

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

УДК 641.1:641.5



Специализированная пищевая продукция с иммуномодулирующими свойствами: рецептура базового компонента

А.Л. Новокшанова✉, Ю.С. Сидорова, А.С. Билялова,
Н.А. Петров, Н.А. Бирюлина, Д.Б. Никитюк

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»;
г. Москва, Российская Федерация,
✉ mailbox@ion.ru

Аннотация. Введение. Общеизвестно, что важнейшим алиментарным фактором, необходимым для поддержания иммунной системы человека является адекватная обеспеченность организма белком высокой пищевой и биологической ценности. **Цель исследования.** Целью настоящего исследования являлась разработка композиции из сухой смеси концентрата сывороточного белка молока (КСБ), деминерализованной сыворотки со степенью деминерализации 40% (ДС40) и воды, обогащенной витаминами, для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения. **Объекты и методы исследования.** Состояние дисперсных систем оценивали визуально, вкус и запах – органолептически. Пеностойкость определяли в секундах как время уменьшения объема пены на 50 %. Рассчитывали объем внедренного воздуха и коэффициент устойчивости пен. Измеряли активную кислотность, проводили определение плотности и относительной вязкости. **Результаты и обсуждение.** При выбранном соотношении ингредиентов после их растворения в воде активная кислотность дисперсий достоверно не отличалась между вариантами рецептур и не зависела от температуры растворения. Плотность образцов нарастала с увеличением доли КСБ и снижением количества ДС40. Наибольшее влияние на вязкость образцов оказывали белки, формирующие коллоидную фазу. Установлено, что пеностойкость и коэффициент ее устойчивости увеличиваются при повышении содержания КСБ в исследуемой смеси. По совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка, оптимальной признана рецептура основы, содержащая 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды. Введение в рецептуру витаминов оказывало влияние только на изменение вкуса, появилась легкая кислинка, которая остается в послевкусии, что несколько снизило общую оценку восприятия. **Заключение.** Обоснован макронутриентный состав обогащенной витаминами сухой смеси из КСБ и ДС40 для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, которая может быть использована, в том числе для повышения иммунореактивности организма.

Ключевые слова: белок молочной сыворотки, молочная деминерализованная сыворотка, витамины, вязкость, пеностойкость, взбитость, растворимость, органолептические показатели, вкус, консистенция

Для цитирования: Новокшанова А.Л., Сидорова Ю.С., Билялова А.С., Петров Н.А., Бирюлина Н.А., Никитюк Д.Б. Специализированная пищевая продукция с иммуномодулирующими свойствами: рецептура базового компонента. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 89-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

Благодарность: Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках гранта (проект № 22-16-00006-П)

Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation

A.L. Novokshanova✉, Yu.S. Sidorova, A.S. Bilyalova,
N.A. Petrov, N.A. Biryulina

*Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology, and Food Safety;
Moscow, the Russian Federation
✉ mailbox@ion.ru*

Abstract. Introduction. It is generally recognized that an adequate supply of protein with high nutritional and biological value is the most important nutritional factor necessary for maintaining the human immune system. **The goal of the research** is to develop a composition of a dry mix of whey protein concentrate (WPC), demineralized whey with a demineralization degree of 40% (DS40), and vitamin-enriched water for the creation of specialized multi-purpose food products. **The objects and methods of the research.** The state of dispersed systems was assessed visually, taste and odor - organoleptically. Foam stability was determined in seconds as the time for the foam volume to decrease by 50%. The volume of entrapped air and the foam stability coefficient were calculated. Active acidity was measured, and density and relative viscosity were determined. **The results and discussion.** With the selected ratio of ingredients after their dissolution in water, the active acidity of the dispersions did not differ significantly between the formulation variants and did not depend on the dissolution temperature. The density of the samples increased with an increase in the proportion of WPC and a decrease in the amount of DS40. The proteins forming the colloidal phase had the greatest effect on the viscosity of the samples. It was found that foam stability and its stability coefficient increased with increasing WPC content in the studied mixture. Based on the combined organoleptic and physicochemical parameters, as well as taking into account the higher protein content, a base formula containing 20 g of WPC, 10 g of DS40, and 70 g of water was deemed optimal. The addition of vitamins to the formula only affected the taste; a slight sourness appeared, which lingered in the aftertaste, slightly lowering the overall perception score. **Conclusion:** The macronutrient composition of a vitamin-enriched dry mix of WPC and DS40 was substantiated for the creation of specialized multi-purpose food products, which can be used, among other things, to enhance the body immune response.

Keywords: whey protein, demineralized whey, vitamins, viscosity, foam stability, overrun, solubility, organoleptic properties, taste, consistency

For citation: Novokshanova A.L., Sidorova Yu.S., Bilyalova A.S., Petrov N.A., Biryulina N.A., Nikityuk D.B. Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 89-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation under grant No. 22-16-00006-P.

