

## Научная статья

УДК 664.8/.9

DOI: 10/24412/2658-4255-2022-4-61-67

## Для цитирования:

А.С. Краснова, Г.В.Семенов,  
Ж.Л. Гучок  
Кисломолочные сублимиро-  
ванные продукты питания  
для населения, работающего  
в условиях крайнего севера  
// Российская Арктика. 2022.  
№ 19. С. 61–67

Получена: 31.10.2022

Принята: 20.11.2022

Опубликована: 05.12.2022



## КИСЛОМОЛОЧНЫЕ СУБЛИМИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.С. Краснова<sup>1</sup> , Г.В. Семенов<sup>2</sup> , Ж.Л. Гучок<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО "Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия  
[ira3891@mail.ru](mailto:ira3891@mail.ru)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО "Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия  
[sgv47@yandex.ru](mailto:sgv47@yandex.ru)

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО "Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия  
[janna-gala@yandex.ru](mailto:janna-gala@yandex.ru)

### Аннотация:

Сублимированные продукты имеют широкий потенциал для создания полноценного рациона питания людей, работающих вахтовым методом в Арктическом регионе, благодаря их свойствам, которые они приобретают после процесса сублимационной сушки. Проведены исследования влияния температуры сублимации на суммарное содержание антиоксидантов в сублимированных йогуртах с ягодным пюре. Образцами исследования являлись йогурты с ягодными пюре, выработанные термостатным способом. Приготовленные йогурты замораживали при температуре минус 40°C и интенсивной циркуляции воздуха. Далее образцы подвергали вакуумной сублимационной сушке при температурах сублимации от минус 10°C до минус 30°C с шагом 5°C. В сублимированных образцах йогурта определяли суммарное содержание антиоксидантов амперометрическим методом на приборе «Цвет-Яуза-01-АА» и органолептические показатели. Определено, что вакуумная сублимационная сушка при более низкой температуре сублимации приводит к сохранению большего содержания антиоксидантов. Органолептическая оценка приготовленных йогуртов выявила, что изменение температура сублимации влияет на общее восприятие вкуса, цвета и запаха сублимированных йогуртов. Обоснован выбор режима сублимационной сушки, обеспечивающий максимальный уровень сохранности качества сублимированных йогуртов с ягодными пюре.

**Ключевые слова:** Крайний Север, Арктика, питание, население, работающее вахтовым методом, сублимационная сушка, сублимированные йогурты, антиоксидантная активность, органолептическая оценка

## SOUR MILK FREEZE-DRIED PRODUCTS FOR THE POPULATION WORKING IN THE FAR NORTH

I.S. Krasnova<sup>1</sup> , G.V. Semenov<sup>2</sup> , Zh.L. Guchok<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University  
[ira3891@mail.ru](mailto:ira3891@mail.ru)

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University  
[sgv47@yandex.ru](mailto:sgv47@yandex.ru)

<sup>3</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University  
[janna-gala@yandex.ru](mailto:janna-gala@yandex.ru)

### Abstract:

Freeze-dried products have a great potential for creating a complete diet for people working on a rotational basis in the Arctic region, due to their properties that they acquire after the freeze-drying process. Researches of the effect of primary drying temperature on the total content of antioxidants in freeze-dried yoghurts with berry puree have been carried

out. The objects of researches were yoghurts with berry puree produced by the thermostatic method. Prepared yoghurts were frozen at a temperature of minus 40°C and intensive air circulation. After the samples were subjected to vacuum freeze-drying at primary drying temperatures from minus 10°C to minus 30°C with a step of 5°C. In freeze-dried samples of yogurt, the total content of antioxidants was determined by the amperometric method on the device "Tsvet-Yauza-01-AA" and sensory characteristics. It has been determined that vacuum freeze-drying at lower primary drying temperatures results in the retention of a higher content of antioxidants. Sensory properties of prepared yoghurts revealed that changing the primary drying temperature affects the overall perception of taste, colour and smell of freeze-dried yoghurts. The choice of the freeze-drying mode, which provides the maximum level of preservation of the quality of freeze-dried yoghurts with berry puree, is substantiated.

