

Научная статья/Research Article

УДК 637.146: 634.7

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-344-355

Аделя Дамировна Галикиева^{1✉}, Ольга Михайловна Попова²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹adelbasyrova@yandex.ru

²popovasgauom@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОПОРОШКОВ ИЗ ЯГОД В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель исследования – изучить влияние криопорошка из ягод малины и красной смородины как обогатителя при производстве функционального кисломолочного продукта. Задачи: разработать рецептуры йогуртов с криопорошками из малины и красной смородины; разработать способ введения криопорошков, обеспечивающий стерильность и сохранение полезных свойств йогурта; провести сравнительный анализ качества полученных йогуртов с контрольным образцом (без криопорошков); оценить микробиологические, органолептические, физико-химические показатели; исследовать содержание витаминов и минералов в образцах и сопоставить их с суточной потребностью в нутриентах. Объекты исследования – образцы йогурта, произведенные термостатическим методом с использованием бактериальной закваски УО 22.50 от компании «Зеленые линии» с добавлением криопорошков из ягод производителя ООО «ПК Композит». Образцы производили на кафедре «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Вавиловский университет» совместно с испытательной лабораторией ФБУ «Саратовский ЦСМ им. Б.А. Дубовикова». Разработан способ микробиологически безопасного внесения криопорошков в йогурт. Введение добавок оказало благоприятное воздействие на органолептические характеристики, включая внешний вид, структуру и вкусовые качества тестовых образцов. Исследовано влияние криопорошков на уровень пробиотиков в готовом продукте и установлено, что применение данных компонентов оказывает стимулирующее воздействие на рост молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. На физико-химические показатели (массовая доля белка, жира, СОМО и сухого остатка) внесение криопорошков существенного влияния не оказало. Была рассчитана пищевая ценность полученных образцов и доказано увеличение концентрации витамина С, витамина А, железа, марганца, кобальта и молибдена в йогуртах с добавлением криопорошков.

Ключевые слова: йогурт, криопорошки, красная смородина, малина, кисломолочный продукт, пробиотики

Для цитирования: Галикиева А.Д., Попова О.М. Использование криопорошков из ягод в технологии производства йогурта функционального назначения // Вестник КрасГАУ. 2025. № 6. С. 344–355. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-344-355.

Adelya Damirovna Galikieva^{1✉}, Olga Mikhailovna Popova²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹adelbasyrova@yandex.ru

²popovasgauom@mail.ru

USE OF CRYOPOROSOLS FROM BERRIES IN THE TECHNOLOGY PRODUCTION OF YOGURT FOR FUNCTIONAL PURPOSE

Berries and yogurt separately have been recognized as indicators of a healthy diet. Berries contain relatively few calories and are an excellent source of antioxidants, prebiotic fibers and polyphenols, which contribute to the health of the digestive system [1]. An actual direction in the creation of enriched fermented dairy products, in particular yogurts, is the use of promising plant raw materials with high nutritional value [2]. The article substantiates the use of plant additives with functional properties: cryopowders from raspberry and red currant. This study examines the potential benefits of using raspberry and red currant cryopowders as a nutrient enhancer in the production of a useful fermented milk product. Research objectives: 1. To develop recipes for yoghurts with cryopowders of raspberries and red currants. 2. To find the optimal approach to the introduction of cryopowders, ensuring sterility and preservation of the beneficial properties of yogurt. 3. To conduct a comparative analysis of the quality of the obtained yoghurts with a control sample in which cryopowders were not added 4. To evaluate microbiological, organoleptic, physico-chemical parameters. It is also necessary to examine the content of vitamins and minerals in the samples and compare them with the daily requirement for nutrients. The objects of our research were yogurt samples produced by the thermostatic method using bacterial starter culture YO 22.50 from the Green Lines company, with the addition of cryopowders from berries produced by PC Composite LLC. The samples were produced at the Department of Food Technology of the Vavilov University in cooperation with the testing laboratory of the Saratov Central Medical University named after B.A. Dubovikov. A method of microbiologically safe application of cryopowders in yogurt has been developed. The introduction of additives had a beneficial effect on the organoleptic characteristics, including the appearance, structure and taste of the test samples. The effect of cryopowders on the level of probiotics in the finished product was studied, and it was found that the use of these components has a stimulating effect on the growth of lactic acid microorganisms and bifidobacteria. It was found that the addition of cryopowders leads to an increase in the concentration of these micronutrients in the final product. Calculations have shown that fortified yogurts have a higher nutritional value compared to control samples.

Keywords: yogurt, cryopowders, red currant, raspberry, fermented milk product, probiotics

For citation: Galikieva AD, Popova OM. Use of cryoporosols from berries in the technology production of yogurt for functional purpose. *Bulletin of KSAU*. 2025;(6):344-355. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-344-355.

Введение. В последние годы в различные пищевые продукты стали добавлять ягоды, фрукты, и, по-видимому, ключевыми факторами, влияющими на потребительское восприятие продуктов, являются ароматизация и обогащение различными биологически активными соединениями [1]. Йогурт – один из самых биологически активных продуктов, потребляемых человеком [2]. Спрос на новые функциональные продукты питания, содержащие натуральные компоненты, заставляет молочную промышленность искать инновационные ингредиенты.

