

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ НА РАЗВИТИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ НАПИТКАХ

Р.И. Фаткуллин, *fatkullinri@susu.ru*

И.В. Калинина, *kalininaiv@susu.ru*

А.Д. Брызгалова, *annabryz2002@gmail.com*

Ю.И. Кретьова, *kretovayi@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Целью настоящего исследования стала оценка влияния флавоноида таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на формирование антиоксидантных и пробиотических свойств молочных продуктов. Основным источником пробиотиков являются ферментированные молочные продукты, которые формируют наиболее весомый сектор функциональных продуктов питания. Развитие ассортимента функциональных молочных продуктов в направлении получения продуктов с новыми свойствами, например, антиоксидантными, может быть непредсказуемо для сохранения их пробиотических свойств. В настоящем исследовании в качестве функционального ингредиента антиоксидантного действия использовался флавоноид таксифолин, который вносили в молоко до начала процесса сквашивания в исходной порошкообразной форме и в инкапсулированном в бета-циклодекстрин и гидроксипропил-бета-циклодекстрин виде. Для ферментации напитков использовали два вида заквасок разного состава: «Ацидолакт» и «Бифивит». Для оценки влияния различных форм таксифолина на формирование и сохранение пробиотических свойств ферментированных молочных напитков определяли содержание пробиотических микроорганизмов по стандартной методике в свежеприготовленных образцах и через 7 суток хранения при температуре $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$. Также определяли антиоксидантную активность исследуемых образцов методом DPPH. Результаты показали возможность получения пробиотических ферментированных молочных продуктов с антиоксидантными свойствами. Полученные результаты позволили установить отсутствие выраженного негативного влияния растительного антиоксиданта таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на развитие культур пробиотических микроорганизмов в системе молочных ферментированных продуктов. Значительных различий между образцами в содержании пробиотиков отмечено не было, все продукты соответствовали требованиям стандартов для функциональных пробиотических продуктов. Через 7 суток хранения содержание пробиотиков снизилось во всех образцах ферментированных продуктов, однако осталось на требуемом для функциональных продуктов уровне. Наиболее высокие значения АОА были установлены для образцов продуктов с добавкой таксифолина в исходном виде (на 60 % выше, чем в контрольных образцах).

Ключевые слова: ферментированные молочные продукты, пробиотические микроорганизмы, антиоксидантные свойства, таксифолин

Благодарности. Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-3690.2021.5.

Для цитирования: Влияние растительных антиоксидантов на развитие пробиотических микроорганизмов в ферментированных напитках / Р.И. Фаткуллин, И.В. Калинина, А.Д. Брызгалова, Ю.И. Кретьова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 3. С. 64–73. DOI: 10.14529/food220307

Original article
DOI: 10.14529/food220307

EFFECT OF PLANT ANTIOXIDANTS FOR THE DEVELOPMENT OF PROBIOTIC MICROORGANISMS IN FERMENTED DRINKS

R.I. Fatkullin, fatkullinri@susu.ru
I.V. Kalinina, kalininaiv@susu.ru
A.D. Bryzgalova, annabryz2002@gmail.com
Yu.I. Kretova, kretovayi@susu.ru
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The aim of this study was to evaluate the effect of the flavonoid taxifolin in its original and encapsulated form on the formation of the antioxidant and probiotic properties of dairy products. The main source of probiotics are fermented dairy products, which form the most significant sector of functional foods. The development of a range of functional dairy products towards products with new properties, such as antioxidants, can be unpredictable for maintaining their probiotic properties. In the present study, the flavonol taxifolin was used as a functional ingredient of the antioxidant action, which was added to milk before the start of the fermentation process in the initial powder form and in the form encapsulated in beta-cyclodextrin and hydroxypropyl-beta-cyclodextrin. For the fermentation of drinks, two types of starters of different composition were used: "Acidolact" and "Bifivit". To assess the effect of various forms of taxifolin on the formation and preservation of the probiotic properties of fermented milk drinks, the content of probiotic microorganisms (MP, CFU/g) was determined according to the standard method in freshly prepared samples and after 7 days of storage at a temperature of $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$. The antioxidant activity of the studied samples was also determined by the DPPH method. The results showed the possibility of obtaining probiotic fermented dairy products with antioxidant properties. The results obtained made it possible to establish the absence of a pronounced negative effect of the plant antioxidant taxifolin in its original and encapsulated form on the development of cultures of probiotic microorganisms in the system of fermented dairy products. There were no significant differences between the samples in the content of probiotics, all products met the requirements of the standards for functional probiotic products. After 7 days of storage, the content of probiotics decreased in all samples of fermented products, but remained at the level required for functional products. The highest AOA values were found for product samples with the addition of taxifolin in the original form (60 % higher than in control samples).