Введение. Значимость оптимального пищевого статуса, обеспечивающего потребности человека в макро- и микронутриентах, а также в минорных биологически активных веществах (БАВ) пищи, для поддержания гуморального и клеточного звеньев иммунной системы очевидна. При этом общепризнано, что важнейшим алиментарным фактором, необходимым для поддержания иммунной системы человека

является адекватная обеспеченность организма белком высокой пищевой и биологической ценности. Следовательно, в качестве макронутриентов в составах специализированных пищевых продуктов, обладающих иммуномодулирующими (иммуностимулирующими) свойствами, целесообразно использовать пищевые белки с высоким аминокислотным рейтингом, в частности, молочные.

Высокое качество белков молока определяется не только полным набором незаменимых аминокислот, но и другими биологическими свойствами, такими как антимикробные, антиканцерогенные и иммуномодулирующие [1, с. 7478].

Молочные белки состоят в основном из казеина и сывороточного белка, причем казеин составляет 80 %, а сывороточный белок – оставшиеся 20 % [2, с.2]. Хотя окончательно не установлено, какими отдельными компонентами молочных белков: аминокислотами, пептидными фракциями или синергетическим действием, опосредованы их физиологические эффекты, общепризнано, что все функции молочных белков, обуславливающие влияние на иммунную систему, связаны с белками молочной сыворотки. Сывороточные белки состоят из гетерогенной группы белков, таких как β -лактоглобулин, α -лактальбумин, альбумин сыворотки крови, иммуноглобулин, лактоферрин и лактопероксидаза [3, с. 32].

Сывороточные белки молока широко используют в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе специализированной пищевой продукции, в частности, для профилактики таких заболеваний, как сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, сахарный диабет, нарушения функции кишечника, для контроля развития ожирения и увеличения мышечной массы. Например, в работе [4, с. 114] представлены данные о том, что изолят сывороточного белка улучшал функциональное состояние печени и почек крыс, нарушенное циклофосфамидом, благодаря своей антиоксидантной и противовоспалительной активности. Athira et al. продемонстрировали защитный эффект гидролизата сывороточного белка против окислительного повреждения, вызванного парацетамолом [5, с. 1433]. Механизм антиоксидантного действия сывороточных белков связан с ингибированием перекисного окисления липидов (ПОЛ), нейтрализацией активных форм кислорода и хелатированием переходных металлов.

Многочисленные исследования также подтвердили, что β -Lg, α -La и бычий сывороточный альбумин обладают уникальными характеристиками носителей, которые позволяют им связываться с различными веществами и повышать физическую и химическую стабильность биологически активных компонентов, что делает их перспективными системами доставки питательных веществ [6, с. 74; 7, с. 93].

Для отделения белков сыворотки от молока используются различные технологии, такие как фракционирование, концентрирование, коагуляция и сушка. Это привело к производству различных белковых продуктов, доступных на рынках, включая продукты из казеина и продукты из сывороточного белка [8, с. 4428]. Как пищевые ингредиенты сывороточные белки молока, представлены в виде изолятов (ИСБ), концентратов (КСБ) и гидролизатов. Модификация сывороточного белка путем ограниченного гидролиза обычно применяется для улучшения межфазных свойств, повышения растворимости в воде и высвобождения биологически активных пептидов, в том числе обладающих антиоксидантной активностью [9, с. 1]. Сфера применения сухой сыворотки обычно ограничена из-за повышенной кислотности, высокой гигроскопичности, недостатков органолептических свойств (солонватый и кисловатый вкус, выраженный сывороточный запах) [10, с. 65].

При производстве сухих сывороточных продуктов сыворотку можно сушить напрямую или разделять ее на компоненты для получения различных продуктов, таких как безлактозный сывороточный порошок, изолят сывороточного белка, концентрат сывороточного белка и деминерализованная сыворотка (ДС) [11, с. 137]. Деминерализованная сухая молочная сыворотка, получаемая путем удаления минералов из сывороточного белка с высоким их содержанием, обладает улучшенными сенсорными свойствами [12, с. 504] и содержит все водорастворимые компоненты молока, вклю-

чая молочный белок, лактозу и минеральные вещества. Она отличается от обычной сыворотки более сладким вкусом, высокой растворимостью, имеет меньшую кислотность, что существенно расширяет перспективы её применения в составе пищевых продуктов, в том числе специализированных [13, с. 65]. Соответственно перспективным представляется смешивание сывороточного белка молока с деминерализованной сывороткой для получения необходимых органолептических и функциональных свойств базового компонента.

Целью настоящего исследования являлась разработка композиции из сухой смеси КСБ, ДС со степенью деминерализации 40% (ДС40) и воды, обогащенной витаминами, которая может быть использована для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, в том числе для повышения иммунореактивности организма. В качестве критериев оценки использованы органолептические и пенообразующие свойства.

Объекты и методы исследования.