В производстве кисломолочной продукции широко используются добавки, отличные от молока: фрукты, орехи, злаковые культуры и ягодные сиропы. Особенно часто в йогуртах встречаются ягоды [3]. В контексте усиления биоактивных свойств йогурта перспективным ингредиентом являются криопорошки, изготовленные

из ягод. Они позволяют обогатить продукт полезными веществами.

Существует несколько компонентов ягод, которые могут оказывать благотворное влияние на здоровье, в том числе витамины, минералы, клетчатка и полифенолы. Содержание и пропорции фитонутриентов существенно различаются в зависимости от вида ягод. Более того количество и соотношение биологически активных соединений могут варьироваться даже в пределах одного вида ягод из-за генетических особенностей, условий выращивания, спелости и условий хранения [4].

В ряде исследований в этом направлении изучались биологически активные вещества (БАВ) красной смородины [5–9] и малины [10, 11].

Красная смородина (*Ribes rubrum*) – традиционная ягодная культура, перспективная, неприхотливая, долговечная, устойчивая к вредителям и болезням. Благодаря значительному

содержанию биологически активных компонентов, данная ягодная культура представляет собой один из наиболее востребованных видов [6]. Ягоды этой культуры представляют собой важный источник нутриентов, включая широкий спектр витаминов и минеральных элементов, особенно витамина С (аскорбиновой кислоты), витаминов группы В (В₁, В₂, В₉) и витамина К.

Кроме того, ягоды содержат органические кислоты и сахара, а также пектины, азотистые и дубильные соединения. Присутствуют в них и полифенолы (флавонолы, катехины, лейкоантоцианы и антоцианы), микроэлементы, фитонциды и эфирные масла [5]. Красная смородина выделяется значительным содержанием кобальта, микроэлемента, играющего ключевую роль в кроветворении; в 100 граммах ягод его концентрация достигает примерно 3 мг [12].

Красная малина (*Rubus idaeus*) – это уникальные ягоды с богатой историей, питательным и биоактивным составом. Они содержат несколько необходимых микроэлементов, пищевые волокна и полифенольные компоненты, особенно элагитаннины и антоцианы, которые придают им характерный красный цвет.

Было доказано, что полифенолы, содержащиеся в малине, оказывает благотворное воздействие на общее состояние организма [11]. В ряде обзоров обсуждается связь между употреблением малины и состоянием сердечно-сосудистой системы [13], маркерами воспаления [4], подавлением раковых клеток [14] и влиянием на агрегацию тромбоцитов в крови [15]. Эти утверждения о пользе малины для здоровья подтверждаются эпидемиологическими исследованиями [16, 17], исследованиями на животных [18, 19] и различными моделями клеточных культур [20].

При создании функциональных пищевых продуктов ключевым вопросом становится определение подходящих функциональных ингредиентов и их точное количество. Исходя из этого, в рамках научной работы была поставлена задача по созданию новых рецептур кисломолочной продукции с добавлением криопорошка, полученного из малины и красной смородины.

Криопорошок – это продукт, выполненный в виде мелкодисперсного порошка, где размер частиц не превышает 100 микрометров. Для его создания применяется процесс измельчения предварительно высушенных компонентов при

экстремально низких температурах, достигающих –190 °С. Данный метод содействует замедлению окисления, предотвращает слипание и образование карамели, а также способствует высвобождению биологически ценных элементов, соединенных с белками, и обеспечивает их максимальное всасывание в человеческом организме.

Цель исследования – изучить влияние криопорошка из ягод малины и красной смородины как обогатителя при производстве функционального кисломолочного продукта.

Задачи: разработать рецептуры йогурта с добавлением криопорошков из малины и красной смородины; разработать способ введения криопорошков, обеспечивающий стерильность и сохранение полезных свойств йогурта; провести лабораторные исследования экспериментальных образцов, оценивая их органолептические свойства, физико-химический состав и микробиологические характеристики в сравнении с контрольным образцом без криопорошков; исследовать содержание витаминов и минеральных веществ в образцах и сравнить степень удовлетворения суточной потребности нутриентов.

Объекты и методы. Образцы производили на кафедре «Технологии продуктов питания» в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова». Лабораторные исследования органолептических, физико-химических, микробиологических показателей проводили в испытательной лаборатории ФБУ «Саратовский ЦСМ им. Б.А. Дубовикова», содержание витаминов и минеральных веществ определяли в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Саратовской области».

Для проведения эксперимента использовали следующие исходные материалы: сырое коровье молоко, сухое обезжиренное молоко (ООО «Здоровая страна»); бактериальную закваску УО 22.50 Иван-поле (ООО «Зеленые линии»). Состав закваски: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium animalis plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*.

В качестве подсластителя применяли столовый подсластитель «Стевия» на основе эритрита, производитель ООО «НовоПродукт АГ».

В качестве функциональной добавки использовали криопорошки LITMOISE из малины и красной смородины (ООО «ПК Композит»).

