

## Разработка йогурта с антиоксидантными свойствами на основе использования инкапсулированного таксифолина

|                       |              |                                                              |                                                                                                         |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ринат И. Фаткуллин    | <sup>1</sup> | <a href="mailto:fatkullinri@susu.ru">fatkullinri@susu.ru</a> |  0000-0002-1498-0703 |
| Ирина В. Калинина     | <sup>1</sup> | <a href="mailto:kalininaiv@susu.ru">kalininaiv@susu.ru</a>   |  0000-0002-6246-9870 |
| Наталия В. Попова     | <sup>1</sup> | <a href="mailto:nvpopova@susu.ru">nvpopova@susu.ru</a>       |  0000-0001-7665-5984 |
| Наталья В. Науменко   | <sup>1</sup> | <a href="mailto:naumenkonv@susu.ru">naumenkonv@susu.ru</a>   |  0000-0002-9520-3251 |
| Екатерина Е. Науменко | <sup>1</sup> | <a href="mailto:9193122375@mail.ru">9193122375@mail.ru</a>   |  0000-0002-0213-1595 |

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

**Аннотация.** Целью настоящего исследования стало изучение возможности использования растительных антиоксидантов для получения пробиотических продуктов с антиоксидантными свойствами. В качестве пробиотической пищевой системы был выбран йогурт, полученный термостатным способом с применением коммерчески доступной йогуртной закваски. Являясь продуктом массового спроса йогурт с антиоксидантными свойствами может стать адекватным подходом в области решения проблем обеспечения населения биологически активными минорными веществами антиоксидантного действия. Одной из важных задач разработки, обогащенных пробиотических продуктов является оценка влияния используемых пищевых ингредиентов на развитие пробиотиков и формирование заданного качества самого продукта. По этой причине в рамках исследования проводили оценку таких показателей как титруемая кислотность, характеризующую течение процесса ферментации; содержание пробиотических микроорганизмов в сочетании с изучением их морфологии; антиоксидантную активность как показатель, отражающий сформированность новых функциональных свойств. В качестве антиоксиданта использовали порошок таксифолина в исходном и инкапсулированном по авторской методике виде (в гидроксипропил-бета-циклодекстрин). Результаты проведенных исследований показали, что включение таксифолина в состав йогурта позволяет обеспечить формирование пробиотического продукта с требуемым согласно действующей нормативной документации количеством пробиотических микроорганизмов (не менее  $10^7$  КОЕ на 1 г) и уровнем титруемой кислотности. При этом установлено, что использование таксифолина в инкапсулированном виде обеспечивает лучшее развитие заквасочной микрофлоры йогурта, содержание пробиотических микроорганизмов было на порядок выше, чем в образце с неинкапсулированным таксифолином. Значение антиоксидантной активности обогащенных образцов йогурта более, чем в 2 раза превышали значения для контрольного образца. Таким образом, полученные результаты показали, что при получении йогурта с антиоксидантными свойствами наиболее целесообразно вносить пищевой ингредиент на основе инкапсулированного таксифолина.

**Ключевые слова:** пищевая система, йогурт, таксифолин, инкапсуляция, антиоксидантная активность.

## Development of a yogurt with antioxidant properties based on the use of encapsulated taxifolin

|                       |              |                                                              |                                                                                                           |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rinat I. Fatkullin    | <sup>1</sup> | <a href="mailto:fatkullinri@susu.ru">fatkullinri@susu.ru</a> |  0000-0002-1498-0703 |
| Irina V. Kalinina     | <sup>1</sup> | <a href="mailto:kalininaiv@susu.ru">kalininaiv@susu.ru</a>   |  0000-0002-6246-9870 |
| Natalia V. Popova     | <sup>1</sup> | <a href="mailto:nvpopova@susu.ru">nvpopova@susu.ru</a>       |  0000-0001-7665-5984 |
| Natalya V. Naumenko   | <sup>1</sup> | <a href="mailto:naumenkonv@susu.ru">naumenkonv@susu.ru</a>   |  0000-0002-9520-3251 |
| Ekaterina E. Naumenko | <sup>1</sup> | <a href="mailto:9193122375@mail.ru">9193122375@mail.ru</a>   |  0000-0002-0213-1595 |