Keywords: fermented dairy products, probiotic microorganisms, antioxidant properties, taxifolin

Acknowledgments. This article was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support for young Russian scientists – candidates of science MK-3690.2021.5.

For citation: Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D., Kretova Yu.I. Effect of plant antioxidants for the development of probiotic microorganisms in fermented drinks. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 64–73. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220307

Введение

В настоящее время микробиом человека рассматривается как единый метаболически активный орган. Микробиота и слизистые организма человека находятся в постоянном взаимодействии и оказывают влияние друг на друга. Одна из основных функций микробиоты – это создание колонизационной резистентности, механизма, который предотвращает заселение нежелательных экзогенных микроорганизмов, и их избыточный рост [5].

Микробиота кишечника человека является защитным средством для здоровья всего организма, и ее модулирование представляет большой интерес. В этой части огромное значение приобретают биотики – вещества экзогенного происхождения, обладающие способностью при включении в биохимические структуры и системы организма не только участвовать в качестве необходимого агента в течении физиологических процессов, но и нормализовывать их, а также повышать

сопротивляемость организма действию вредных факторов. К числу биотиков относят пробиотики, пребиотики, синбиотики, метабиотики, а также постбиотики и психобиотики [5].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), пробиотики – это живые микроорганизмы, способные при введении в адекватных количествах нормализовать микробиоту желудочно-кишечного тракта и приносить пользу для здоровья хозяина [1, 12].

Микроорганизмы, наиболее часто используемые в качестве пробиотиков в пищевых системах, представляют собой штаммы, принадлежащие к родам *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, и *Bacillus* и др. Также выраженные пробиотические свойства установлены для некоторых штаммов дрожжей, в том числе для *Saccharomyces cerevisiae* var. *Boulardii* [6, 12].

Основным источником пробиотиков традиционно являются ферментированные молочные продукты. Согласно данным Института питания РАМН наиболее весомый сектор функциональных продуктов питания сегодня занимают именно пробиотические молочные продукты [8].

Учитывая, что молочное сырье является отличной питательной средой для роста живых и активных культур микроорганизмов, молочные продукты, и особенно ферментированные молочные продукты, могут гарантировать достаточно высокий уровень выживаемости пробиотиков [12–14, 18–20].

Вместе с тем, развитие ассортимента функциональных молочных продуктов в направлении получения продуктов с новыми свойствами, например, за счет использования природных антиоксидантов, может быть непредсказуемо для сохранения их пробиотических свойств.

Так, в литературе представлены неоднозначные данные о влиянии полифенолов и флавоноидов на выживаемость и развитие пробиотиков в системе молочных ферментированных продуктов. Некоторые исследования показывают пребиотические свойства полифенолов, другие демонстрируют отсутствие какого-либо статистически значимого влияния [6–8, 15–17].

Ряд авторов указывает, что эффективным решением для предотвращения возможных негативных влияний полифенолов на пробио-

тики и сохранение антиоксидантных свойств может стать использование технологий инкапсуляции первых [9–11, 13].

Оценка влияния флавоноида таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на формирование антиоксидантных и пробиотических свойств молочных продуктов и определяет цель настоящего исследования.

Материалы и методы

В качестве сырья для получения пробиотических продуктов использовали молоко пастеризованное (жирность 2,5 %), приобретенное в торговой розничной сети г. Челябинска.

Для заквашивания использовали закваски «VIVO»:

– «Ацидолакт» в составе: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium lactis*.

– «Бифивит» в составе: *Acetobacter aceti*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium animalis*.