Данная пищевая добавка имеет вид мелкодисперсного порошка, обладающего ярким цветом: розовым (рис. 1) и красным (рис. 2), кото-

рый сохраняет в себе насыщенный запах и вкус свежих ягод. Из-за большой концентрации органических кислот в них преобладает кислый вкус, также смородина обладает легким вяжущим привкусом.



Рис. 1. Криопорошок из малины
Raspberry Cryopowder



Рис. 2. Криопорошок из красной смородины
Cryopowder from red currant

Качество готовых йогуртов оценивали с применением стандартных методик исследования. Органолептическая оценка (включающая внешний вид, консистенцию, вкус, аромат и цвет) проводили согласно требованиям, установленным в ГОСТ 31981.

Определение физико-химических характеристик продукта проводили с использованием следующих методик: массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) была вычислена расчетным способом, как указано в п. 8.7 ГОСТ 31981. Кислотность устанавливали посредством титриметрического анализа в соответствии с ГОСТ Р 54669. Содержание белка измеряли методом Кьельдаля, регламентированным ГОСТ 34454.

Для определения массовой доли жира использовали кислотный метод, описанный в п. 6 ГОСТ 5867. Массовую долю сухого вещества и влаги определяли весовым методом согласно ГОСТ Р 54668–2011. Отбор проб и подготовку к анализу производили по ГОСТ 26809.

Расчет содержания углеводов осуществляли в соответствии с методическими указаниями МУ 1/40/3805. Энергетическая ценность продукта была рассчитана на основе установленных формул, представленных в п. 7.4.5 МУ 1/40/3805.

Микробиологические параметры определяли в соответствии с государственными стандартами: наличие молочнокислых микроорганизмов – по ГОСТ 33951; *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347; бактерий рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659; дрожжей и плесени – по ГОСТ 33566; бифидобактерий – по ГОСТ 33924.

Концентрацию витамина С измеряли флуориметрически с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» в соответствии с методикой М 04-07-2010.

Определение содержания витамина А (в виде ретинола) проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектором на хроматографе «Люмахром». Методика анализа соответствовала требованиям М 04-10-2007 (ФР.1.31.2013.14078).

Молибден (Mo) определяли по ГОСТ EN14083–2013 с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении на спектрометре атомно-абсорбционном «КВАНТ-Z.ЭТА»

Кобальт (Co) и Марганец (Mg) определяли по Р 4.1.1672-03 атомно-абсорбционным методом на спектрофотометрах AA-7000 и AA-7000 G.

Результаты и их обсуждение. Технологическое производство пробиотического йогурта осуществляли следующим образом: в один литр коровьего молока, нормализованного до 2,5 % жирности, вносили 30 г сухого обезжиренного молока. Полученную смесь тщательно перемешивали, а затем подвергали пастеризации при температуре $(86 \pm 2) ^\circ\text{C}$ на протяжении 8–10 мин. После пастеризации молоко охлаждали до температуры заквашивания, составляющей $(44 \pm 2) ^\circ\text{C}$, добавляли закваску и снова тщательно перемешивали. Затем смесь помещали в термостат, где поддерживалась температура $(44 \pm 2) ^\circ\text{C}$, на 6 ч.

Для обеспечения микробиологической безопасности конечного продукта, был разработан метод обработки криопорошков перед внесением их в йогурт.

В частности предлагается предварительно пастеризовать криопорошки, суспендированные в сиропе. Использование указанной методики обеспечило элиминацию патогенных микроорганизмов с сохранением ценных характеристик растительных ингредиентов, так как процесс пастеризации проводился при наименьшей возможной температуре. При этом добавление криопорошков в форме сиропа положительно повлияло на органолептические свойства продукта и улучшило его консистенцию и цвет.

Криопорошки растворяли в водном растворе с добавлением эритрита и получали сиропы для дальнейшего внесения в йогуртовую массу.

Рецептура 1: на 1000 г йогурта использовали 26 г криопорошка малины, 50 г эритрита и 100 мл

воды. Данную смесь подвергали пастеризации при температуре $(65 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 30 мин.

Рецептура 2: на 1000 г йогурта использовали 30 г криопорошка красной смородины, 60 г эритрита и 100 мл воды. Полученную смесь пастеризовали при температуре $(65 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 40 мин.

Криопорошки из красной смородины и малины, в отличие от экстрактов, кислот или сахаров, не полностью растворяются в воде, потому что это измельченные ягоды, сохранившие структуру клеток. Обусловлено это наличием нерастворимых клеточных стенок, которые состоят из целлюлозы и других полимерных соединений. Процесс криоизмельчения приводит к разделению аэринхимальных и паренхимальных клеток. В результате образуются частицы, содержащие как клеточные стенки, так и внутриклеточное содержимое.

Криопорошок из красной смородины требует больше времени для растворения и раскрытия своего вкуса, чем криопорошок из малины, следовательно, пастеризацию увеличили на 10 мин.

Готовые сиропы вносили в йогурты после заквашивания при температуре $(8 \pm 2) ^\circ\text{C}$, затем перемешивали и отправляли на фасовку и хранение.

На рисунке 3 представлены два экспериментальных образца, в состав которых включены криопорошки: по порядку образец 1 с криопорошком из малины, образец 2 с криопорошком из красной смородины.