**Keywords:** Far North, Arctic, nutrition, population working on a rotational basis, freeze-drying, freeze-dried yoghurts, antioxidant activity, sensory evaluation

---

## Введение

Среди кисломолочных продуктов наибольшей популярностью пользуются йогурты, в первую очередь благодаря своему вкусу и способности нормализовать микрофлору желудочно-кишечного тракта. Ассортимент йогуртов расширяется с каждым годом во всем мире. Одним из перспективных направлений повышения комплекса полезных свойств йогуртов является введение в их рецептуру различных фруктов и ягод. Их применение в рецептурах йогуртов значительно улучшает вкус йогуртов, их витаминный состав, обогащает пищевыми волокнами, которые являются хорошими пребиотиками и антиоксидантами, увеличивающими срок хранения продуктов [1,2].

Вместе с тем, употребление свежих йогуртов в условиях Крайнего Севера достаточно проблематично, в связи с длительными сроками доставки и коротким сроком хранения данного продукта. Отмечено, что питание населения, работающего вахтовым методом на территории Российской Арктики, характеризуются чрезмерным употреблением продуктов с высоким содержанием углеводов, рафинированных сахаров, и содержащих насыщенные жирные кислоты [3]. В рационе не хватает свежих овощей, фруктов и ягод, яиц, молока и молочных продуктов, что связано с существующей микробиологической и химической контаминацией пищевых продуктов на всех административных территориях Арктической зоны [4]. Сложившаяся ситуация приводит к развитию различных алиментарно-зависимых хронических неинфекционных заболеваний, таких как ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, сахарный диабет, авитаминозы и др. [5,6] у лиц, временно проживающих в условиях Крайнего Севера.

Решением данной проблемы может являться использование сублимированных продуктов питания. Это позволит обогатить рацион продуктами, к которым они привыкли в повседневной жизни в местах своего проживания, и улучшить состояние здоровья приезжего населения. Вакуумная сублимационная сушка предполагает два этапа: этап предварительного замораживания растительного сырья и последующую сублимационную сушку. В свою очередь, сублимационная сушка также состоит из двух стадий. На первом этапе основная часть вымерзшей влаги удаляется фазовым переходом «лед-пар», оставшаяся физически связанная влага удаляется испарением на этапе досушки. Известно, что степень сохранности полезных компонентов, и в первую очередь антиоксидантных веществ, зависит от температуры, при которой происходит фазовый переход «лед-пар». Однако более низкая температура фазового перехода приводит как к увеличению продолжительности цикла сушки, так и к увеличению общих энергозатрат на процесс обезвоживания [7]. Целью представленной работы является определение конкретных числовых зависимостей между уровнем сохранности антиоксидантов и режимом сублимационной сушки, что имеет большое значение в условиях промышленного производства сублимированных продуктов.

## Материалы и методы

### Приготовление образцов

Йогурты вырабатывали из пастеризованного нормализованного молока с массо-

вой долей жира 3,2%. Нормализацию молока проводили по массовой доле сухих веществ путём внесения сухого молока, по показателям качества отвечающего установленным требованиям. При изготовлении опытных образцов использовали закваску, полученную на основе штаммов молочнокислых бактерий (*Streptococcus salivarius thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*). Образцы йогуртов получали термостатным способом путем сквашивания при температуре  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . После достижения необходимой титруемой кислотности ( $88 \pm 5^\circ\text{T}$ ) образцы йогурта охлаждали до  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ .

На основе анализа литературных данных о содержании фруктовых пюре в йогуртах [8], предварительных опытов и, исходя из расчета массовой доли сухих веществ в готовом продукте, в йогурт добавляли земляничное пюре в количестве 15% и перемешивали до получения однородной консистенции. Далее образцы йогуртов разливали на противни и замораживали.