<sup>1</sup> South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

**Abstract.** The aim of this study was to investigate the possibility of using plant antioxidants to produce probiotic products with antioxidant properties. The probiotic food system chosen was yoghurt produced by a thermostatic process using commercially available yoghurt sourdough. Being a mass-market product, yoghurt with antioxidant properties may become an adequate approach to solve the problems of providing the population with biologically active minor substances of antioxidant action. One of the important challenges in the development of fortified probiotic products is to assess the impact of the food ingredients used on probiotic development and the formation of a given quality of the product itself. For this reason, the research assessed indicators such as titratable acidity, which characterizes the course of the fermentation process; the content of probiotic microorganisms in combination with the study of their morphology; and antioxidant activity as an indicator reflecting the formation of new functional properties. Taxifolin powder in the original and encapsulated form (in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin) according to the author's methodology was used as an antioxidant. The results of studies show that inclusion of taxifolin into the composition of yogurt ensures formation of probiotic product with the required amount of probiotic microorganisms (not less than  $10^7$  CFU per 1 g) and the titratable acidity level according to the current regulatory documentation. It was found that the use of taxifolin in encapsulated form provides a better development of the fermentation microflora of yoghurt, the content of probiotic microorganisms was one order of magnitude higher than in the sample with unencapsulated taxifolin. The value of antioxidant activity of the enriched yoghurt samples was more than 2 times higher than that of the control sample. Thus, the results obtained showed that when obtaining yoghurt with antioxidant properties it is most advisable to add a food ingredient based on encapsulated taxifolin.

**Keywords:** food system, yogurt, taxifolin, encapsulation, antioxidant activity.

Для цитирования

Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Попова Н.В., Науменко Н.В., Науменко Е.Е. Разработка йогурта с антиоксидантными свойствами на основе использования инкапсулированного таксифолина // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 46–51. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-46-51

For citation

Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Popova N.V., Naumenko N.V., Naumenko E.E. Development of a yogurt with antioxidant properties based on the use of encapsulated taxifolin. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 46–51. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-46-51

## Введение

Пробиотические продукты занимают важное место в рационе питания населения, являясь источниками микроорганизмов, необходимых для формирования микробиома и, как следствие, иммунной системы человека [1, 2, 4–6, 8]. Одним из наиболее популярных пробиотических продуктов является йогурт, ассортимент которого наиболее широко развит и доступен населению. На сегодняшний день аналитики считают, что йогурт, с точки зрения роста продаж, является самым перспективным продуктом в России. На данный момент в России потребители йогуртов составляют 46% россиян, а в 2022 году эта цифра может возрасти до 49,5% [14, 16].

В связи с этим, развитие линейки йогуртов является динамичным процессом, определяющим появление новых видов продукции с разными характеристиками, в том числе, пониженной кислотностью, разнообразными вкусами и новыми функциональными свойствами. Особое внимание потребителей вызывают комплексные пищевые продукты, в системе которых присутствуют как пробиотики, так и функциональные вещества направленного действия. В этом контексте возрастает интерес к пробиотическим продуктам, обогащенным минорными биологически активными веществами, в том числе антиоксидантного действия. Огромное количество минорных биологически активных веществ антиоксидантного действия представлены растительными полифенолами: рутин, кверцетин, куркумин, таксифолин (дигидрокверцетин) и другими. Большинство из перечисленных соединений на сегодняшний день хорошо изучены, установлен обширный перечень их фармакобиологических эффектов, в числе которых нормализация системы кровообращения, антирадикальные свойства, предотвращение сердечно-сосудистых заболеваний [19–21].

Вместе с тем хорошо известна и технологическая проблематика использования растительных полифенолов в составе пищевых систем, связанная с их низкой растворимостью в воде, химической лабильностью, склонностью к полимеризации и потере биологической активности. Кроме того, плохо изучена как способность растительных полифенолов сохранять свои свойства в составе сложных пищевых систем, так и влияние этих соединений на технологические процессы производства пищевых продуктов [19–21].