Микробиологические и физико-химические показатели качества контрольного и опытных образцов представлены в таблицах 2–4.



Рис. 3. Опытные образцы с криопорошками.
Prototypes with cryopowders

Далее проводили лабораторные исследования готового продукта через 24 ч после закипания в сравнении с контрольным образцом (без добавления криопорошков). Органолептические показатели опытных образцов

представлены в таблице 1: образец 1 – йогурт с криопорошком из малины; образец 2 – йогурт с криопорошком из красной смородины; КО (контрольный образец) – йогурт без криопорошков.

Таблица 1

**Результаты органолептических показателей
Results of organoleptic parameters**

Показатель	Контрольный образец	Образец 1	Образец 2
Внешний вид и консистенция	Однородный, с ненарушенным сгустком, в меру вязкой консистенцией	Однородный, с ненарушенным сгустком, с розовыми вкраплениями, в меру вязкой консистенцией	Однородный, с ненарушенным сгустком, с красными вкраплениями, в меру вязкой консистенцией
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Чистый, кисломолочный, в меру сладкий. С привкусом малины	Чистый, кисломолочный, в меру сладкий. С привкусом красной смородины
Цвет	Молочно-белый, равномерный по всей массе	Нежно-розовый, характерный для внесенного наполнителя, равномерный по всей массе	Светло-красный, характерный для внесенного наполнителя, равномерный по всей массе.

Таблица 2

**Результаты лабораторных исследований контрольного образца (без добавок)
Laboratory test results of the control sample (without additives)**

Показатель	Норматив по НД	Погрешность, ± Δ	Результат испытаний
Микробиологические показатели			
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁷	–	4,5 · 10 ⁷
<i>S. aureus</i> , КОЕ/см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i> , КОЕ/25 см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Бифидобактерии, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁶	–	1,2 · 10 ⁹
Физико-химические показатели			
Кислотность, °Т	Не более 140	±1,2	70,0
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8	±0,14	3,52
Массовая доля СОМО, %	Не менее 9,5	–	11,3
Массовая доля сухого вещества, %	Не менее 0,5 / не более 99	±0,4	12,7
Массовая доля жира, %	0,5–6,0	±0,28	1,80
Массовая доля влаги, %	–	±0,4	87,3
Углеводы, %	–	–	7,4
Калорийность, ккал	–	–	60

Таблица 3

Результаты исследований образца 1 с малиной
The results of the studies of sample 1 with raspberries

Показатель	Норматив по НД	Погрешность, ± Δ	Результат испытаний
Микробиологические показатели			
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁷	–	9,4 · 10 ⁷
<i>S. aureus</i> , КОЕ/см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i> , КОЕ/25 см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Бифидобактерии, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁶	–	3,0 · 10 ¹⁰
Физико-химические показатели			
Кислотность, °Т	Не более 140	±1,2	104,5
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8	±0,14	3,57
Массовая доля СОМО, %	Не менее 9,5	–	10,2
Массовая доля сухого вещества, %	Не менее 0,5 / не более 99	±0,4	15,3
Массовая доля жира, %	0,5–6,0	±0,28	1,80
Массовая доля влаги, %	–	±0,4	84,7
Углеводы, %	–	–	10,0
Калорийность, ккал	–	–	69

Таблица 4

Результаты исследований образца 2 с красной смородиной
The results of the studies of sample 2 with red currant

Показатель	Норматив по НД	Погрешность, ± Δ	Результат испытаний
Микробиологические показатели			
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁷	–	3,1 · 10 ⁸
<i>S. aureus</i> , КОЕ/см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i> , КОЕ/25 см ³	Не допускается	–	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/см ³	Не более 50	–	Не обнаружено
Бифидобактерии, КОЕ/см ³	Не менее 1 · 10 ⁶	–	3,3 · 10 ¹⁰
Физико-химические показатели			
Кислотность, °Т	Не более 140	±1,2	99,5
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8	±0,14	3,56
Массовая доля СОМО, %	Не менее 9,5	–	9,1
Массовая доля сухого вещества, %	Не менее 0,5 / не более 99	±0,4	15,7
Массовая доля жира, %	0,5–6,0	±0,28	1,80
Массовая доля влаги, %	–	±0,4	84,3
Углеводы, %	–	–	10,3
Калорийность, ккал	–	–	72

Исследования продемонстрировали, что все опытные образцы, включая контрольный, имеют уровень молочнокислых микроорганизмов, значительно превышающий минимально допустимые нормы. Исследования показали отсутствие опасных патогенных микроорганизмов в йогуртах, свидетельствуя об их полной безопасности для потребления. Отмечается значительное увеличение концентрации молочнокислых микроорганизмов после обогащения продукта криопорошками – от исходных $4,5 \cdot 10^7$ до $3,1 \cdot 10^8$ КОЕ/см³. А также значительный рост бифидобактерий от $1,2 \cdot 10^9$ до $3,3 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³.

