБ-УФ), полученный методом ультрафильтрации WPC 80 Milkiland, изготовитель Ostrovia Poland.

В ходе экспериментов были использованы следующие методы исследований:

- Определение титруемой кислотности по ГОСТ 3624-92;
- Определение активной кислотности по ГОСТ 26781-85;
- Определение массовой доли жира, сухих веществ, белка в молоке с помощью анализатора «Лактан 1-4М» (ООО ВПК «СибagroПРИБОР»)
- Определение массовой доли жира по ГОСТ 5867-90;
- Определение температуры по ГОСТ 26754-85 [90];
- Определение продолжительности процесса по ГОСТ 23350-98;
- Определение влаги и сухого вещества по ГОСТ 3626-73;
- Определение массовой доли белка по ГОСТ Р 53951-2010;
- Определение органолептических показателей (вкуса, запаха, цвета, консистенции) по ГОСТ 28283-89;
- Расчет массовой доли выхода продукта;
- Определение эффективной вязкости с помощью ротационного вискозиметра Реотест-2.

Целью исследований являлось изучение влияния концентрата сывороточного белка на качественные характеристики нежирного и полужирного творога.

3. Результаты исследований и обсуждения. Термическая обработка играет ключевую роль в технологии производства молочных продуктов, обеспечивая не только микробиологическую безопасность за счет уничтожения патогенных микроорганизмов, но и целенаправленное модифицирование физико-химических характеристик сырья, таких как вязкость, растворимость белков и стабильность эмульсий. В контексте изготовления кисломолочной продукции, включая творог, выбор режимов пастеризации молока напрямую влияет на динамику формирования сгустка, его склонность к синерезису и структурно-механические параметры. Температура пастеризации усиливает денатурацию сывороточных белков, способствуя их интеграции в казеиновую матрицу.

В рамках проведенного исследования особое внимание уделялось анализу воздействия различных доз КСБ-УФ на термическую устойчивость молочных смесей при рекомендуемой температуре пастеризации, применяемой в производстве творога, где оптимальные условия включают, нагрев до 78-80°C для минимизации потерь при сохранении гигиенических норм. Для эксперимента подготовили образцы молочных смесей массой 3 кг с содержанием жира 0,05% и 0,78%, обогащенные КСБ-УФ в концентрациях от 0,5% до 3% с интервалом 0,5%, в то время как контрольные образцы не содержали добавки. Перед термической обработкой в каждом варианте оценивали ключевые физико-химические показатели с использованием анализатора молока типа «Лактан 1-4М», включая кислотность, содержание белка и сухих веществ, результаты которых представлены в соответствующих таблицах 1 и 2. Все пробы подвергали пастеризации при 78±2°C с выдержкой 30 секунд – режим, гарантирующий санитарно-гигиеническую безопасность и формирующий желаемые органолептические качества, такие как кремовая текстура и мягкий вкус, без чрезмерной денатурации белков.

Таблица 1. Физико-химические показатели образцов молочной смеси с массовой долей жира 0,78%/ Table 1. Physical and chemical properties of milk mixture samples with a fat content of 0.78%

Наименование показателя	Наименование образца						
	Доза внесения КСБ, %						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	контроль
Кислотность, °Т	18	19	19	20	21	22	18
pH	6,66	6,62	6,58	6,56	6,54	6,53	6,64
Массовая доля жира, %	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Массовая доля белка, %	3,45	3,48	3,51	3,54	3,78	4,1	3,4
СОМО, %	9,25	9,54	9,6	9,81	10,12	10,3	9,17

Таблица 2. Физико-химические показатели образцов молочной смеси с массовой долей жира 0,05%/ Table 2. Physical and chemical properties of milk mixture samples with a fat content of 0.05%

Наименование показателя	Наименование образца						
	Доза внесения КСБ, %						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	контроль
Кислотность, °Т	18	18	20	20	21	21	18
pH	6,66	6,64	6,62	6,55	6,53	6,52	6,68
Массовая доля жира, %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Массовая доля белка, %	3,54	3,68	3,71	3,89	3,97	4,1	3,43
СОМО, %	9,56	9,92	10,19	10,47	10,71	10,98	9,19

Наблюдалось последовательное возрастание кислотности, доли белка и сухих веществ по мере увеличения концентрации КСБ-УФ, что согласуется с данными о том, что добавление сывороточных концентратов повышает буферную емкость системы, стабилизируя pH и предотвращая преждевременную коагуляцию при умеренных температурах.