В качестве растительного антиоксиданта использовали флавоноид таксифолин (Т), который вносили в молоко до начала процесса сквашивания. В исследованиях было использовано три разных формы таксифолина:

– исходная порошкообразная;

– таксифолин, инкапсулированный в бета-циклодекстрин (ТИ1);

– таксифолин, инкапсулированный в гидроксипропил-бета-циклодекстрин (ТИ2).

На объем 100 мл молока закваску вносили согласно рекомендациям производителя. Количество вносимого таксифолина рассчитывали таким образом, чтобы обеспечить соответствие готовых ферментированных продуктов требованиям ГОСТ 55577-2013 [2].

Процесс ферментации вели в условиях термостата (при температуре 37 °С) в течение 12 часов.

Таким образом, была сформирована следующая номенклатура объектов исследования (рис. 1).

В готовых ферментированных продуктах:

– содержание пробиотических микроорганизмов определяли по методу наиболее вероятного числа (НВЧ, КОЕ/г) согласно методике ГОСТ Р 56139-2014 «Продукты пищевые

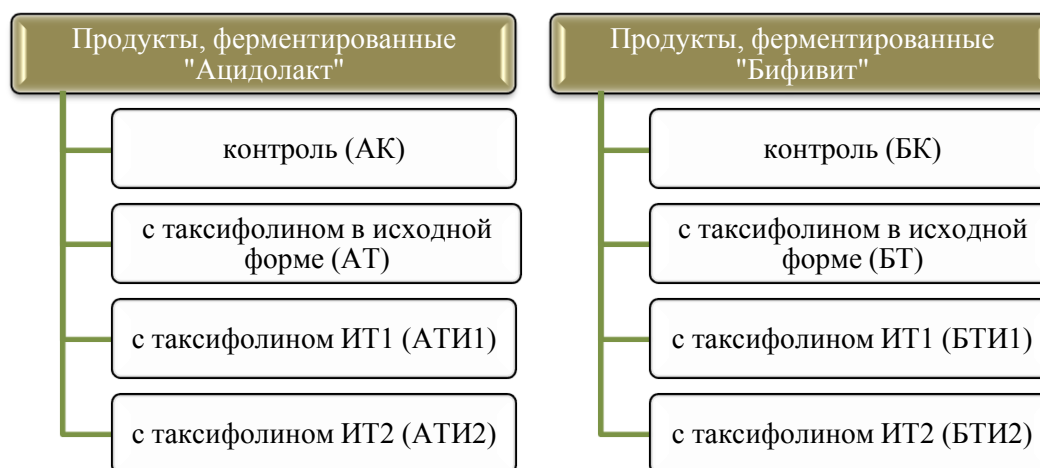


Рис. 1. Объекты исследования

специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов» [3];

– антиоксидантную активность (АОА), DPPH, % определяли спектрофотометрическим методом. Использовали метанольный раствор DPPH 60 мкМ, 1 мл которого смешивали с 1 мл исследуемого раствора, инкубировали в темноте в течение 30 мин. Поглощение измеряли спектрофотометрически при 515 нм.

Указанные показатели определяли в свежеприготовленных продуктах и через 7 суток хранения в условиях холодильника (4 ± 1)°С.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно требований действующей документации функциональный пробиотический продукт должен содержать пробиотики в количестве не менее 10^6 колониеобразующих единиц в 1 г или 1 см^3 таких продуктов, но не менее, чем 5×10^7 , а для бифидобактерий – 5×10^8 , колониеобразующих единиц в суточной порции таких продуктов [2].

При этом важной технологической задачей является обеспечение жизнеспособности пробиотических микроорганизмов в течение заявленного срока хранения ферментированных молочных продуктов.

Результаты определения содержания пробиотических микроорганизмов в свежеприготовленных образцах ферментированных продуктов представлены на рис. 2.

Значения содержания пробиотических микроорганизмов в исследуемых образцах ферментированных продуктов (см. рис. 2) свидетельствуют о том, что все они соответствуют требованиям ГОСТ 55577-2013 и мо-

гут быть отнесены к категории функциональных продуктов, имеющих отличительный признак «Способствуют нормализации микрофлоры кишечника».