Исследование физико-химических характеристик выявило, что кислотность йогуртов, обогащенных криопорошками, колеблется в пределах от $(99,5 \pm 1,2)$ до $(104,5 \pm 1,2)$ °Т, а массовая доля сухого вещества от $(12,7 \pm 0,4)$ до $(15,7 \pm 0,4)$ %. Количество углеводов с внесением криопорошков увеличилось с 7,4 до 10,3 %, а калорийность в образце 1 увеличилась на 9 ккал на 100 г продукта, в образце 2 – на 12 ккал на 100 г продукта. Введение криопорошков в состав йогуртов не оказало значительного воздействия на процентное содержание массовой доли белка (от $(3,52 \pm 0,14)$ до $(3,57 \pm 0,14)$ %), массовой доли жира ($(1,80 \pm 0,28)$ % во всех образцах), массовой доли сухообезжиренного молочного остатка (СОМО) (от 9,1 до 11,3 %).

В таблицах 5–7 представлены данные о содержании витаминов и минералов в йогуртах с

криопорошками. Исследование кобальта, молибдена и марганца основано на возможностях испытательной лаборатории и анализе научной литературы [21–24], показавших, что содержание этих элементов в исходном сырье превышает концентрацию других микроэлементов и делает их более релевантными для анализа.

Витамин С: наиболее значительные различия наблюдаются в содержании витамина С. В образце 2 концентрация витамина С ($(30,40 \pm 12,16)$ мг/кг) в 2,3 раза превышает содержание в образце 1 ($(13,20 \pm 5,28)$ мг/кг). Контрольный образец демонстрирует наименьшее значение – «менее 10 мг/кг», что свидетельствует о значительной потере витамина С в процессе, предшествующем анализу.

Витамин А: содержание витамина А в образцах 1 и 2 практически идентично ($(0,204 \pm 0,071)$ и $(0,203 \pm 0,071)$ мг/кг, соответственно). В контрольном образце содержание витамина А также минимально – «менее 0,2 мг/кг».

Микронутриенты: содержание кобальта в образце 2 ($(0,030 \pm 0,009)$ мг/кг) выше, чем в образце 1 ($(0,0230 \pm 0,0069)$ мг/кг) и контрольном образце ($(0,0170 \pm 0,0060)$ мг/кг), что может свидетельствовать о его концентрации в процессе обработки. Марганец определялся только в образце 1 ($(0,12 \pm 0,04)$ мг/кг), а молибден – только в образце 2 ($(0,049 \pm 0,04)$ мг/кг). В контрольном образце содержание марганца и молибдена находится ниже предела обнаружения.

Таблица 5

Содержание витаминов и микронутриентов в образце 1
The content of vitamins and micronutrients in sample 1

Показатель	Суточная потребность, мг	Содержание, мг/кг	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Витамин С	60	13,20±5,28	22
Витамин А	0,8	0,204±0,071	25,5
Кобальт (Co)	0,1	0,0230±0,0069	23
Марганец (Mn)	2,0	0,12±0,04	6

Таблица 6

Содержание витаминов и микронутриентов в образце 2
The content of vitamins and micronutrients in sample 2

Показатель	Суточная потребность, мг	Содержание, мг/кг	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Витамин С	60	30,40±12,16	50,67
Витамин А	0,8	0,203±0,071	25,38
Кобальт (Co)	0,1	0,030±0,009	30
Молибден (Mo)	0,7	0,049±0,04	7

Содержание витаминов и микронутриентов в контрольном образце
The content of vitamins and micronutrients in the control sample

Показатель	Суточная потребность, мг	Содержание, мг/кг	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Витамин С	60	Менее 10	Менее 16,7
Витамин А	0,8	Менее 0,2	Менее 25
Кобальт (Co)	0,1	0,0170±0,0060	17
Марганец (Mn)	2,0	Менее 0,1	Менее 5
Молибден (Mo)	0,7	Менее 0,04	Менее 5,7

Примечание. Результат «менее» (меньше) числового значения получен за пределами диапазона измерений.

По данным таблиц видно, что внесение растительных порошков в йогурт приводит к увеличению содержания полезных веществ в сравнении с контрольным образцом, и при их употреблении будет восполняться физиологическая потребность в данных нутриентах.

Также, в соответствии с ГОСТ Р 55577–2013, продукт можно считать функциональным по нескольким критериям, таким как низкое содержание жира, отсутствие сахаров, и самое главное, наличие в составе пробиотических микроорганизмов не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³.

Йогурт соответствует всем требованиям безопасности, а также требованиям ТР ТС 033/2013, ТР ТС 021/2011 и ГОСТ 31981.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности применения таких растительных компонентов как криопорошки из ягод красной смородины и малины. Они показали, что йогурты, обогащенные криопорошками, соответствуют установленным стандартам качества.

Микробиологический анализ выявил значительное увеличение содержания полезной микрофлоры, в частности, молочнокислых бактерий (с $4,5 \cdot 10^7$ до $3,1 \cdot 10^8$ КОЕ/см³) и бифидобактерий (с $1,2 \cdot 10^9$ до $3,3 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³) а также отсутствие патогенной микрофлоры.

Анализ физико-химических показателей показал умеренное увеличение кислотности, содержания сухих веществ и углеводов в йогуртах

с криопорошками, при этом содержание белка, жира и СОМО оставалось стабильным. Обогащение криопорошками также повысило калорийность продукта (в образце 1 – на 9 ккал на 100 г продукта, в образце 2 – на 12 ккал на 100 г продукта).