Однако при уровнях КСБ-УФ от 2% до 3% смеси демонстрировали снижение термостабильности, приводящее к свертыванию во время нагрева с образованием кремового сгустка. Образцы с концентрациями до 1,5% сохраняли стабильность под действием тепла, не проявляя видимых изменений, что позволило отобрать для последующих этапов дозы 0,5%, 1% и 1,5% как оптимальные для баланса между обогащением и технологической устойчивостью.

Далее оценивали влияние внесенного КСБ-УФ на кислотообразующую активность заквасочной микрофлоры в процессе изготовления творога методом кислотной коагуляции, где добавка сывороточных белков может модулировать ферментационные кинетики за счет повышения содержания азота и пребиотических компонентов. Подготовленные молочные смеси с жирностью 0,05% и 0,78%, обогащенные КСБ-УФ в указанных дозах, а также контрольные без добавки, пастеризовали при 78±2°C на 30 секунд, охлаждали до 28-30°C и заквашивали классической закваской на основе мезофильных лактококков (*Lactococcus lactis*) в объеме 5% от массы. Смеси термостатировали при оптимальной температуре сквашивания, мониторя титруемую кислотность ежечасно. Процесс завершался при достижении титруемой кислотности 65-70°Т для обезжиренного творога и 58-60°Т для творога жирностью 5%, что заняло 12 часов во всех случаях. Графики зависимости нарастания кислотности от продолжительности процесса сквашивания образцов молочных смесей представлены на рисунках 1 и 2.

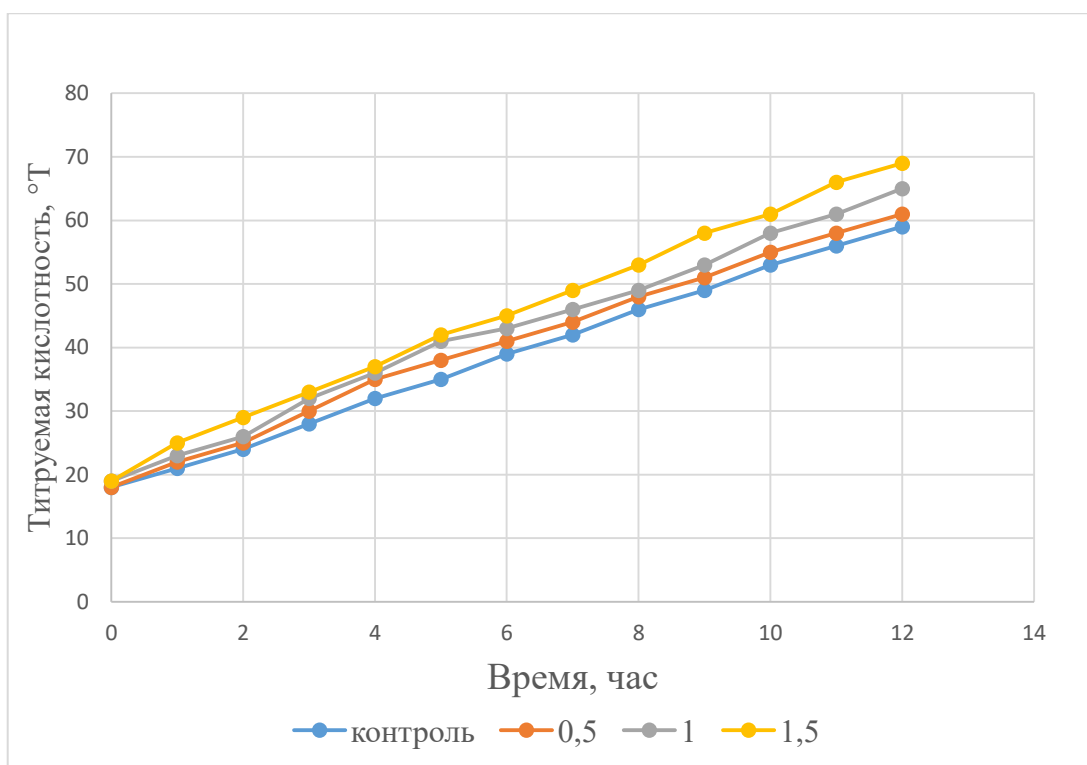


Рисунок 1 - График нарастания кислотности в серии образцов, молока с массовой долей жира 0,78%, обогащенного КСБ-УФ/ Figure 1 - Graph of acidity increase in a series of samples of milk with a mass fraction of fat of 0.78%, enriched with KSB-UV