В частности, в литературе представлены исследования, указывающие на способность некоторых полифенолов угнетать развитие заквасочных культур микроорганизмов [7, 15].

Учитывая вышеизложенное, актуальным становится поиск подходов, направленных на комплексное решение технологической задачи получения обогащенных растительными антиоксидантами пробиотических молочных продуктов: сохранение полезных свойств биологически активных веществ в сочетании с активным развитием заквасочной микрофлоры.

Адекватным решением поставленной задачи может стать использование в качестве функционального пищевого ингредиента антиоксиданта в инкапсулированном виде.

**Цель работы** – изучение возможности использования таксифолина, как растительного антиоксиданта, для получения обогащенных йогуртов и оценка его влияния в исходном и инкапсулированном виде на биотехнологические процессы формирования пищевой системы пробиотического продукта.

## Материалы и методы

В качестве основного сырья для получения образцов йогуртов использовалось нормализованное пастеризованное молоко 3,2% жирности.

В качестве источника заквасочной микрофлоры использовалась коммерчески доступная закваска Vivo «Для йогурта», в составе которой заявлено присутствие таких микроорганизмов как: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*. Количество вносимой закваски и технология получения йогурта соответствовали рекомендациям производителя.

Минорное биологически активное вещество таксифолин вводили в состав йогурта перед началом сквашивания в виде порошка в исходной и инкапсулированной по авторской методике форме. Количество вносимого в рецептуру йогурта таксифолина (дигидрокверцетина) устанавливалось с учетом требования ГОСТ 31981–2013 и действующих норм потребления [12, 13].

В качестве объектов исследования были определены: ЙК (контроль) – йогурт, полученный по традиционной рецептуре и технологии; ЙТисх – йогурт, обогащенный таксифолином в исходном виде; ЙТинк – йогурт, обогащенный таксифолином в инкапсулированном виде (инкапсуляция таксифолина проводилась в гидроксипропилбета-циклодекстрин).

Оценку влияния таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на биотехнологические процессы и качество готового продукта проводили путем определения номенклатуры показателей для готовых йогуртов:

- титруемая кислотность, град. Тернера;
- морфология микрофлоры (микроскопические исследования);

- содержание пробиотических микроорганизмов, наиболее вероятное число (НВЧ), КОЕ на 1 г продукта;
- антиоксидантная активность, %.

Титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624. *Содержание пробиотических микроорганизмов, НВЧ* – по ГОСТ Р 56139–2014 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов. Морфологию микрофлоры изучали на основе микроскопии фиксированных препаратов, окрашенных по Грамму (увеличение×1500). *Общую антиоксидантную активность* определяли методом DPPH.

### Результаты и обсуждение

Изучение влияния таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на формирование свойств йогурта проводили в несколько этапов. Первично были оценены показатели титруемой кислотности образцов, результаты исследования представлены на рисунке 1.

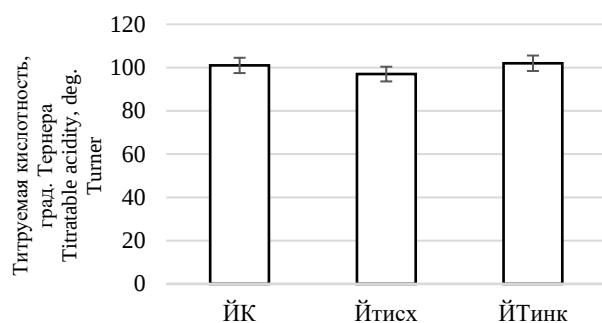


Рисунок 1. Титруемая кислотность исследуемых образцов йогурта, град. Тернера

Figure 1. Titratable acidity of the investigated samples of yogurt, deg. Turner

Одной из функций заквасочных культур в процессе ферментации является образование молочной кислоты, снижение pH, формирование характерной гелеобразной структуры йогурта и накопление ароматобразующих соединений. Известно, что на начальном этапе процесса ферментации ведущая роль в формировании титруемой кислотности принадлежит термофильным молочнокислым микроорганизмам, которые утилизируя свободные аминокислоты, обеспечивают снижение pH до значений благоприятных для развития *L. Bulgaricus*. При активном развитии болгарской палочки и других палочковидных микроорганизмов закваски рост *S. Thermophilus* замедляется. При этом, основным продуктом ферментации заквасочных культур является молочная кислота, обеспечивающая требуемые значения титруемой кислотности продукта [2–4, 6, 8–11, 17, 18].