Сырье, используемое для приготовления образцов. В качестве основного сырья использовали концентрат сывороточного белка молока КСБ 80, произведенный по ТУ 9229-008-86526272-2014 (ООО «Тагрис-молоко, РФ») и сыворотку молочную сухую деминерализованную ДС40 (ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод», Республика Беларусь).

Количественные соотношения ингредиентов в опытных композициях представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расход рецептурных компонентов в образцах

Table 1. Consumption of recipe components in samples

Ингредиенты	Расход ингредиентов в вариантах, г/100 г смеси					
	1	2	3	4	5	6
КСБ-ТМ-80	10	12	14	16	18	20
Сухая ДС 40	20	18	16	14	12	10
Вода	70	70	70	70	70	70

Приготовление образцов.

Образцы готовили путем помещения рецептурных навесок компонентов в стакан

вместимостью 250-300 см³, добавления питьевой воды и механического перемешивания дисперсий стеклянной палочкой до полного растворения сухих ингредиентов. При этом для выяснения оптимальных условий растворения использовали два температурных режима: (25±1) °С и (40±1) °С.

Обогащение витаминами.

С целью обогащения будущего продукта витаминами использовали витаминный премикс, состав которого представлен в таблице 2. Дозировка премикса 0,1 г на одну порцию установлена расчетным методом и обеспечивает рекомендуемую норму потребления витаминов в сутки.

Таблица 2. Состав витаминного премикса
Table 2. Composition of the vitamin premix

Название витамина	Единицы измерения	Рекомендованное потребление в сутки (АУП в сутки)	В 0,1 г премикса, мг
A	мкг	900	0,9
D	мкг	10	0,01
E	мг	15	15
C	мг	90	90
B6	мг	2	2
B9	мкг	400	0,4
B12	мкг	3	0,003

Общеукрепляющее действие витаминов заключается в их участии в различных жизненно важных процессах. Дефицит микронутриентов через изменение транскрипции провоспалительных генов влияет на иммунитет, чем обосновывается необходимость обогащения витаминами продуктов питания как массового потребления, так и специализированной пищевой продукции многоцелевого назначения.

Витамин В9 (фолиевая кислота) непосредственно в ЖКТ регулирует выживаемость Т-регуляторных клеток (Т-reg), отвечающих за снижение выраженности воспалительных процессов [14, с. 4]. Витамин В6 (пиридоксин) обеспечивает синтез нуклеиновых кислот и белка, поэтому незаменим для нормального функционирования лимфоцитов, продукции антител, цитокинов и активности натуральных киллеров (NK) [15, с. 1]. Витамин С стимулирует миграцию и дифференцировку Т- и В- лимфоцитов (важнейшие клетки адаптивного имму-

нитета), стимулирует выработку интерферона, усиливает фагоцитарную активность крови и синтез специфических антител; в комбинации с витамином Е он усиливает функции фагоцитов [16, с. 9]. Витамин В12 незаменим при делении клеток, пролиферации лимфоцитов, синтезе антител к полисахаридам пневмококков [17, с. 300].

Ведущая роль для работы иммунной системы показана у всех жирорастворимых витаминов (витамина А, D, и Е). Витамин D усиливает реакции клеточного иммунитета, участвует в координации иммунного ответа, необходим для противотуберкулезного иммунного ответа (через противомикробные пептиды, в частности, через кателицидин) [18, с. 5]. Показан модулирующий эффект витамина А на антителообразование, синтез различных цитокинов, регулирующих активность Т- и В-лимфоцитов, активность комплемента, стимулирующих функцию фагоцитов и NK-клеток [19, с. 4]. Витамин Е стимулирует синтез антител, продукцию интерлейкина-2; восстанавливает популяционный состав и функциональную активность Т-клеточной системы, снижает выраженность аутоиммунной и аллергической реакций [20, с. 3].

Методы исследования.

Состояние дисперсных систем оценивали визуально, вкус и запах – органолептически.

Для изучения пенообразующих свойств полученных образцов их взбивали в цилиндрической емкости ручным миксером в течение 1 минуты при скорости вращения венчика 2000 об/мин.

Пеностойкость определяли в секундах как время уменьшения объема пены на 50 %.

Коэффициент устойчивости пен определяли по формуле:

$$K_{уст} = \frac{\tau}{V_n}, \quad (1)$$

где: $K_{уст}$ – коэффициент устойчивости, мин/см³;

τ – время гашения пены, мин;

V_n – объем пены, см³.

Активную кислотность измеряли согласно ГОСТ 32892-2014, определение плотности проводили на тензиометре K20 (KRUSS, GmbH).