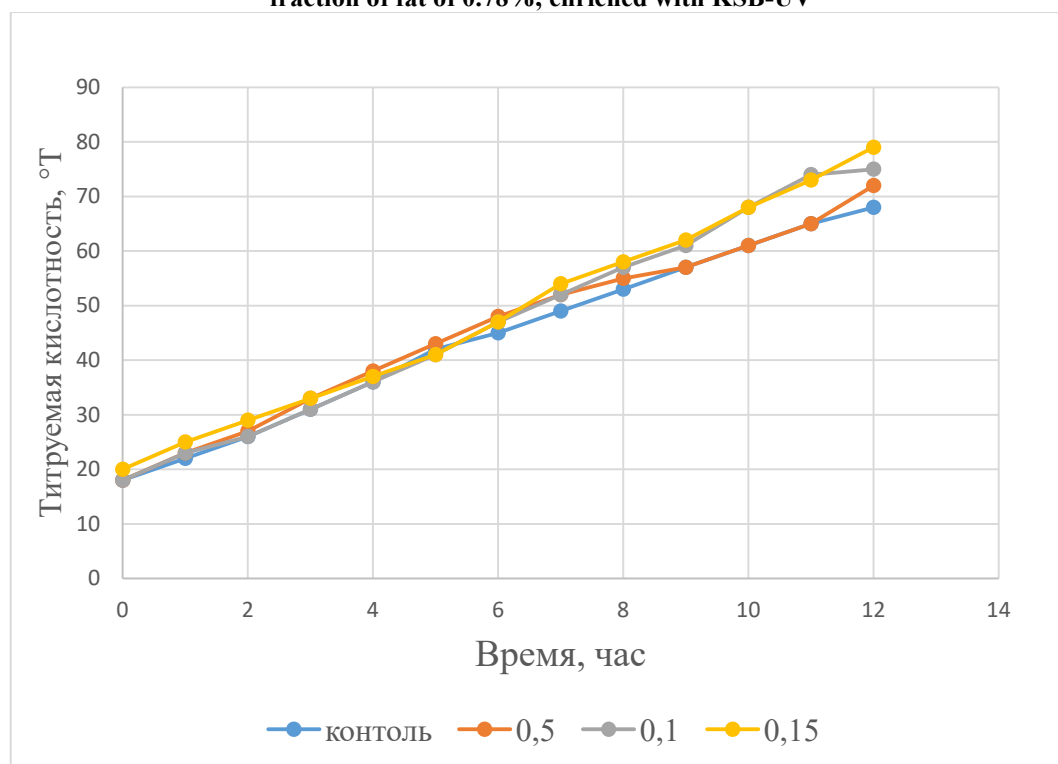


Рисунок 2 - График нарастания кислотности в серии образцов, молока с массовой долей жира 0,05%, обогащенного КСБ-УФ/ Figure 2 - Graph of acidity increase in a series of samples of milk with a mass fraction of fat of 0.05%, enriched with KSB-UV

После окончания процесса сквашивания в образцах двух серий и контрольных образцах была измерена активная кислотность продукта (таблица 3).

Таблица 3. Показатели активной кислотности творожного сгустка образцов, обогащенных КСБ-УФ после сквашивания/ Table 3. Active acidity of curd clot of samples enriched with KSB-UV after fermentation

Показатель	Массовая доля жира молочной смеси, %	Титруемая кислотность, °Т			
		контроль	доза внесения КСБ, %		
			0,5	1,0	1,5
рН	0,78	5,36	5,28	5,22	5,06
	0,05	5,29	5,13	5,10	4,94

В обогащенных пробах нарастание кислотности протекало немного интенсивнее, чем в контроле, благодаря увеличению сухих веществ, буферной емкости по щелочи и общего азота от КСБ-УФ [9]. Однако можно сделать вывод, что значительного влияния на процесс развития микрофлоры творожной закваски концентрат сывороточных белков не оказывает.