Результаты проведенных исследований показали достаточную активность протекания процесса ферментации для всех образцов йогурта. По окончании процесса созревания титруемая кислотность йогуртов попадала в диапазон требуемых значений (75–140 °T). Однако, необходимо отметить, что использование в составе йогурта растительного антиоксиданта таксифолина повлекло некоторое снижение интенсивности процессов кислотообразования микрофлорой закваски. Так, при использовании таксифолина в исходном виде значение титруемой кислотности готового продукта (ЙТисх) было на 5% ниже, чем у контрольного образца. Для образца с инкапсулированным таксифолином статистически значимых различий в сравнении с контролем отмечено не было.

Исследования, представленные в литературе, не дают точного ответа на вопрос о влиянии полифенолов на активность и развитие отдельных культур пробиотических микроорганизмов. Так исследования [5, 14] показали, что экстракт липы и эхинацеи оказывает негативное воздействие на развитие *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, замедляя процесс накопления титруемой кислотности йогуртов, тогда как экстракт шиповника, рябины и облепихи позволяет интенсифицировать процессы сквашивания продуктов, содержащих культуры *Lactobacillus acidophilus* [14]. Вероятно, влияние отдельных полифенолов носит выраженный узко специфический характер.

Наши результаты показывают, что таксифолин в неинкапсулированном виде, вероятно, оказывает слабое угнетающее действие на развитие микроорганизмов используемой в исследовании закваски.

На следующем этапе исследования были определены показатели, характеризующие функциональные свойства полученных образцов йогуртов (таблица 1). Уникальность и привлекательность йогурта как пробиотического продукта обусловлена, в первую очередь, его сложной микробной системой, состоящей из комплекса термофильных молочнокислых стрептококков и палочковидных форм бактерий, в первую очередь, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. Именно совместное присутствие *L. Bulgaricus* и *S. Thermophilus* в системе продукта определяет его полезные свойства в направлении нормализации микробиома человека и его иммунной системы.

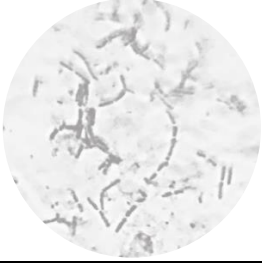
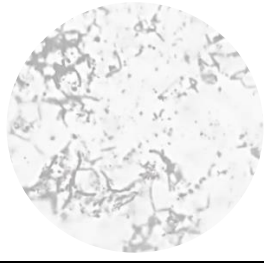
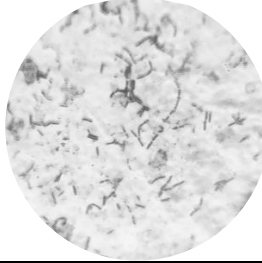
Изучение морфологии микрофлоры исследуемых образцов йогуртов проводили с использованием световой микроскопии по методу светлого поля. Характерный вид микрофлоры образцов визуализирован в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты изменения функциональных свойств исследуемых образцов йогуртов (n = 3), средние значения

Table 1.

The results of changes in the functional properties of the studied samples of yoghurts (n = 3), average values

| Показатель<br>Index                                                                                        | Образцы   Samples                                                                 |                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            | ЙК                                                                                | ЙТисх                                                                              | ЙТинк                                                                               |
| НВЧ микроорганизмов<br>Most probable number of microorganisms                                              | Более $1,1 \times 10^9$                                                           | $4,6 \times 10^8$                                                                  | $2,9 \times 10^9$                                                                   |
| Характерный вид микрофлоры<br>(окраска по Грамму)<br>The characteristic type<br>of microflora (Gram stain) |  |  |  |
| Антиоксидантная<br>активность, % (DPPH)<br>Antioxidant activity, % (DPPH)                                  | $24,6 \pm 0,7$                                                                    | $67,3 \pm 1,2$                                                                     | $51,8 \pm 0,9$                                                                      |