Относительную вязкость смесей определяли с помощью вискозиметра Оствальда с диаметром капилляра 1,12 мм. Для этого определяли время истечения исследуемых образцов и контрольной жидкости (вода), а для расчета вязкости использовали формулу (2), выведенную на основании формулы Ж. Пуазейля:

$$\eta_m = \eta_v \cdot \frac{\rho_m \cdot t_m}{\rho_v \cdot t_v} \quad (\text{Па} \cdot \text{с}) \quad (2)$$

где η_m – вязкость исследуемого образца при 25 °С, Па·с;

η_v – вязкость воды при 25°С, Па·с;

$\eta_v = 1,005 \cdot 10^{-3}$ Па·с;

ρ_m и ρ_v – соответственно плотность исследуемого образца и воды при 25°С, кг/м³;

$\rho_v = 998,2$ кг/м³;

t_m и t_v – время истечения соответственно исследуемого образца и воды из капилляра одного и того же вискозиметра, с.

Результаты и их обсуждение. Физико-химические показатели КСБ и ДС40 представлены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что оба ингредиента содержат незначительное количество жира. При этом КСБ будет преимущественно служить источником белка, а ДС40 – источником белкового и углеводного компонентов одновременно (табл. 4).

При выбранном соотношении ингредиентов после их растворения в воде активная кислотность дисперсий достоверно не отличалась между вариантами рецептур и не зависела от температуры растворения. Плотность образцов нарастала с увеличением доли КСБ и снижением количества ДС40.

Результаты расчета пищевой и энергетической ценности опытных образцов представлены в таблице 5.

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность молочного сырья
Table 3. Nutritional and energy value of dairy raw materials

Наименование сырья	Массовые доли, %			Пищевая ценность, ккал/кДж
	Белки	Жиры	Углеводы	
КСБ	80,0	4,0	2,0	1522/364
ДС40	10,0	1,5	70,0	1420/330

Таблица 4. Плотность и активная кислотность образцов с разным соотношением КСБ и ДС40
Table 4. Density and active acidity of samples with different ratios of KSB and DS40

Варианты рецептур	Массовые доли, %		Плотность, кг/м ³	Активная кислотность, единицы рН
	КСБ	ДС40		
1	10	20	1,109±0,001	6,08-6,23
2	12	18	1,108±0,001	6,08-6,22
3	14	16	1,103±0,001	6,09-6,22
4	16	14	1,100±0,001	6,10-6,20
5	18	12	1,096±0,001	6,10-6,19
6	20	10	1,094±0,001	6,10-6,16

Таблица 5. Пищевая и энергетическая ценность вариантов рецептур при разном соотношении КСБ и ДС40
Table 5. Nutritional and energy value of recipe variants with different ratios of WPC and DS40

Варианты	Массовые доли, %				Энергетическая ценность /калорийность, ккал/кДж
	Белки	Жиры	Углеводы	Сухие вещества	
1	10,20	0,75	16,70	27,70	114/485
2	11,58	0,84	15,24	27,48	115/487
3	12,96	0,93	13,78	27,26	115/489
4	14,34	1,02	12,32	27,04	116/491
5	15,72	1,11	10,86	26,82	116/493
6	17,10	1,20	9,40	26,60	117/495

Массовая доля белка в модельных системах пропорционально нарастала, начиная с 10,2 % при минимальном содержании КСБ в образцах 10 %, до 17,1 % при содержании КСБ 20 %. Содержание углеводов при этом, наоборот, снижалось.

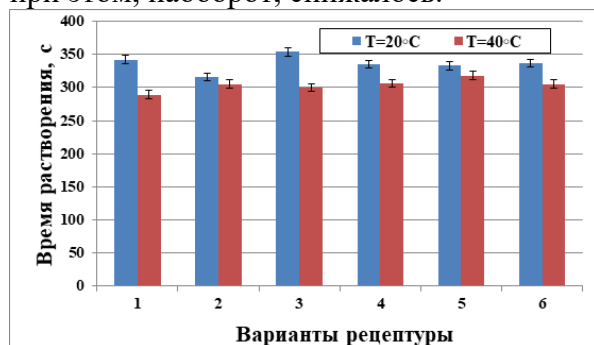


Рис.1. Растворимость смесей КСБ и ДС40 при разном их соотношении в зависимости от температуры
Fig. 1. Solubility of mixtures of KSB and DS40 at different ratios depending on temperature

Среднее время растворения всех образцов при температуре 24,3±0,4 °С составило 336±5 с, для образцов, которые растворяли при температуре 40,2±0,2 °С продолжительность растворения сократилась и составила 304±4 с, различия достоверны

($p \leq 0.01$). Хотя время растворения отличается достоверно, однако это отличие составляет 25,0±0,6 с и на практике является незначительным. Соответственно растворение будущего напитка может быть рекомендовано как при комнатной температуре, так и теплой водой (рис. 1).

Относительная вязкость образцов изменялась в диапазоне от 5,31 до 10,67 мПа·с (рис. 2).