Вместе с тем, полученные значения наиболее вероятного числа пробиотических микроорганизмов в исследуемых образцах были подвержены колебаниям как в зависимости от вида используемой закваски, так и от вида добавленного антиоксиданта. Так, при использовании закваски «Ацидолакт» колебания значений НВЧ в трех образцах из четырех были статистически незначимы. Более высокое значение НВЧ было отмечено для образца АИТ1 с таксифолином, инкапсулированным в бета-циклодекстрин. Бета-циклодекстрин, представляя собой продукт неполного гидролиза крахмала и состоящий из остатков глюкозы, мог стать дополнительной питательной средой для заквасочных культур микроорганизмов.

Для продуктов, ферментированных с использованием закваски «Бифивит», было отмечено некоторое снижение значения НВЧ для образца с неинкапсулированным таксифолином. Это могло быть обусловлено невысокой стойкостью бифидобактерий при снижении значения pH, вызванного добавкой таксифолина. Для образца с таксифолином, инкапсулированным в бета-циклодекстрин, было отмечено наиболее высокое значение НВЧ, сопоставимое с контрольным образцом.

В целом следует отметить, что выраженной корреляции между формой внесенного антиоксиданта и значением НВЧ продуктов установлено не было. Определенные колебания значений НВЧ в исследуемых образцах

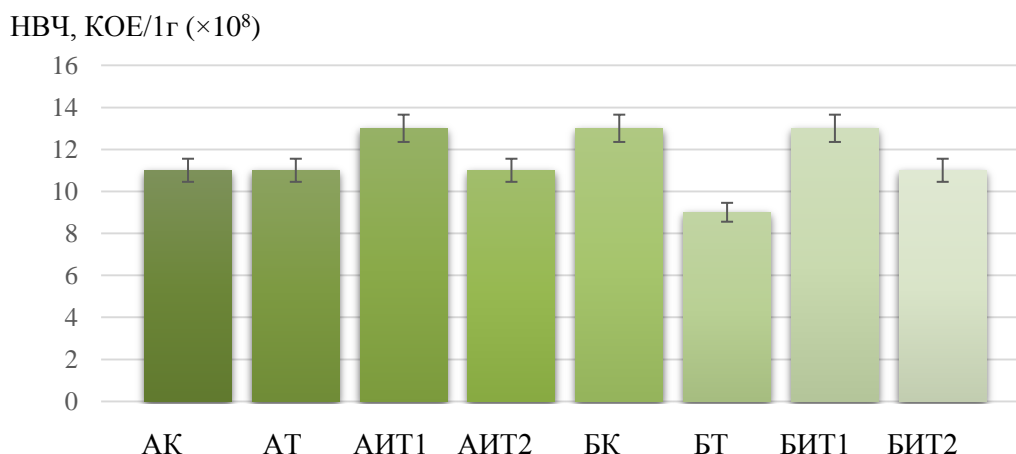


Рис. 2. Содержание пробиотических микроорганизмов в свежеприготовленных образцах ферментированных продуктов (n = 3)

ферментированных продуктов, вероятно, обусловлены особенностями развития культур отдельных микроорганизмов, входящих в состав используемой закваски.

Известно, что культуры пробиотических микроорганизмов являются достаточно требовательными как к питательной среде, так и к условиям культивирования. Особенную сложность вызывает обеспечение жизнеспособности заквасочных культур, содержащих различные роды пробиотических микроорганизмов, которые отличаются различной степенью кислотоустойчивости, обладают собственным температурным диапазоном активного роста, могут формировать конкуренцию в отношении питательных веществ [6–9, 19, 20].

Так, *Lactobacillus* – это факультативные анаэробы или микроаэрофилы, кислотолюбивые (рН 5,5–5,8 и менее) с температурным оптимумом 30–40 °С. *Bifidobacterium* неустойчивы в кислой среде, оптимальная температура роста – 36–38 °С, анаэробы. Бактерии рода *Lactococcus* имеют температурный оптимум 30–35 °С, факультативные анаэробы, кислотоустойчивы, способны синтезировать перекись водорода. *Streptococcus thermophilus* – факультативные анаэробы, не дают роста в питательных средах с рН 9,6, оптимальная температура развития – 40–45 °С. Для *Propionibacterium* оптимальная температура роста – 30–37 °С и рН около 7,0; предпочитают строго анаэробные условия.