Результаты микроскопии исследуемых образцов йогуртов позволили установить, что в каждом из исследуемых объектов наблюдалась типичная для данного вида закваски микрофлора, посторонних микроорганизмов не обнаружено. Микрофлора исследуемых образцов йогуртов преимущественно представлена развитой палочковидной микрофлорой, что согласно маркировочных данных к закваске, можно идентифицировать как *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*. Также отмечено присутствие *Streptococcus thermophilus* в виде моно-, дипло- и стрептококков.

Согласно требованиям ГОСТ 31981–2013, концентрация микроорганизмов закваски должна составлять не менее чем  $10^7$  КОЕ в 1 г продукта. При определении наиболее вероятного числа микроорганизмов были получены результаты, указывающие на соответствие всех исследуемых образцов йогуртов требованиям действующего стандарта. Вместе с тем, в образце йогурта с таксифолином в исходной форме значение показателя было на один порядок ниже, что в двух других образцах, что в целом согласуется и с более низкими значениями титруемой кислотности йогурта ЙТисх.

Для установления сформированности новых функциональных свойств йогуртов, обогащенных растительными антиоксидантами, на заключительном этапе исследований была проведена оценка антиоксидантной активности полученных образцов йогурта, для чего использовался DPPH метод (таблица 1). Результаты исследования

данного показателя свидетельствуют о том, что включение таксифолина в пищевую систему йогурта приводит к значительному росту его антиоксидантных свойств. Антиоксидантная активность образца ЙТисх характеризовалась наиболее высоким значением, более чем в 2,5 раза превышающим контрольный образец. Значение антиоксидантной активности образца ЙТинк на 23% уступали ЙТисх, что вероятно обусловлено сохранением защитной оболочки таксифолина, сформированной гидроксипропил-бета-циклодекстрином при инкапсуляции антиоксиданта. При этом, значения антиоксидантной активности данного образца более чем в два раза превышали контрольный.

### Заключение

По результатам проведенных исследований можно отметить доказанную возможность применения растительного антиоксиданта таксифолина для получения обогащенного йогурта с антиоксидантными свойствами. Установлено, что наиболее целесообразно внесение таксифолина в пищевую систему йогурта в инкапсулированном виде, что позволяет получить пробиотический продукт с развитой микрофлорой, требуемым количеством пробиотических микроорганизмов в совокупности с высокой антиоксидантной активностью.

### Благодарности

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых МК-3690.2021.5.

### Литература

- 1 Артюхова С.И., Толстогузова Т.Т. Изучение биотехнологических свойств молочнокислых бактерий для функционального питания // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 65.
- 2 Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология молока и молочных продуктов. М.: «Колос», 2003. 105 с.
- 3 Белясова Н.А. Микробиология молочных производств: учебник. Мн.: Высшая шк., 2012. 443 с.