Из подготовленных сквашенных образцов был выработан творог. Выход готового продукта отражён в таблице 4.

Таблица 4. Выход творога, обогащенного КСБ-УФ/ Table 4. Yield of cottage cheese enriched with KSB-UV

Массовая доля жира молочной смеси, %	Доза внесения КСБ, %	Масса молочной смеси, кг	Масса продукта, кг	Массовая доля выхода, %
0,78	контроль	3,02	0,56	18,54
0,78	0,5	3,15	0,61	19,37
0,78	1,0	3,01	0,59	19,60
0,78	1,5	3,04	0,58	19,08
0,05	контроль	3,08	0,53	17,21
0,05	0,5	3,03	0,54	17,82
0,05	1,0	3,08	0,54	17,53
0,05	1,5	3,16	0,55	17,41

Анализ показал, что для образцов творога с жирностью 5% добавки КСБ-УФ в 1% и 1,5% не обеспечивали ожидаемого прироста выхода, в то время как максимальный выход фиксировался при дозе внесения 0,5%. КСБ повышает выход за счет лучшего удержания влаги и белка, но избыток может снижать необходимое соотношение жир:белок в нормализованных смесях для белково-жировых продуктов. Для обезжиренного творога самый большой выход достигался при 1% КСБ-УФ, что подчеркивает дозозависимый эффект добавки на конечные показатели, включая структуру, вязкость и стабильность во время хранения, с улучшением водоудерживающей способности и снижением синерезиса.

В целом, внесение КСБ-УФ оптимизирует технологические параметры, но требует точного контроля доз для предотвращения нежелательной коагуляции и максимизации выхода, что согласуется с данными исследований о взаимосвязи концентрации белка и выхода, где повышение белка усиливает скорость образования геля и снижает синерезис [10].

После получения опытных образцов творога обогащенных концентратом сывороточных белков в них были определены стандартные показатели качества для творога. Значение физико-химических показателей и вязкости исследуемых образцов представлены в таблице 5.

Таблица 5. Значение физико-химических и реологических показателей образцов творога с КСБ-УФ/ Table 5. Values of physical, chemical, and rheological parameters of cottage cheese samples with KSB-UV

Наименование показателя	Наименование образца							
	Творог нежирный				Творог с м.д.ж. 5%			
	доза внесения КСБ, %			контроль	доза внесения КСБ, %			контроль
	0,5	1,0	1,5		0,5	1,0	1,5	
Кислотность, °Т	101	108	113	95	96	99	108	94
рН	5,21	5,08	5,01	5,29	5,25	5,23	5,08	5,28
Массовая доля белка, %	18,7	19,4	19,7	18,0	16,8	17,3	17,5	16,0
Массовая доля влаги, %	71,84	74,52	82,1	70,15	73,80	74,84	79,25	68,42
Массовая доля сухих веществ, %	28,16	25,48	25,36	29,85	26,20	30,54	20,75	31,58
Вязкость, Па·с	19,09	18,63	17,18	19,52	19,23	18,96	17,34	19,89

Титруемая кислотность творога растет с увеличением дозы КСБ-УФ, что подтверждается обратной зависимостью значения рН. Предположение, что при внесении КСБ доля белка в продукте будет увеличиваться подтверждается экспериментальными данными. Массовая доля влаги в твороге увеличивается вместе с количеством внесенного КСБ, что обуславливается высокой водопоглощающей и влагоудерживающей способностью сывороточных белков, из-за образования прочных комплексов с казеином при нагревании. Отмечено, что образцы с КСБ-УФ обладают меньшей эффективной вязкостью, что благотворно влияет на консистенцию творога, придавая ему мягкость и нежность. Однако, в образцах с дозой внесения КСБ 1,5 % консистенция становилась излишне мажущей.

В ходе исследований были определены органолептические показатели образцов творога с КСБ-УФ. Для оценки органолептических показателей использовали следующие характеристики продукта: консистенция, внешний вид, вкус, запах, цвет. Оценку проводила дегустационная комиссия. Перед выдачей, пробы были закодированы цифрами от 1 до 8. Оценка органолептических показателей проводилась по 10-ти бальной шкале (1 – очень плохо, 10 – очень хорошо). Максимальную сумму баллов, набрали образцы нежирного творога с дозой внесения КСБ-УФ 0,5% и творога с массовой долей жира 5% с дозой внесения КСБ-УФ 1%. Были рассчитаны суммарные значения показателей каждого из образцов.