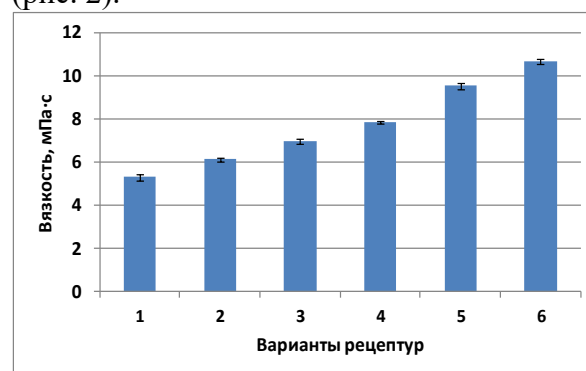


Рис.2. Вязкость образцов, мПа·с
Fig. 2. Viscosity of samples, mPa s

Как известно, на вязкость жидкости помимо прочих факторов влияют молекулярные структуры и концентрации растворенных веществ. Диапазон колебаний общего

содержания сухих веществ в образцах составлял 1,1 %, для массовой доли белков этот показатель был равен 6,9 %, для массовой доли углеводов – 7,3 %. Учитывая, что углеводный компонент систем представлен только дисахаридом лактозой, сделано предположение, что наибольшее влияние на вязкость образцов оказывали белки, формирующие коллоидную фазу. При математической обработке экспериментальных данных установлено, что зависимость относительной вязкости (η) от содержания белка в системах (W_6) выражается степенной функцией: $\eta=0,0321 W_6^{1,714}$ ($r \approx 0,997$).

На рисунке 3 представлена зависимость объема пены от состава образцов.

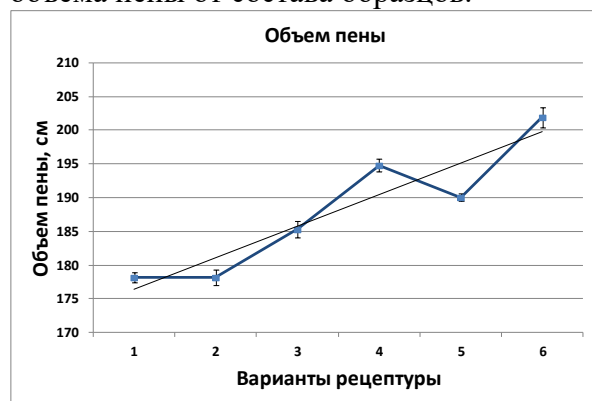


Рис.3. Объем пены, см

Fig. 3. Foam volume, cm

Поскольку в созданных системах основными поверхностно-активными веществами, участвующими в формировании пенных структур, были белки, определена математическая зависимость объема пены (V_p) от количества белка (W_6). Установлено, что между этими показателями существует очень сильная положительная линейная связь: $V_p=3,891 \cdot W_6 + 136,31$ ($r=0,975$).

На рисунке 4 представлена зависимость стойкости пены от состава рецептуры образца.

Коэффициент детерминации $R^2=0,9832$ указывает на очень высокую степень соответствия данных линейной модели, т.е. около 98,32% изменений пеностойкости можно объяснить линейной зависимостью от соотношения КСБ/ДС40. Изменение ко-

эффициента устойчивости пены соответствует линейной модели с коэффициентом детерминации $R^2=0,8999$. Установлено, что пеностойкость и коэффициент ее устойчивости увеличиваются при повышении содержания КСБ в исследуемой смеси.

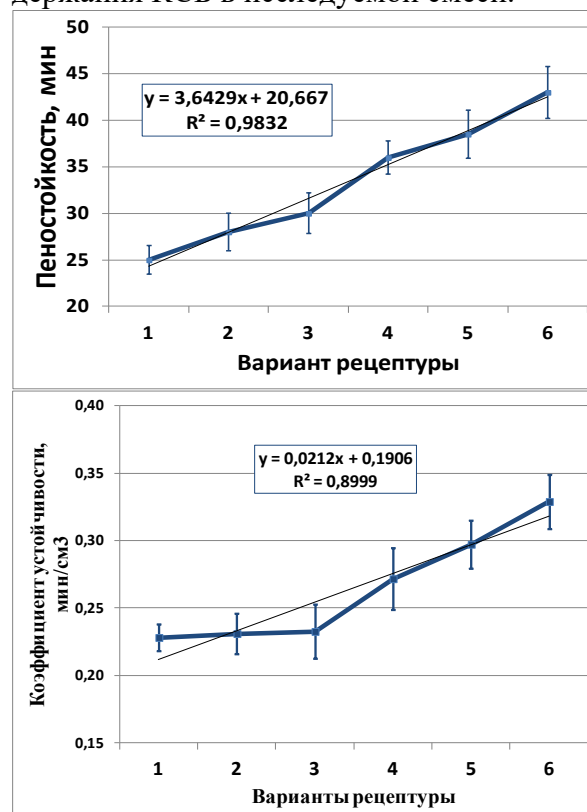


Рис.4. Коэффициент устойчивости пены, мин/см³ и пеностойкость, мин.

Fig. 4. Foam stability coefficient, min/cm³ and foam resistance, min.