Использование растительных антиоксидантов класса флавоноидов в составе пищевой системы способно значительно снизить

значения рН при незначительной корректировке значений титруемой кислотности этой системы. Такие изменения могут быть благоприятны для роста бактерий рода *Lactobacillus*, но неблагоприятны для *Bifidobacterium* [3]. Полученные нами результаты подтверждают это.

Для пробиотических функциональных продуктов особенно важна способность сохранять пробиотические свойства в процессе регламентированного срока хранения, что связано с выживаемостью пробиотиков, входящих в состав используемой для ферментации закваски.

Результаты определения содержания пробиотических микроорганизмов в образцах ферментированных продуктов через 7 суток хранения при температуре (4 ± 1)°С представлены на рис. 3.

Представленные на рис. 3 данные свидетельствуют о том, что хранение в течение 7 суток в условиях холодильника позволило обеспечить сохранение пробиотических свойств на требуемом уровне для всех исследуемых образцов. Вместе с тем, также для всех ферментированных продуктов было отмечено снижение значений НВЧ. Так, для контрольного образца АК с $1,1 \times 10^9$ КОЕ/1г до 7×10^8 КОЕ/1г, для БК – с $1,3 \times 10^9$ КОЕ/1г до 7×10^8 КОЕ/1г. Наиболее высокие значения НВЧ, приближенные к исходным, были отмечены для образцов АИТ1 и БИТ1 с таксифолином, инкапсулированным в бета-циклодекстрин, они составили $1,1 \times 10^9$ КОЕ/1г для каждого из образцов. Вероятно, именно

такая форма антиоксиданта позволила создать более благоприятную среду для развития и сохранения жизнеспособности пробиотических культур используемых заквасок.

Важной задачей настоящего исследования являлась оценка влияния используемых форм таксифолина на антиоксидантную активность полученных ферментированных напитков. Результаты определения данного показателя в свежеприготовленных продуктах и после хранения представлены на рис. 4.

Полученные результаты показали, что наиболее высокие значения антиоксидантной активности были отмечены для продуктов, обогащенных исходной формой таксифолина. Вместе с тем, как нами отмечалось в более

ранних исследованиях, использование технологий инкапсуляции может несколько скрыть проявление антиоксидантного действия флавоноидов за счет создания защитной оболочки. Однако в процессе переваривания уровень сохранения антиоксиданта в инкапсулированном виде значительно выше, чем в исходном, это подтверждают и исследования других авторов [17, 18].

В целом рост антиоксидантных свойств для обогащенных таксифолином продуктов составил от 15 до 60 %. При этом статистически значимых колебаний значений антиоксидантной активности при хранении ферментированных продуктов в течение 7 суток отмечено не было.

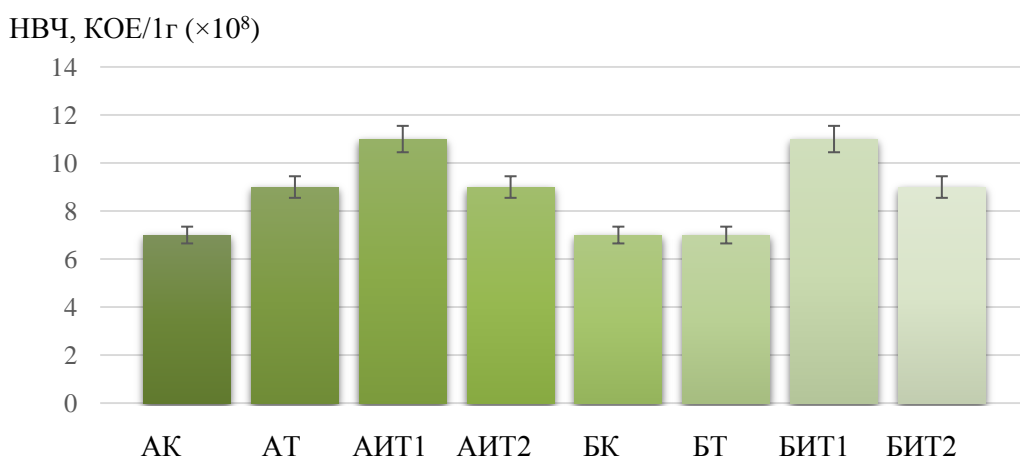


Рис. 3. Содержание пробиотических микроорганизмов в образцах ферментированных продуктов через 7 суток хранения при температуре (4 ± 1)°C (n = 3)