#### *Замораживание*

Для получения мелкокристаллической структуры йогуртов, их замораживали в морозильной камере при температуре минус  $40^\circ\text{C}$  и интенсивной циркуляции воздуха. Далее противни с замороженным продуктом помещали в лабораторную вакуумную сублимационную установку СВП-0,36 [9].

#### *Вакуумная сублимационная сушка*

Вакуумную сублимационную сушку проводили в каждом эксперименте при различных температурах на стадии сублимации в диапазоне от минус 10 до минус  $30^\circ\text{C}$ . Температура на стадии завершения сушки оставалась прежней и составляла  $36-38^\circ\text{C}$ . Общую продолжительность процесса и продолжительность стадии сублимации определяли по изменению температуры в слое высушиваемого сырья. Общая продолжительность цикла сушки варьировалась от 16 до 24 часов. Общее количество высушенных образцов составило 5: йогурты с земляничным пюре, высушенные при температуре сублимационной сушки минус  $10^\circ\text{C}$ , минус  $15^\circ\text{C}$ , минус  $20^\circ\text{C}$ , минус  $25^\circ\text{C}$ , минус  $30^\circ\text{C}$ . Далее определяли показатели качества высушенных йогуртов.

#### *Определение антиоксидантной активности*

Суммарное содержание антиоксидантов определяли с использованием прибора «Цвет-Яуза-01-АА» амперометрическим методом, основанным на измерении силы тока, возникающего при электрохимическом окислении исследуемого вещества на поверхности стеклоуглеродного анода с потенциалом + 1,3 В. При таких значениях потенциала происходит окисление фенольных (R-OH), тиоловых (R-SH) и других соединений, протекающих по схеме:  $\text{R-OH} - \text{R-O} + \text{e}^- + \text{H}^+$  и может быть использовано как модельное, при измерении активности поглощенных свободных радикалов [10]. После усиления силы тока он преобразуется в цифровой сигнал. При определении антиоксидантов в качестве элюента использовали водный раствор ортофосфорной кислоты. Градуировку прибора проводили по галловой кислоте.

#### *Органолептическая оценка приготовленных йогуртов*

Поскольку антиоксиданты относятся к веществам, отвечающим за цвет, вкус и аромат продукта, была также проведена органолептическая оценка полученных йогуртов. Сублимированные йогурты регидратировали водой комнатной температуры до исходного содержания сухих веществ. Одиннадцать экспертов оценивали приготовленные йогурты. Дегустаторами были взрослые здоровые добровольцы (в возрасте от 18 до 50 лет), которые употребляли йогурты и не имели аллергии на употребление этих продуктов. Органолептическая оценка включала цвет, запах, вкус, консистенцию и общее восприятие. Эксперты оценивали каждый показатель по пятибалльной шкале.

## **Результаты и обсуждение**

#### *Вакуумная сублимационная сушка йогуртов*

В таблице 1 представлены параметры процесса вакуумной сублимационной сушки йогуртов.

Результаты исследований показывают, что снижение температуры сублимации сопровождается увеличением суммарной продолжительности процесса сублимационной сушки (столбец 3) и продолжительности этапа сублимации (столбец 4). Снижение температуры сублимации приводит к пропорциональному снижению интенсивности удаления влаги на этапе сублимации (столбец 5). Конечная влажность высушенных образцов составила 3,5-4,0%. Они легко измельчались и превращались в порошок.

Таблица 1

## Параметры вакуумной сублимационной сушки йогуртов

Средняя за цикл температура сублимации, °С	Средняя температура на поверхности десублиматора, °С	Продолжительность сушки, ч		Интенсивность удаления влаги на этапе сублимации, кг/ч*м <sup>2</sup>
		общая	этапа сублимации	
-10	-20	16,0	11,0	1,5
-15	-26	18,0	12,5	1,0
-20	-30	20,0	13,0	0,8
-25	-36	22,5	16,0	0,7
-30	-40	24,0	18,0	0,5

*Антиоксидантная активность йогурта*

Поскольку вещества, обладающие антиоксидантной активностью, по своей природе являются термолабильными компонентами, антиоксидантная активность сильно зависит от уровня температурного воздействия. Таким образом, наличие антиоксидантов может быть использовано для оценки режимных параметров сублимационной сушки и четко коррелирует с другими показателями качества [11,12].