В отношении витаминно-минерального состава добавление криопорошков способствует обогащению йогурта витамином С ($(13,20 \pm 5,28)$ мг/кг в образце с малиной и $(30,40 \pm 12,16)$ мг/кг в образце с красной смородиной), витамином А (около 0,20 мг/кг в обоих образцах), кобальтом, марганцем (в образце с малиной) и молибденом (в образце с красной смородиной). Данные изменения позволяют рассматривать обогащенный йогурт как дополнительный источник указанных нутриентов в рационе питания.

Предприятия молочной промышленности могут внедрить данную инновацию для разработки ассортимента йогуртов с разнообразными вкусовыми характеристиками и включением дополнительных компонентов. При этом сохраняются ключевые достоинства продукта: естественные ингредиенты, сниженное количество жира, повышенная концентрация пробиотических микроорганизмов и отсутствие добавленного сахара. Разнообразие предлагаемого продукта охватит широкий спектр рыночных сегментов и предоставит возможность удовлетворить запросы различных групп потребителей.

Список источников

1. Pădureț S., Ghinea C., Prisacaru AE., et al. Physicochemical, Textural, and Antioxidant Attributes of Yogurts Supplemented with Black Chokeberry: Fruit, Juice, and Pomace // Foods. 2024. Vol. 13, № 20. P. 3231. DOI: 10.3390/foods13203231. EDN: OXFXTT.
2. Gómez-Gallego C., Gueimonde M., Salminen S. The role of yogurt in food-based dietary guidelines // NutrRev. 2018. Vol. 76(Suppl 1). P. 29–39. DOI: 10.1093/nutrit/nuy059.

3. Журавлева Д.А., Селезнева И.С., Колядина Л.И. Использование порошка сушеной свеклы в технологии йогурта функционального назначения // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 1. С. 86–97. DOI: 10.14529/food220110. EDN: NFQKMC.
4. Land L.H., Feresin R.G., Hicks D., et al. Berries as a Treatment for Obesity-Induced Inflammation: Evidence from Preclinical Models // *Nutrients*. 2021 Vol. 13. № 2. P. 334. DOI: 10.3390/nu13020334. EDN: PUSUKF.
5. Макаркина М.А., Янчук Т.В. Источники биологически активных веществ смородины черной и красной для селекции на улучшение химического состава // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 10–13. DOI: 10.30850/vrsn/2018/4/10-13. EDN: UXPAYF.
6. Запорожец В.С., Серегина Н.В. Обзор рынка продуктов переработки красной смородины. В сб: 8-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Вопросы идентификации и классификации товаров в таможенных целях: теория и практика", 25.06.2024. Орел, 2024. С. 76–79. EDN: XZSBII.
7. Чугунова О.В., Вяткин А.В., Тиунов В.М., и др. Исследование антиоксидантных показателей ягод красной смородины сортов, районированных в Свердловской области // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12, № 2. С. 321–329. DOI: 10.21285/2227-2925-2022-12-2-321-329. EDN: ТВYCJA.
8. Ращупкина О.Ю., Воронина М.С., Гуляева А.Н., и др. Продукты переработки ягод как перспективные источники антиоксидантов // *Health, Food & Biotechnology*. 2023 Т. 5, № 4. С. 17–25. DOI: 10.36107/hfb.2023.i4.s189. EDN: EIPQIS.
9. Новикова И.М., Блиникова О.М., Блохина Т.С. Оценка качества ягод красной смородины как источника БАВ // *Наука и Образование*. 2022. Т. 5, № 3. EDN: LAVCOF.
10. Burton-Freeman B.M., Sandhu A.K., Edirisinghe I. Red Raspberries and Their Bioactive Polyphenols: Cardiometabolic and Neuronal Health Links // *AdvNutr*. 2016. Vol. 7, № 1. P. 44–65. DOI: 10.3945/an.115.009639. EDN: XZLMRB.
11. Raal A., Vahtra A., Koshovi O., et al. Polyphenolic Compounds in the Stems of Raspberry (*Rubus idaeus*) Growing Wild and Cultivated // *Molecules*. 2024. Vol. 29, № 21. P. 5016. DOI: 10.3390/molecules29215016. EDN: LETWSB.
12. Голод Т.А. Оценка сортов смородины красной по качеству ягод в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 53–58. EDN: UUXFNM.
13. Sivapragasam N., Maurya A., Tiwari S., et al. Edible Berries- An Update on Nutritional Composition and Health Benefits. Part III // *Curr Nutr Rep*. 2025. Vol. 14, № 1. P. 11. DOI: 10.1007/s13668-024-00606-z. EDN: GNEFCL.
14. Huang Y.W., Chuang C.Y., Hsieh Y.S., et al. *Rubus idaeus* extract suppresses migration and invasion of human oral cancer by inhibiting MMP-2 through modulation of the Erk1/2 signaling pathway // *EnvironToxicol*. 2017. Vol. 32, № 3. P. 1037–1046. DOI: 10.1002/tox.22302.
15. Dudzinska D., Bednarska K., Boncler M., et al. The influence of *Rubus idaeus* and *Rubus caesius* leaf extracts on platelet aggregation in whole blood. Cross-talk of platelets and neutrophils // *Platelets*. 2016. № 5. P. 433–9. DOI: 10.3109/09537104.2015.1131254.
16. Gao W., Wang Y.S., Hwang E., et al. *Rubus idaeus* L. (red raspberry) blocks UVB-induced MMP production and promotes type I procollagen synthesis via inhibition of MAPK/AP-1, NF- κ B and stimulation of TGF- β /Smad, Nrf2 in normal human dermal fibroblasts // *J. PhotochemPhotobiol B*. 2018. Vol. 185. P. 241–253. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2018.06.007.
17. Zhang X., Sandhu A., Edirisinghe I., et al. An exploratory study of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) (poly)phenols/metabolites in human biological samples // *Food Funct*. 2018. Vol. 9, № 2. P. 806–818. DOI: 10.1039/c7fo00893g.
18. Bandick R., Busmann L.V., Mousavi S., et al. Therapeutic Effects of Oral Application of Menthol and Extracts from Tormentil (*Potentilla erecta*), Raspberry Leaves (*Rubus idaeus*), and Loosestrife (*Lythrum salicaria*) during Acute Murine Campylobacteriosis // *Pharmaceutics*. 2023. Vol. 15, № 10. P. 2410. DOI: 10.3390/pharmaceutics15102410. EDN: RRALBH.
19. Raudone L., Bobinaite R., Janulis V., et al. Effects of raspberry fruit extracts and ellagic acid on respiratory burst in murine macrophages // *Food Funct*. 2014. Vol. 5, № 6. P. 1167–1174. DOI: 10.1039/c3fo60593k.