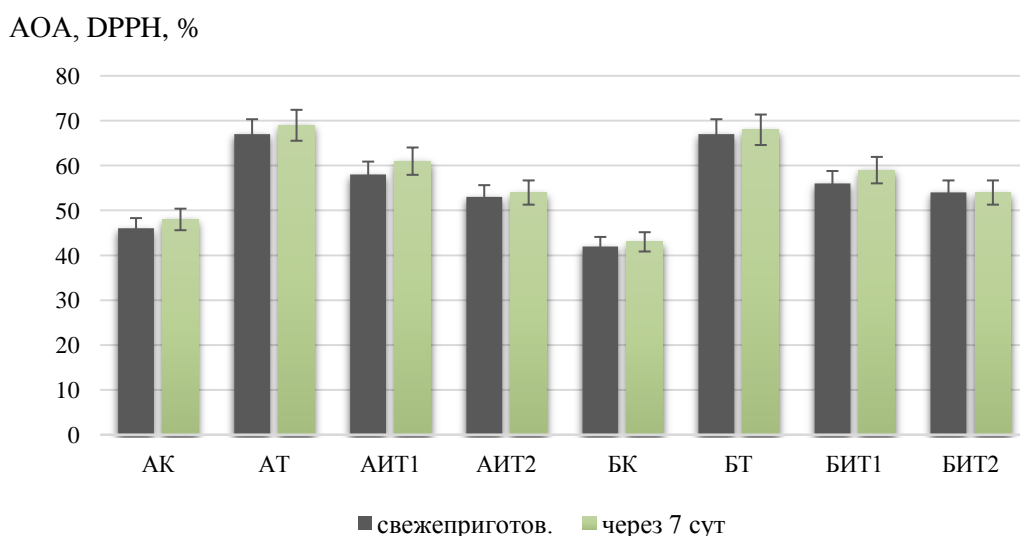


Рис. 4. Значения АОА в исследуемых образцах ферментированных продуктов (DPPH, %)

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения пробиотических ферментированных продуктов с антиоксидантными свойствами [4]. Полученные результаты позволили установить отсутствие выраженного негативного влияния растительного антиоксиданта таксифолина в исходном и инкапсулированном виде на развитие культур пробиотических микроорганизмов в системе молочных ферментированных продуктов. Наиболее высокие значения АОА были установлены для образцов продуктов с добавкой таксифолина в исходном виде.

Однако для более глубокого понимания процессов формирования функциональных свойств ферментированных молочных про-

дуктов, обогащенных антиоксидантами, а также для оценки полезности таких продуктов для организма человека необходимы дополнительные исследования. В частности, важно провести оценку выживаемости пробиотических культур микроорганизмов и сохранения антиоксидантных свойств ферментированных продуктов в условиях желудочно-кишечного переваривания.

Кроме того, необходимо оценить влияние растительного антиоксиданта на развитие отдельных культур пробиотиков. Это позволит не только выявить влияние таксифолина на рост и развитие пробиотических культур, но и установить наличие антагонистических или симбиотических взаимодействий между отдельными культурами микроорганизмов в составе закваски.