Органолептическая характеристика опытных образцов представлена в таблице 6. Оценивали внешний вид, цвет, консистенцию, запах, вкус и послевкусие образцов. Давали оценку по 9-ти бальной шкале за вербальное представление.

Внешний вид и цвет образцов не имели отличий: цвет нежно-желтый, характерный для молочного сырья. Послевкусие отмечено не было. Консистенция образцов изменялась в зависимости от увеличения белкового компонента (от водянистой к более плотной), сладость снижалась от навязчивой до приятной, нарастал белковый вкус, характерный для используемого сырья.

На основании органолептических исследований образцы № 4,5,6 получили лучшие характеристики вкуса.

Таким образом, по совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка, оптимальной признана рецептура основы, содержащая 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды.

Далее изучено влияние добавления витаминного премикса на ряд физико-химических показателей выбранной рецептуры, которая в данном случае служила контролем.

В опытные образцы, содержащие 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды дополнительно

вносили витаминный премикс в количестве 100 мг. В таблице 7 представлены результаты определения времени растворения, кислотности и плотности контрольных и опытных образцов.

Добавление витаминов в выбранной концентрации не оказывало влияние на исследуемые физико-химические показатели.

Измерения показателей стойкости пены, таких как взбитойсть, объем внедренного воздуха и коэффициент устойчивости пены, показали отсутствие достоверных отличий при добавлении витаминов в состав рецептуры.

Органолептическая характеристика опытных образцов представлена в таблице 8.

Таблица 6. Органолептическая характеристика опытных образцов

Table 6. Organoleptic characteristics of test samples

Номер варианта	Описание органолептических показателей	Вербальное представление
1	Консистенция водянистая. Вкус очень сладкий, характерный для молочного сыря.	7,2
2	Консистенция водянистая. Вкус чуть менее сладкий, характерный для молочного сыря.	7,2
3	Консистенция менее водянистая, более плотная. Вкус все еще сладкий, белковый.	8,0
4	Консистенция приятная, плотная. Вкус белковый, умеренно сладкий.	8,2
5	По вкусу и текстуре схожий с образцом №4.	8,2
6	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый.	8,5

Таблица 7. Физико-химические показатели образцов

Table 7. Physicochemical parameters of samples

Варианты рецептур	Плотность, кг/м ³	Активная кислотность, единицы pH	Время растворения, с	Вязкость, мПа·с
Контроль	1,092±0,001	6,16-6,23	322±10	10,1±0,1
Опыт	1,094±0,001	6,09-6,16	325±8	10,2±0,1

Таблица 8. Органолептическая характеристика опытных образцов

Table 8. Organoleptic characteristics of test samples

Номер варианта	Описание органолептических показателей	Вербальное представление
6	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый.	8,5
7	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый. Появился не интенсивный кисловатый привкус, который остается в послевкусии.	8,0

Дегустаторами отмечено изменение вкуса базовой рецептуры, появилась легкая кислинка, которая остается в послевкусии, что несколько снизило общую оценку восприятия.

Заключение.

Путем исследования комплекса показателей, таких как растворимость, кислотность, вязкость, плотность, пеностойкость и органолептической характеристики обоснован макронутриентный состав обогащенной витаминами сухой смеси из КСБ,