20. Ma Z.F., Zhang H., Teh S.S., et al. Goji Berries as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Their Molecular Mechanisms of Action // *Oxid Med Cell Longev*. 2019. P. 2437397. DOI: 10.1155/2019/2437397.
21. Щерба И.В., Бакуменко О.Е., Бакуменко П.В. Разработка концентратов сухих напитков на основе растительных криопорошков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023. № 2. С. 163–175. DOI: 10.36107/spfp.2023.343. EDN: RWUSTT.
22. Акимов М.Ю., Жидеихина Е.В., Жбанова Е.В., и др. Источники биологически активных веществ малины для селекции на улучшение химического состава плодов. В сб: Всероссийский конгресс с международным участием "Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии", 13–14 ноября 2023 г. Москва, 2023. С. 172–173. EDN: PINVAU.
23. Антипенко М.И. Оценка замороженных ягод малины в условиях Самарской области по некоторым компонентам химического состава // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2019. Т. 58, С. 11–17. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-11-17. EDN: GSJSYN.
24. Горбунов А.Б., Кукушкина Т.А. Химический состав ягод видов и межвидовых гибридов красной смородины в условиях культуры // *Химия растительного сырья*. 2019. № 3. С. 85–93. DOI: 10.14258/jcprpm.2019034815. EDN: JMBOXE.

References

1. Pădureț S, Ghinea C, Prisacaru AE, et al. Physicochemical, Textural, and Antioxidant Attributes of Yogurts Supplemented with Black Chokeberry: Fruit, Juice, and Pomace. *Foods*. 2024;13(20):3231. DOI: 10.3390/foods13203231. EDN: OXFXTT.
2. Gómez-Gallego C, Gueimonde M, Salminen S. The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *NutrRev*. 2018;76(Suppl 1):29-39. DOI: 10.1093/nutrit/nuy059.
3. Zhuravleva DA, Selezneva IS, Kolyadina LI. The use of dried beetroot powder in functional yogurt technology. *Bulletin of SUSU. The series "Food and biotechnology"*. 2022;10(1):86-97. (In Russ.). DOI: 10.14529/food220110. EDN: NFQKMC.
4. Land LH, Feresin RG, Hicks D, et al. Berries as a Treatment for Obesity-Induced Inflammation: Evidence from Preclinical Models. *Nutrients*. 2021;13(2):334. DOI: 10.3390/nu13020334. EDN: PUSUKF.
5. Makarkina MA, Yanchuk TV. Sources of biologically active substances of black and red currants for breeding to improve their chemical composition. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2018;4:10-13. (In Russ.). DOI 10.30850/vrsn/2018/4/10-13. EDN: UXPAYF.
6. Zaporozhets VS, Seregina NV. Market overview of processed red currant products. In: *8th All-Russian Scientific and Practical Conference with International participation "Issues of identification and classification of goods for customs purposes: theory and practice"*. 25.06.2024. Orel, 2024. P. 76–79. (In Russ.). EDN: XZSBII.
7. Chugunova OV, Vyatkin AV, Tiunov VM, et al. Antioxidant indices of red currant cultivars grown in the Sverdlovsk Oblast. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(2):321-329. (In Russ.). DOI: 10.21285/2227-2925-2022-12-2-321-329. EDN: TBYCJA.
8. Rashchupkina OYu, Voronina MS, Gulyaeva AN, et al. Products of berry processing as promising sources of antioxidants. *Health, Food & Biotechnology*. 2023;5(4):17–25. (In Russ.). DOI: 10.36107/hfb.2023.i4. s189.
9. Novikova IM, Blinnikova OM, Blokhina TS. Assessment of the quality of red currant berries as a source of BAS. *Science and Education*. 2022;5(3):108. (In Russ.). EDN: LAVCOF.
10. Burton-Freeman BM, Sandhu AK, Edirisinghe I. Red Raspberries and Their Bioactive Polyphenols: Cardiometabolic and Neuronal Health Links. *AdvNutr*. 2016;7(1):44-65. DOI: 10.3945/an.115.009639. EDN: XZLMRB.
11. Raal A, Vahtra A, Koshovyi O, et al. Polyphenolic Compounds in the Stems of Raspberry (*Rubus idaeus*) Growing Wild and Cultivated // *Molecules*. 2024;29(21):5016. DOI: 10.3390/molecules29215016. EDN: LETWSB.
12. Golod TA. Evaluation of red currant varieties by berry quality in the Leningrad Region. *Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University*. 2018;(51):53-58. (In Russ.). EDN: UUXFNM.