- 4 Бондарева Г.И. Изучение биотехнологических свойств микробного консорциума // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 6. С. 80–81.
- 5 Бондаренко В.М., Грачева Н.М. Препараты пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов // Фарматека. 2003. № 7. С. 56–63.
- 6 Ботвинникова В.В., Ускова Д.Г., Попова Н.В. Практические предпосылки модификации технологии кисломолочных напитков для формирования заданных функциональных свойств // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 172–180.
- 7 Герасимова Т.В., Лодыгин А.Д., Абакумова Е.А., Дергунова Е.В., Скороходова М.В. Изучение влияния БАВ лекарственных растений на рост и развитие молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1. С. 1–4.
- 8 Забодалова Л.А., Белякова Т.Н., Антонцева Е.В. и др. Полисахариды вешенки в производстве йогурта // Молочная промышленность. 2019. № 2. С. 54–55.
- 9 Захарова Л.М., Лозманова С.С., Крохалева Л.В. Изучение технологических характеристик функционального кисломолочного продукта и его пищевой ценности // Актуальная биотехнология. 2014. № 1 (8). С. 12–15.
- 10 Кириченко И.С. Разработка продуктов питания функционального назначения, обогащенных сырьем растительного происхождения «здоровый завтрак три – О» // Научный Вестник ГАОУ ВО «НГГТИ». 2016. Т. 3. С. 43–47.
- 11 Крючкова В.В. Пребиотики в функциональных кисломолочных продуктах // Молочная промышленность. 2009. № 7. С. 34–36.
- 12 МР 2.3.1.1915–04. Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.
- 13 МР 2.3.1.2432–08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
- 14 Птуха А. Рынок кисломолочных продуктов за 2015–2019 гг. URL: <http://ikc.belapk.ru/upload/iblock/548/548d37d1d9386905f7d20fb211e489d2.pdf>
- 15 Скоринова Т.К., Танащук Т.Н., Травникова Е.Э. Оценка устойчивости дрожжей рода *Saccharomyces* к полифенолам и танину // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 2. С. 139–142. doi: 10.35547/IM.2019.21.2.012
- 16 Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>
- 17 Changkun L., Song J., Kwok L., Chen Y. Influence of *Lactobacillus plantarum* on yogurt fermentation properties and subsequent changes during postfermentation storage // Journal of Dairy Science. 2017. V. 100. № 4. P. 5–28.
- 18 Martensson O., Oste R., Holst O. Lactic acid bacteria in an oat-based non-dairy milk substitute: fermentation characteristics and exopolysaccharide formation // Food Science and Technology/LWT – 33. 2000. P. 525–530.
- 19 Fatkullin R., Popova N., Kalinina I., Botvinnikova V. Application of ultrasonic waves for the improvement of particle dispersion in drinks // Agronomy Research. 2017. V. 15. № S2. P. 1295–1303.
- 20 Potoroko I.Yu., Berebin M.A., Kalinina I.V., Ivanova D.G. et al. Plant adaptogens in specialized food products as a factor of homeostatic regulation involving microbiota // Человек. Спорт. Медицина. 2018. V. 18. № 2. P. 97–108.
- 21 Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I. et al. Sonochemical micronization of taxifolin aimed at improving its bioavailability in drinks for athletes // Человек. Спорт. Медицина. 2018. V. 18, № 3. P. 90–100.

### References

- 1 Artyukhova S.I., Tolstoguzova T.T. Study of biotechnological properties of lactic acid bacteria for functional nutrition. Modern problems of science and education. 2015. no. 1. pp. 65. (in Russian).
- 2 Bredikhin S.A., Kosmodemgensky Yu.V., Yurin V.N. Technology of milk and dairy products. Moscow, Kolos, 2003. 105 p. (in Russian).
- 3 Belyasova N.A. Microbiology of dairy production: a textbook. Minsk, Higher school, 2012. 443 p. (in Russian).
- 4 Bondareva G.I. Study of the biotechnological properties of a microbial consortium. International Journal of Experimental Education. 2015. no. 6. pp. 80–81. (in Russian).
- 5 Bondarenko V.M., Gracheva N.M. Probiotics, prebiotics and synbiotics in the treatment and prevention of intestinal dysbacteriosis. Farmateka. 2003. no. 7. pp. 56–63. (in Russian).
- 6 Botvinnikova V.V., Uskova D.G., Popova N.V. Practical prerequisites for modifying the technology of fermented milk drinks for the formation of specified functional properties. Proceedings of VSUET. 2016. no. 4. pp. 172–180. (in Russian).
- 7 Gerasimova T.V., Lodygin A.D., Abakumova E.A., Dergunova E.V. et al. Study of the influence of biologically active substances of medicinal plants on the growth and development of lactic acid microorganisms and bifidobacteria. Technique and technology of food production. 2012. no. 1. pp. 1–4. (in Russian).
- 8 Zabodalova L.A., Belyakova T.N., Antontseva E.V. Oyster mushroom polysaccharides in the production of yogurt. Dairy industry. 2019. no. 2. pp. 54–55. (in Russian).
- 9 Zakharova L.M., Lozmanova S.S., Krokhalova L.V. Study of the technological characteristics of a functional fermented milk product and its nutritional value. Actual biotechnology. 2014. no. 1 (8). pp. 12–15. (in Russian).
- 10 Kirichenko I.S. Development of functional food products enriched with raw materials of plant origin "healthy breakfast three - O". Scientific Bulletin of the State Autonomous Educational Institution of Higher Education "NGGTI". 2016. vol. 3. pp. 43–47. (in Russian).
- 11 Kryuchkova V.V. Prebiotics in functional fermented milk products. Dairy industry. 2009. no. 7. pp. 34–36. (in Russian).
- 12 12. MR 2.3.1.1915–04. Guidelines. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances. (in Russian).
- 13 MR 2.3.1.2432–08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. (in Russian).
- 14 Ptuha A. Market of fermented milk products for 2015–2019. Available at: <http://ikc.belapk.ru/upload/iblock/548/548d37d1d9386905f7d20fb211e489d2.pdf> (in Russian).