Данные по суммарному содержанию антиоксидантов в йогуртах представлены на рисунке 1.

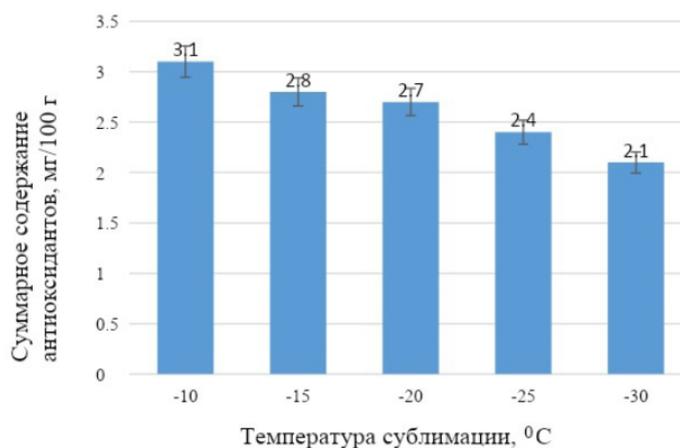


Рисунок 1 - Суммарное содержание антиоксидантов в йогуртах, высушенных при различных температурах сублимации от (-10 °С) до (-30 °С).

Результаты исследований свидетельствуют, что снижение температуры сублимации приводит к более высокой сохранности антиоксидантных веществ в йогуртах. Так, при температуре сублимации минус 10°С, суммарное содержание антиоксидантов находилось на уровне 2,1 мг/100 г продукта. При снижении температуры сублимации до минус 20°С, суммарное содержание антиоксидантов увеличилось на 28-30%. Дальнейшее снижение температуры сублимации до температуры минус 30°С привело к повышению суммарного содержания антиоксидантов еще на 13-15%, что связано со следующими причинами. Известно, что к антиоксидантам относятся антоцианы, катехины, лейкоантоцианы, полифенолы, флавонолы и другие вещества, обладающие высокой летучестью по своей физической природе. Понижение температуры фазового перехода сопровождается пропорциональным увеличением количества жидких веществ в составе сырья, находящегося в замороженном состоянии. Это способствует их лучшему сохранению в составе уже высушенного материала. Та часть влаги, которая остается в незамерзшем состоянии, удаляется из высушиваемого объекта испарением вместе с водорастворимыми летучими компонентами, содержащимися в растворе.

*Органолептическая оценка приготовленных йогуртов*

Результаты органолептической оценки исследуемых йогуртов представлены в таблице 2.

Йогурт с пюре приобрел приятный светло-розовый оттенок разной интенсивности, равномерно распределенный по всему объему продукта. Дегустаторы оценили йогурты почти на том же уровне, что и контроль по этому показателю.

При оценке запаха йогуртов, дегустаторы отметили, что йогурты, высушенные при более низких температурах, приобрели более выраженный приятный запах и аромат, характерные для обогащающей добавки из ягодного пюре до сублимационной сушки.

В образцах йогуртов, высушенных при более высоких температурах сублимации, запах был едва заметен. Эти данные коррелируют со значениями антиоксидантной активности. В образцах с более выраженным запахом и вкусом ягод обнаружено более высокое содержание веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. Эксперты отметили аналогичную зависимость при оценке вкуса.

Добавление ягодного пюре оказало положительное влияние на консистенцию восстановленных йогуртов. Дегустаторы отметили, что йогурты стали немного гуще, оставаясь при этом однородным и без комочков. Дегустаторы отдали предпочтение по общему впечатлению йогуртам, высушенными при более низких температурах сублимации.