ДС40, для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, которая может быть использована в том числе для повышения иммунореактивности организма. В условиях эксперимента по совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка в продукте, оптимальной признана рецептура основы, в которой масса КСБ составляет 20 %, а ДС40 – 10 % от массы гидратированной системы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / Haas J. [et al.] // *J Food Sci.* 2024. Vol. 89, No. 11. P. 7477-7493. DOI: 10.1111/1750-3841.17349.
2. Shahbazi R., Esmaceli S., Sohrabvandi S., Mortazavian A., Jazayeri S., Taslimi A. Health-Related Aspects of Milk Proteins / Davoodi S.H. [et al.] // *Iran J Pharm Res.* 2016. Vol. 15, No. 3. P. 573-591.
3. Bastian E., Harper W.J. Emerging health benefits of whey // *Dairy Council Digest.* 2003. No. 74. P. 31-36.
4. Whey protein isolate protects against cyclophosphamide-induced acute liver and kidney damage in rats / Mansour D.F. [et al.] // *J Appl Pharm Sci.* 2017. Vol. 7, No. 6. P. 111-120. DOI: 10.7324/JAPS.2017.70615.
5. Ameliorative potential of whey protein hydrolysate against paracetamol-induced oxidative stress / Athira S. [et al.] // *J Dairy Sci.* 2013. Vol. 96, No. 3. P. 1431-1437. DOI: 10.3168/jds.2012-6080.
6. Livney Y.D. Milk proteins as vehicles for bioactives // *Current opinion in colloid & interface science.* 2010. Vol. 15, No. (1/2). P. 73-83. DOI: 10.1016/j.cocis.2009.11.002.
7. Characterization of milk proteins-lutein complexes and the impact on lutein chemical stability / Yi J. [et al.] // *Food Chem.* 2016. No. 200. P. 91-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.035.
8. Hammam A.R.A., Martínez-Monteagudo S.I., Metzger L.E. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021. No. 20. P. 4426-4449. DOI: 10.1111/1541-4337.12795.
9. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / Madureira A.R. [et al.] // *J Dairy Sci.* 2010. Vol. 93, No. 2. P. 437-455. DOI: 10.3168/jds.2009-2566.
10. Омельчук В.И., Калиновская Т.В., Гаврилов А.В. Обоснование выбора сырья и рецептурных ингредиентов для производства молочных десертов на основе деминерализованной сыворотки // *Вестник ВГУИТ.* 2023. Т. 85, № 1. С. 64-70. DOI:10.20914/2310-1202-2023-1-64-70.
11. Marshall K. Therapeutic applications of whey protein // *Altern Med Rev.* 2004. Vol. 9, N. 2. P. 136-156.
12. Whey and Whey Powders: Production and Uses. In: Caballero B., Finglas P.M., Toldrá F., editors / Ramos Ó.L. [et al.] // *The Encyclopedia of Food and Health.* New-York: Academic Press, 2016. 4013 p.
13. Юрова Е.А., Кобзева Т.В., Фильчакова С.А. Деминерализованная молочная сыворотка как основное сырье для производства продуктов специализированного питания // *Пищевая промышленность.* 2022. № 3. С. 64-67.
14. Role for Folate in Microbiome-Linked Control of Autoimmunity / Mölzer C. [et al.] // *J Immunol Res.* 2021. No. 2021. P. 9998200. DOI: 10.1155/2021/9998200.
15. High-Dose Vitamin B6 (Pyridoxine) Displays Strong Anti-Inflammatory Properties in Lipopolysaccharide-Stimulated Monocytes / Mikkelsen K. [et al.] // *Biomedicines.* 2023. Vol. 11, No. 9. P. 2578. DOI: 10.3390/biomedicines11092578.
16. Carr A.C., Maggini S. Vitamin C and Immune Function // *Nutrients.* 2017. Vol. 9, No. 11. P. 1211. DOI: 10.3390/nu9111211.
17. O'Leary F., Samman S. Vitamin B12 in health and disease // *Nutrients.* 2010. Vol. 2, No. 3. P. 299-316. DOI: 10.3390/nu2030299.
18. Sanlier N., Guney-Coskun M. Vitamin D, the immune system, and its relationship with diseases // *Egypt Pediatric Association Gaz.* 2022. Vol. 70, No. 1. P. 39. DOI: 10.1186/s43054-022-00135-w.
19. Suraiya S., Ahmmed M.K., Haq M. Immunity boosting roles of biofunctional compounds available in aquafoods: A review // *Heliyon.* 2022. Vol. 8, No. 5. P. e09547. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09547.
20. Lewis E.D., Meydani S.N., Wu D. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation // *IUBMB Life.* 2019. Vol. 71. No. 4. P. 487-494. DOI: 10.1002/iub.1976.

REFERENCES

1. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / Haas J. [et al.] // *J Food Sci.* 2024. Vol. 89, No. 11. P. 7477-7493. DOI: 10.1111/1750-3841.17349.