По данным расчёта были построены органолептические профили образцов нежирного творога, и творога с массовой долей жира 5% с КСБ-УФ и без него, которые представлены на рисунках 3 и 4.

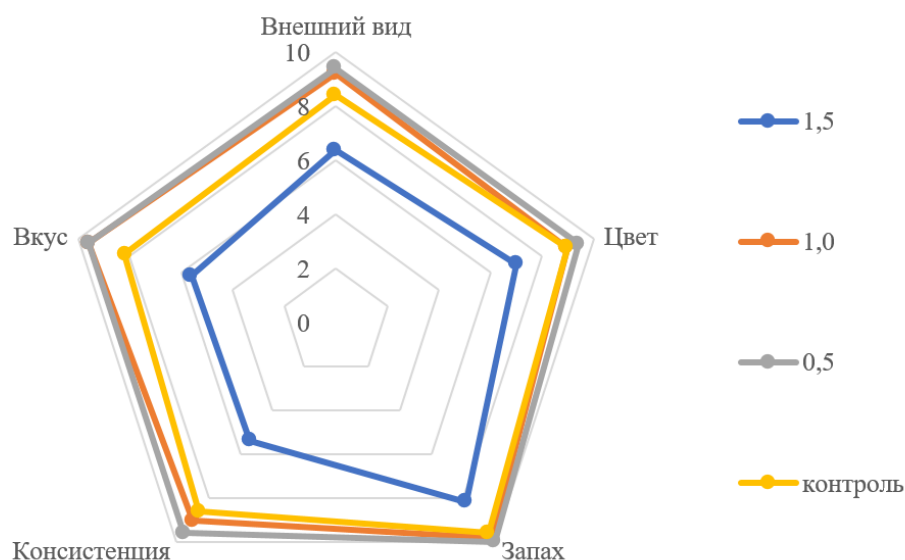


Рисунок 3 - Органолептический профиль образцов нежирного творога с КСБ-УФ/ Figure 3 - Organoleptic profile of low-fat cottage cheese samples with KSB-UV

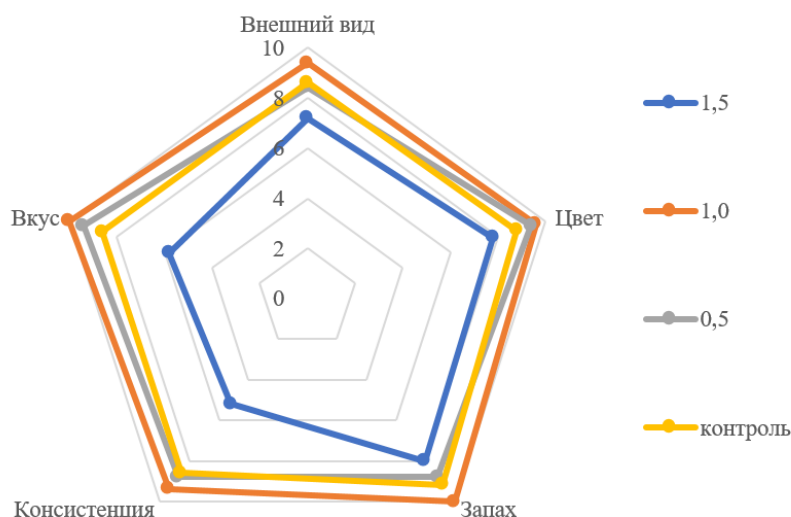


Рисунок 4 - Органолептический профиль образцов творога с массовой долей жира 5 % с КСБ-УФ/ Figure 4 - Organoleptic profile of 5% fat cottage cheese samples with KSB-UV

В ходе анализа органолептических профилей установлено, что образцы нежирного творога с дозой КСБ-УФ 1 и 1,5% и творога с массовой долей жира 5% с дозой КСБ-УФ 1,5% характеризовались крупитчатая структурой, в них наблюдались частицы нерастворившегося КСБ в виде кремовых вкраплений, а так же консистенция продукта была излишне мажущая. Другие образцы практически не отличались от контрольных образцов и соответствовали требованиям нормативно-технической документации на творог.