Таблица 2

### Органолептическая оценка исследуемых йогуртов

Йогурт	Цвет	Запах	Аромат	Консистенция	Общее впечатление
Йогурт без добавок	4,8	4,6	4,7	4,7	4,6
Йогурт с пюре, высушенный при минус 10 °С	4,7	4,2	4,3	4,5	4,5
Йогурт с пюре, высушенный при минус 15 °С	4,7	4,4	4,3	4,5	4,7
Йогурт с пюре, высушенный при минус 20 °С	4,9	4,6	4,6	4,7	4,6
Йогурт с пюре, высушенный при минус 25 °С	4,9	5,0	4,8	4,8	4,8
Йогурт с пюре, высушенный при минус 35 °С	4,9	5,0	4,9	4,9	5,0

### Выводы

Проведенные испытания позволили сделать вывод, что при сублимационной сушке температура сублимации оказывает существенное влияние на сохранение термолабильных компонентов, обладающих антиоксидантной активностью. Более низкие температуры сублимационной сушки приводят к более значительному сохранению антиоксидантных веществ.

Показано, что температура сублимации также влияет на органолептические показатели йогуртов. Таким образом, можно контролировать качество сухих сублимированных продуктов путем изменения температуры сублимации. Отсюда возникает перспектива выбора по согласованию с потенциальными потребителями заданного уровня качества готового продукта, тесно взаимосвязанного с общей стоимостью сублимационной сушки.

В качестве приоритетного рекомендован режим сушки при температуре сублимации минус 30°C и температуре досушки 36-38°C. Этот режим обеспечивает наиболее высокое качество высушенного продукта. При этом он может быть обеспечен в серийно выпускаемых отечественных сублимационных установках, например, фирмой «СХ-Техника» (г. Казань).

Показано, что по согласованию с заказчиком может быть выбран и другой режим сушки, с небольшим снижением качества, но с меньшими длительностью процесса сушки и удельными энергозатратами.

Учитывая повышенные требования к продуктам питания людей, работающих в

условиях Северных и Арктических регионов, следует использовать режимы сублимационной сушки, обеспечивающие максимальный уровень сохранности полезных веществ в высушенных продуктах.

### Список литературы:

1. Sukhikh S.A., Astakhova L.A., Golubcova Yu.V., Lukin A.A., Prosekova E.A., Milent`eva I.S. Functional dairy products enriched with plant ingredients. // *Foods and Raw Materials*, 2019, vol. 7, no 2, pp. 428–438. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-428-438>;
2. Стаценко Е.С., Литвиненко О.В., Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В., Корнева Н.Ю., Покотило О.В. Разработка технологии производства кисломолочных напитков, обогащенных соевым белковым ингредиентом // *Техника и технология пищевых производств*, 2021, №51(4), С.784-794. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-784-794>
3. Еганян Р.А. Особенности питания жителей Крайнего Севера России (обзор литературы) // *Профилактическая медицина*. 2013. №5. С. 41-47;
4. Истомин А.В., Федина И.Н., Шкурихина С.В., Кутакова Н.С. Питание и Север: гигиенические проблемы Арктической зоны России (Обзор литературы) // *Гигиена и санитария*, 2018, Т. 97. №6. С.557-563;
5. Лобанова Л.П., Агбалян Е.В., Буганов А.А. Обеспеченность микронутриентами пришлого населения Крайнего Севера // *Вопросы питания*. 2007. №5. С. 51-54.;
6. Бекетова Н.А., Коденцова В. М., Вржесинская О. А. Обеспеченность витаминами жителей сельских поселений российской Арктики // *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 3. С. 83-91. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00049>
7. Semenov, G.V., Tikhomirov, A.A., Krasnova, I.S. The choice of the Parameters of Vacuum Freeze Drying to thermolabile materials with desired quality level. // *International journal of Applied Engineering Research*, 2016, vol. 11, no. 13, pp. 8056-8061.
8. Бусыгин А.А., Алексеенко Е.В. Конструирование наполнителя на фруктово-ягодной основе для применения в кисломолочных продуктах // *Innovations in life sciences: сборник материалов IV международного симпозиума*, Белгород, 2022. С. 332-334.
9. Семёнов Г.В., Краснова И.С. Сублимационная сушка: монография. Москва: Дели плюс, 2021. 326 с.
10. Донская Г.А., Дрожжин В.М. Напитки молочные с повышенным содержанием белка // *Переработка молока*. 2017. № 2. С. 24-27.
11. Routray W., Mishra H.N. Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2011, vol. 10, pp. 208-220;
12. Matter A.A., Mahmoud E.A.M., Zidan N.S. Fruit Flavored Yoghurt: chemical, functional and rheological properties. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 2016, vol. 2, no. 5, pp. 57-66.