2. Shahbazi R., Esmaeili S., Sohrabvandi S., Mortazavian A., Jazayeri S., Taslimi A. Health-Related Aspects of Milk Proteins / Davoodi S.H. [et al.] // Iran J Pharm Res. 2016. Vol. 15, No. 3. P. 573-591.
3. Bastian E., Harper W.J. Emerging health benefits of whey // Dairy Council Digest. 2003. No. 74. P. 31-36.
4. Whey protein isolate protects against cyclophosphamide-induced acute liver and kidney damage in rats / Mansour D.F. [et al.] // J Appl Pharm Sci. 2017. Vol. 7, No. 6. P. 111-120. DOI: 10.7324/JAPS.2017.70615.
5. Ameliorative potential of whey protein hydrolysate against paracetamol-induced oxidative stress / Athira S. [et al.] // J Dairy Sci. 2013. Vol. 96, No. 3. P. 1431-1437. DOI: 10.3168/jds.2012-6080.
6. Livney Y.D. Milk proteins as vehicles for bioactives // Current opinion in colloid & interface science. 2010. Vol. 15, No. (1/2). P. 73-83. DOI: 10.1016/j.cocis.2009.11.002.
7. Characterization of milk protein-lutein complexes and the impact on lutein chemical stability / Yi J. [et al.] // Food Chem. 2016. No. 200. P. 91-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.035.
8. Hammam A.R.A., Martínez-Monteagudo S.I., Metzger L.E. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2021. No. 20. P. 4426-4449. DOI: 10.1111/1541-4337.12795.
9. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / Madureira A.R. [et al.] // J Dairy Sci. 2010. Vol. 93, No. 2. P. 437-455. DOI: 10.3168/jds.2009-2566.
10. Omelchuk, V.I., Kalinovskaya, T.V., Gavrilov, A.V. Justification of the choice of raw materials and formulation ingredients for the production of dairy desserts based on demineralized whey // Bulletin of VSUET. 2023. Vol. 85, Issue 1. P. 64-70. DOI:10.20914/2310-1202-2023-1-64-70. [In Russ.]
11. Marshall K. Therapeutic applications of whey protein // Altern Med Rev. 2004. Vol. 9, No. 2. P. 136-156.
12. Whey and Whey Powders: Production and Uses. In: Caballero B., Finglas P.M., Toldrá F., editors / Ramos O.L. [et al.] // The Encyclopedia of Food and Health. New-York: Academic Press, 2016. 4013 p.
13. Yurova, E.A., Kobzeva, T.V., Filchakova, S.A. Demineralized whey as the main raw material for the production of specialized nutrition products // Food industry. 2022. Issue 3. P. 64-67. [In Russ.]
14. Role for Folate in Microbiome-Linked Control of Autoimmunity / Mölzer C. [et al.] // J Immunol Res. 2021. No. 2021. P. 9998200. DOI: 10.1155/2021/9998200.
15. High-Dose Vitamin B6 (Pyridoxine) Displays Strong Anti-Inflammatory Properties in Lipopolysaccharide-Stimulated Monocytes / Mikkelsen K. [et al.] // Biomedicines. 2023. Vol. 11, No. 9. P. 2578. DOI: 10.3390/biomedicines11092578.
16. Carr A.C., Maggini S. Vitamin C and Immune Function // Nutrients. 2017. Vol. 9, No. 11. P. 1211. DOI: 10.3390/nu9111211.
17. O'Leary F., Samman S. Vitamin B12 in health and disease // Nutrients. 2010. Vol. 2, No. 3. P. 299-316. DOI: 10.3390/nu2030299.
18. Sanlier N., Guney-Coskun M. Vitamin D, the immune system, and its relationship with diseases // Egyptian Pediatric Association Gaz. 2022. Vol. 70, No. 1. P. 39. DOI: 10.1186/s43054-022-00135-w.
19. Suraiya S., Ahmmed M.K., Haq M. Immunity boosting roles of biofunctional compounds available in aquafoods: A review // Heliyon. 2022. Vol. 8, No. 5. P. e09547. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09547.
20. Lewis E.D., Meydani S.N., Wu D. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation // IUBMB Life. 2019. Vol. 71.No. 4. P. 487-494. DOI: 10.1002/iub.1976.

Информация об авторах / Information about the authors

Новокшанова Алла Львовна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>, e-mail: novokshanova@ion.ru

Сидорова Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Билялова Анастасия Сергеевна, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1162-7015>, e-mail: asbilyalova@gmail.com

Петров Никита Александрович, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9755-6002>, e-mail: petrov-nikita-y@mail.ru

Бирюлина Надежда Александровна, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Никитюк Дмитрий Борисович, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор федерального государственного бюджетного учреждения науки, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д.2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-4517>, e-mail: dimitrynik@mail.ru

Alla L. Novokshanova, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>, e-mail: novokshanova@ion.ru

Yuliya S. Sidorova, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Anastasiya S. Bilyalova, PhD (Eng.), Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1162-7015>, e-mail: asbilyalova@gmail.com

Nikita A. Petrov, PhD (Biology), Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9755-6002>, e-mail: petrov-nikita-y@mail.ru

Nadezhda A. Biryulina, Postgraduate student, Research assistant, the Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, 2/14, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Dmitry B. Nikityuk, Dr Sci. (Medicine), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-4517>, e-mail: dimitrynik@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Сидорова Юлия Сергеевна, Билялова Анастасия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна – проведение эксперимента.

Новокшанова Алла Львовна, Петров Никита Александрович – подбор литературных источников.

Петров Никита Александрович – оформление статьи по требованиям журнала.

Сидорова Юлия Сергеевна, Билялова Анастасия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна – разработка методики исследования, валидация данных.

Никитюк Дмитрий Борисович – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи

Claimed contribution of the authors

Yulia S. Sidorova, Anastasia S. Bilyalova, Nadezhda A. Biryulina – conducting the experiment.

Alla L. Novokshanova, Nikita A. Petrov – selection of literary sources.

Nikita A. Petrov – preparation of the article according to the requirements of the Journal.

Yulia S. Sidorova, Anastasia S. Bilyalova, Nadezhda A. Biryulina – development of the research methodology, data validation.

Dmitry B. Nikityuk – editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article

Поступила в редакцию 27.10.2025

Поступила после рецензирования 28.11.2025

Принята к публикации 01.12.2025

Received 27.10.2025

Revised 28.11.2025

Accepted 01.12.2025