Заключение. Основываясь на результатах исследований процесса сквашивания образцов, изучения физико-химических, реологических и органолептических показателей, а также расчету массовой доли выхода продукта установили, что наилучшими показателями обладали: образец творога с массовой долей жира 5% с дозой внесения КСБ-УФ 1 % и образец нежирного творога с дозой внесения КСБ-УФ 0,5%.

Использование КСБ в технологии творога позволяет получить реологические и структурно-механические характеристики продукта, которые обуславливают целесообразность его применения в рецептурах творожных изделий с мягкой, мажущейся

консистенцией, обладающих повышенной пищевой и биологической ценностью. Значительным положительным эффектом является то, что концентрат сывороточного белка придает нежирным видам творога нерезинистую, пластичную структуру, что наиболее характерно для творога с массовой долей жира 9% и выше. Так же ведение КСБ в технологию получения творога позволяет регулировать влагоудержание и повышать выход готового продукта без ухудшения органолептических свойств.

Список источников

1. Cava E, Padua E, Campaci D, Bernardi M, Muthanna FMS, Caprio M, Lombardo M. Investigating the Health Implications of Whey Protein Consumption: A Narrative Review of Risks, Adverse Effects, and Associated Health Issues. *Healthcare (Basel)*. 2024 Jan 18;12(2):246. doi: 10.3390/healthcare12020246. PMID: 38255133; PMCID: PMC10815430.
2. Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG, Waterval WAH, Bierau J, Verdijk LB, van Loon LJC. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*. 2018 Dec;50(12):1685-1695. doi: 10.1007/s00726-018-2640-5. Epub 2018 Aug 30. PMID: 30167963; PMCID: PMC6245118.
3. The effects of whey protein supplementation on indices of cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials/ K. Prokopidis, P.T. Morgan, N. Veronese, J. Morwani-Mangnani, K. K. Triantafyllidis, K. S. Kechagias, J. Roberts, C. Hurst, E. Stevensonj, D. Vlachopoulos, O. C. Witard. *Clinical Nutrition Volume 44*, January 2025, Pages 109-121 <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.12.003>.
4. J. Zhang, X. Tong, Z. Wan, Y. Wang, L. Qin, I. Szeto/ Effect of whey protein on blood lipid profiles: a meta-analysis of randomized controlled trials *Eur J Clin Nutr*, 70 (2016), pp. 879-885; M. Vajdi, V. Musazadeh, M. Zareei, S. Adeli, A. Karimi, A. Hojjati, et al. The effects of Whey protein on blood pressure: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 33 (9) (2023), pp. 1633-1646; K. Wirunsawanya, S. Upala, V. Jaruvongvanich, A. Sanguankeo. Whey protein supplementation improves body composition and cardiovascular risk factors in overweight and obese patients: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Nutr*, 37 (2018), pp. 60-70.
5. Комплексный подход к производству белковых ингредиентов на основе молочного сырья / Д. Н. Володин, В. К. Топалов, И. А. Евдокимов [и др.] // *Молочная промышленность*. 2022. № 1. С. 34-36.
6. Новое поколение белковых ингредиентов на основе фракционирования молока / Д. Н. Володин, В. К. Топалов, И. К. Куликова, И. А. Евдокимов // *Переработка молока*. 2021. № 8(262). С. 10-12.
7. Morr, C. V., Ha, E. (2017). «Whey proteins and their applications in food products» *Food Technology*, 71(6), 30-39.
8. Pérez, M., Martínez, L. (2022). «The role of whey proteins in reducing syneresis in low-fat yogurts», *Journal of Food Science*, 87(1), 45-52. DOI: 10.1111/1750-3841.16400.
9. Формирование белковых структур молочных систем с концентратом мицеллярного казеина в технологии греческого йогурта / М. В. Каледина, В. П. Витковская, М. И. Шрамко [и др.] // *Индустрия питания*. 2025. Т. 10, № 2. С. 57-66.
10. Giroux, Hélène & Dupont, Florence & Villeneuve, Geneviève & Britten, Michel. (2020). Effect of heating milk on whey protein denaturation and cheese-making properties. *International Dairy Journal*. 111. 104831. 10.1016/j.idairyj.2020.104831.