13. Sivapragasam N, Maurya A, Tiwari S, et al. Edible Berries- An Update on Nutritional Composition and Health Benefits. Part III. *Curr Nutr Rep.* 2025;14(1):11. DOI: 10.1007/s13668-024-00606-z. EDN: GNEFCL.
14. Huang YW, Chuang CY, Hsieh YS, et al. *Rubus idaeus* extract suppresses migration and invasion of human oral cancer by inhibiting MMP-2 through modulation of the Erk1/2 signaling pathway. *Environ Toxicol.* 2017;32(3):1037-1046. DOI: 10.1002/tox.22302.
15. Dudzinska D, Bednarska K, Boncler M, et al. The influence of *Rubus idaeus* and *Rubus caesius* leaf extracts on platelet aggregation in whole blood. Cross-talk of platelets and neutrophils. *Platelets.* 2016;27(5):433-9. DOI: 10.3109/09537104.2015.1131254.
16. Gao W, Wang YS, Hwang E, et al. *Rubus idaeus* L. (red raspberry) blocks UVB-induced MMP production and promotes type I procollagen synthesis via inhibition of MAPK/AP-1, NF- κ B and stimulation of TGF- β /Smad, Nrf2 in normal human dermal fibroblasts. *J Photochem Photobiol B.* 2018;185:241-253. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2018.06.007.
17. Zhang X, Sandhu A, Edirisinghe I, et al. An exploratory study of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) (poly)phenols/metabolites in human biological samples. *Food Funct.* 2018;9(2):806-818. DOI: 10.1039/c7fo00893g.
18. Bandick R, Busmann LV, Mousavi S, et al. Therapeutic Effects of Oral Application of Menthol and Extracts from Tormentil (*Potentilla erecta*), Raspberry Leaves (*Rubus idaeus*), and Loosestrife (*Lythrum salicaria*) during Acute Murine Campylobacteriosis. *Pharmaceutics.* 2023;15(10):2410. DOI: 10.3390/pharmaceutics15102410. EDN: RRALBH.
19. Raudone L, Bobinaite R, Janulis V, et al. Effects of raspberry fruit extracts and ellagic acid on respiratory burst in murine macrophages. *Food Funct.* 2014;5(6):1167-74. DOI: 10.1039/c3fo60593k.
20. Ma ZF, Zhang H, Teh SS, et al. Goji Berries as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Their Molecular Mechanisms of Action. *Oxid Med Cell Longev.* 2019. 2437397. DOI: 10.1155/2019/2437397.
21. Shcherba IV, Bakumenko OE, Bakumenko PV. Development of concentrates of dry drinks based on vegetable cryopowders. *Storage and processing of agricultural raw materials.* 2023;(2):163-175. (In Russ.). DOI: 10.36107/spfp.2023.343. EDN: RWUSTT.
22. Akimov MYu, Zhideikhina EV, Zhanova EV, et al. Sources of biologically active substances of raspberries for breeding to improve the chemical composition of fruits. In: *All-Russian Congress with International participation "Fundamental and applied aspects of nutritionology and Dietetics"*, 13–14 Nov 2023. Moscow, 2023, P. 172–173. (In Russ.). EDN: PIHVAU.
23. Antipenko MI. Evaluation of frozen raspberries in the Samara region by some components of chemical composition. *Fruit and berry growing in Russia.* 2019;58:11-17. (In Russ.). DOI 10.31676/2073-4948-2019-58-11-17. EDN: GSJSYN.
24. Gorbunov AB, Kukushkina TA. Chemical composition of berries of species and interspecific hybrids of red currant in the conditions of culture. *Chemistry of plant raw materials.* 2019;(3):85-93. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019034815. EDN: JMBOXE.

Статья принята к публикации 30.05.2025 / The article accepted for publication 30.05.2025.

Информация об авторах:

Аделя Дамировна Галикиева¹, аспирант кафедры технологий продуктов питания

Ольга Михайловна Попова², профессор кафедры технологий продуктов питания, доктор биологических наук, доцент

Information about the authors:

Adelya Damirovna Galikieva¹, Postgraduate student at the Department of Food Technology

Olga Mikhailovna Popova², Professor at the Department of Food Technology, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