- 15 Skorikova. T.K., Tanashchuk T.N., Travnikova E.E. Evaluation of the resistance of yeast of the genus *Saccharomyces* to polyphenols and tannin. "Magarach". Viticulture and winemaking. 2019. vol. 21. no. 2. pp. 139–142. doi: 10.35547/IM.2019.21.2.012 (in Russian).
- 16 Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru> (in Russian).
- 17 Changkun L., Song J., Kwok L., Chen Y. Influence of *Lactobacillus plantarum* on yogurt fermentation properties and subsequent changes during postfermentation storage. *Journal of Dairy Science*. 2017. vol. 100. no. 4. pp. 5–28.
- 18 Martensson O., Oste R., Holst O. Lactic acid bacteria in an oat-based non-dairy milk substitute: fermentation characteristics and exopolysaccharide formation. *Food Science and Technology/LWT* – 33. 2000. pp. 525–530.
- 19 Fatkullin R., Popova N., Kalinina I., Botvinnikova V. Application of ultrasonic waves for the improvement of particle dispersion in drinks. *Agronomy Research*. 2017. vol. 15. no. S2. pp. 1295–1303.
- 20 Potoroko I.Yu., Berebin M.A., Kalinina I.V., Ivanova D.G. et al. Plant adaptogens in specialized food products as a factor of homeostatic regulation involving microbiota. *Human. Sport. The medicine*. 2018. vol. 18. no. 2. pp. 97–108.
- 21 Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I. et al. Sonochemical micronization of taxifolin aimed at improving its bioavailability in drinks for athletes. *Human. Sport. The medicine*. 2018. vol. 18. no. 3. pp. 90–100

**Сведения об авторах**

**Ринат И. Фаткуллин** к.т.н., доцент, кафедра пищевые и биотехнологии, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия, [fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

**Ирина В. Калинина** д.х.н., профессор, кафедра пищевые и биотехнологии, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия, [kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

**Наталья В. Попова** к.т.н., доцент, кафедра пищевые и биотехнологии, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия, [nvpopova@susu.ru](mailto:nvpopova@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>

**Наталья В. Науменко** д.х.н., профессор, кафедра пищевые и биотехнологии, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия, [naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

**Екатерина Е. Науменко** магистр, кафедра пищевые и биотехнологии, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия, [9193122375@mail.ru](mailto:9193122375@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>

**Вклад авторов**

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Information about authors**

**Rinat I. Fatkullin** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food and biotechnology department, South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, [fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

**Irina V. Kalinina** Dr. Sci. (Chem.), professor, food and biotechnology department, South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, [kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

**Natalia V. Popova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food and biotechnology department, South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, [nvpopova@susu.ru](mailto:nvpopova@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>

**Natalya V. Naumenko** Dr. Sci. (Chem.), professor, food and biotechnology department, South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, [naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

**Ekaterina E. Naumenko** master student, food and biotechnology department, South Ural State University, 76 Lenina Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, [9193122375@mail.ru](mailto:9193122375@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>

**Contribution**

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

|                      |                                |                             |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Поступила 07/04/2022 | После редакции 04/05/2022      | Принята в печать 26/05/2022 |
| Received 07/04/2022  | Accepted in revised 04/05/2022 | Accepted 26/05/2022         |