References

1. Cava E, Padua E, Campaci D, Bernardi M, Muthanna FMS, Caprio M, Lombardo M. Investigating the Health Implications of Whey Protein Consumption: A Narrative Review of Risks, Adverse Effects, and Associated Health Issues. *Healthcare (Basel)*. 2024 Jan 18;12(2):246. doi: 10.3390/healthcare12020246. PMID: 38255133; PMCID: PMC10815430.
2. Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG, Waterval WAH, Bierau J, Verdijk LB, van Loon LJC. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*. 2018 Dec;50(12):1685-1695. doi: 10.1007/s00726-018-2640-5. Epub 2018 Aug 30. PMID: 30167963; PMCID: PMC6245118.

3. The effects of whey protein supplementation on indices of cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials/ K. Prokopidis, P.T. Morgan, N. Veronese, J. Morwani-Mangnani, K. K. Triantafyllidis, K. S. Kechagias, J. Roberts, C. Hurst, E. Stevenson, D. Vlachopoulos, O. C. Witard// *Clinical Nutrition* Volume 44, January 2025, Pages 109-121 <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.12.003>.
4. J. Zhang, X. Tong, Z. Wan, Y. Wang, L. Qin, I. Szeto/ Effect of whey protein on blood lipid profiles: a meta-analysis of randomized controlled trials *Eur J Clin Nutr*, 70 (2016), pp. 879-885; M. Vajdi, V. Musazadeh, M. Zareei, S. Adeli, A. Karimi, A. Hojjati, et al. The effects of Whey protein on blood pressure: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 33 (9) (2023), pp. 1633-1646; K. Wirunsawanya, S. Upala, V. Jaruvongvanich, A. Sanguankeo. Whey protein supplementation improves body composition and cardiovascular risk factors in overweight and obese patients: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Nutr*, 37 (2018), pp. 60-70.
5. Kompleksnyi podkhod k proizvodstvu belkovykh ingredientov na osnove molochного syr'ya / D. N. Volodin, V. K. Topalov, I. A. Evdokimov [i dr.]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2022. № 1. S. 34-36.
6. Novoe pokolenie belkovykh ingredientov na osnove fraktsionirovaniya moloka / D. N. Volodin, V. K. Topalov, I. K. Kulikova, I. A. Evdokimov. *Pererabotka moloka*. 2021. № 8(262). S. 10-12.
7. Morr, C. V., Ha, E. (2017). «Whey proteins and their applications in food products» *Food Technology*, 71(6), 30-39.
8. Pérez, M., Martínez, L. (2022). «The role of whey proteins in reducing syneresis in low-fat yogurts», *Journal of Food Science*, 87(1), 45-52. DOI: 10.1111/1750-3841.16400.
9. Formirovanie belkovykh struktur molochnykh sistem s kontsentratom mitsellyarnogo kazeina v tekhnologii grecheskogo iogurta / M. V. Kaledina, V. P. Vitkovskaya, M. I. Shramko [i dr.]. *Industriya pitaniya*. 2025. T. 10, № 2. S. 57-66.
10. Giroux, Hélène & Dupont, Florence & Villeneuve, Geneviève & Britten, Michel. (2020). Effect of heating milk on whey protein denaturation and cheese-making properties. *International Dairy Journal*. 111. 104831. [10.1016/j.idairyj.2020.104831](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104831).

Информация об авторах

Поротова Елена Юрьевна, к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Института «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел. +7-978-112-35-02, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0001-6124-6416>, e-mail: alenaporotova@gmail.com;

Каледина Марина Васильевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 308503 Белгородская обл., Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова 1 тел. +7906-601-73-71, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>, e-mail: Kaledina_MV@bsaa.edu.ru.

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Porotova Elena Yurievna, candidate of technical sciences, Associate Professor Associate of the Department of Technology and Equipment for the Production and Processing of Livestock Products at the Institute of Agrotechnological Academy V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe, tel. +7-978-112-35-02, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0001-6124-6416>, e-mail: alenaporotova@gmail.com.

Kaledina Marina Vasilievna, candidate of technical sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, 308503 Belgorod Region, Belgorod District, Maysky Settlement, Vavilov St. 1, tel. +7906-601-73-71, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>, e-mail: Kaledina_MV@bsaa.edu.ru.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.