### References:

1. Sukhikh S.A., Astakhova L.A., Golubcova Yu.V., Lukin A.A., Prosekova E.A., Milent`eva I.S. Functional dairy products enriched with plant ingredients. // *Foods and Raw Materials*, 2019, vol. 7, no 2, pp. 428–438. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-428-438>;
2. Statsenko E.S., Litvinenko O.V., Kodirova G.A., Kubankova G.V., Korneva N.Yu., Pokotilo O.V. Razrabotka tekhnologii proizvodstva kislomolochnykh napitkov, obogashchennykh soevym belkovym ingrediyyentom [Development of technology for the production of fermented milk drinks enriched with soy protein ingredient]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2021, vol. 51, no. 4, pp. 784-794. (In Russian.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-784-794>;
3. Eganian RA. Osobennosti pitaniya zhitelej Krajnego Severa Rossii [Nutritional characteristics in dwellers of the Far North of Russia (a review of literature)]. *Profilakticheskaya medicina*. [The Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health]. 2013, no. 5, pp. 41-47. (In Russian.).
4. Istomin A.V., Fedina I.N., Shkurihina S.V., Kutakova N.S. Pitanie i Sever: gigenicheskie problemy Arkticheskoy zony Rossii (Obzor literatury) [Nutrition and the North: hygienic problems of the Arctic zone of Russia (the review of the literature).] *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2018, vol. 97, no. 6, pp. 557-563 (In Russian.). DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-6-557-563>;

5. Lobanova L.P., Agbalyan E.V., Buganov. Obespechennost' mikronutrientami prishlogo naseleniya Krajnego Severa [Providing of non-natives of the Far North with micronutrients.] *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 2007, no 5, pp. 51-54. (In Russian.);
6. Beketova N.A., Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Keshabyants E.E., Sokolnikov A.A., Kosheleva O.V. Obespechennost' vitaminami zhitelej sel'skih poselenij rossijskoj Arktiki [Vitamin status of rural residents, living in Russian Arctic]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 2017, vol. 86, no. 3, pp. 83-91. (In Russian.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00049>
7. Semenov, G.V., Tikhomirov, A.A., Krasnova, I.S. The choice of the Parameters of Vacuum Freeze Drying to thermolabile materials with desired quality level. *International journal of Applied Engineering Research*, 2016, vol. 11, no. 13, pp. 8056-8061.
8. Busygin A.A., Alekseenko E.V. Konstruirovaniye napolnitelya na fruktovo-yagodnoj osnove dlya primeneniya v kislomolochnykh produktah [Designing a filler based on fruit and berries for use in fermented milk products] // *Innovations in life sciences: sbornik materialov IV mezhdunarodnogo simpoziuma [Innovations in life science: collection of materials of the IV International Symposium]*, Belgorod, 2022. S. 332-334 (In Russian).
9. Semenov G.V., Krasnova I.S. *Sublimacionnaya sushka [Freeze drying]*. Moscow: DeLi plus, 2021, 326 p. (In Russian.).
10. Donskaya G.A., Drozhzhin V.M. Napitki molochnyye s povyshennym sodержaniyem belka [Dairy drinks with high protein content]. *Pererabotka moloka [Milk processing]*, 2017, no. 2, pp. 24-27. (In Russian.);
11. Routray W., Mishra H.N. Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2011, vol. 10, pp. 208-220;
12. Matter A.A., Mahmoud E.A.M., Zidan N.S. Fruit Flavored Yoghurt: chemical, functional and rheological properties. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 2016, vol. 2, no. 5, pp. 57-66.