Список литературы

1. Глобальный план действий по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними на 2013–2020 гг. URL: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/ru>.
2. ГОСТ 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.
3. ГОСТ Р 56139-2014 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов.
4. Влияние процесса инкапсуляции на сохранение антиоксидантных свойства флавоноидов / Р.И. Фаткуллин, А.К. Васильев, И.В. Калинина и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9, № 1. С. 38–47. DOI: 10.14529/food210105
5. Стома И.О., Карпов И.А. Микробном человека. Минск: ДокторДизайн, 2018. 122 с.
6. A. Devarajan, P. Mudgil, F. Aldhaheri, F. Hamed, S. Dhital, Sa Maqsood. Camel milk-derived probiotic strains encapsulated in camel casein and gelatin complex microcapsules: stability against thermal challenge and simulated gastrointestinal digestion conditions // *J. Dairy Sci.*, 2022, vol. 105 (3), pp. 1862–1877.
7. A.E. Alaa, S. Sally, E. Samia, E. Hany. Developing functional yogurt rich in bioactive peptides and gamma-aminobutyric acid related to cardiovascular health. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 2018, vol. 98, pp. 390–397.
8. Amanda Alves Prestes, Silvani Verruck, Maryella Osório Vargas, Maria Helena Machado Cannella, Callebe Camelo Silva, Eulália Lopes da Silva Barros, Adriana Dantas, Luan Valdomiro Alves de Oliveira, Bruna Marchesan Maran, Mailson Matos, Cristiane Vieira Helm, Elane Schwinden Prudencio. Influence of guabiroba pulp (*campomanesia xanthocarpa* o. berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions // *Food Research International*, 2021, vol. 141, 110135.
9. Anuradha Wijesekara, Viraj Weerasingha, Shishanthi Jayarathna, Hasitha Priyashantha. Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage // *Food Chemistry: X*, 2022, vol. 14, 100332.
10. Elizabeth W. Ng, Marie Yeung, Phillip S. Tong. Effects of yogurt starter cultures on the survival of *Lactobacillus acidophilus* // *International Journal of Food Microbiology*, 2011, vol. 145, no. 1, pp. 169–175.
11. Fang Z., Bhandari B. Encapsulation of polyphenols – a review // *Trends in Food Science & Technology*, 21 (10) (2010), pp. 510–523.

12. Jessie Usaga, Daniela Barahona, Laura Arroyo, Patricia Esquivel. Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (*Hylocereus* sp.) juice // *NFS Journal*, 2022, vol. 27, pp. 47–53.
13. H. Gandomi, S. Abbaszadeh, A. Misaghi, S. Bokaie, N. Noori. Effect of chitosan-alginate encapsulation with inulin on survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG during apple juice storage and under simulated gastrointestinal conditions // *LWT*, 2016, vol. 69, pp. 365–371.
14. Li-Juan Yang, Wen Chen, Shui-Xian Ma, Yun-Tao Gao, Rong Huang, Sheng-Jiao Yan, Jun Lin. Host–guest system of taxifolin and native cyclodextrin or its derivative: Preparation, characterization, inclusion mode, and solubilization // *Carbohydrate Polymers* –2011. Vol. 85(3). P. 629–637.
15. Marluci Palazzolli Silva, Milena Martelli-Tosi, Adna Prado Massarioli, Priscilla Siqueira Melo, Severino Matias Alencar, Carmen S. Favaro-Trindade. Co-encapsulation of guaraná extracts and probiotics increases probiotic survivability and simultaneously delivers bioactive compounds in simulated gastrointestinal fluids // *LWT*, 2022, vol. 161, 113351.
16. M. Fernanda, E.O. Maria, B. Juliana, de V. Luc, P. Micaela. Metabolomics as a tool for the comprehensive understanding of fermented and functional foods with lactic acid bacteria // *Food Research International*, 2013, vol. 54, pp. 1152–1161
17. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Nenasheva A.V., Uskova D.G., Sonawane S.H., Ivanova D.G., Velyamov M.T. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes // *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309
18. Potoroko, I.U., Kalinina, I.V., Naumenko, N.V., Fatkullin, R.I., Shaik S., Sonawane, S.H., Ivanova, D., Kiselova-Kaneva, Y., Tolstykh, O., Paymulina, A.V. Possibilities of Regulating Antioxidant Activity of Medicinal Plant Extracts // *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409
19. P. Muniandy, A.B. Shori, A.S. Baba. Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage // *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 2017, vol. 22, pp. 26–30.
20. Shanshan Yang, Danli Yan, Yiting Zou, Delun Mu, Xinfei Li, Haisu Shi, Xue Luo, Mei Yang, Xiqing Yue, Rina Wu, Junrui Wu. Fermentation temperature affects yogurt quality: A metabolomics study // *Food Bioscience*, 2021, vol. 42, 101104.

References

1. *Global'nyy plan deystviy po profilaktike neinfektsionnykh zabolevaniy i bor'be s nimi na 2013–2020 gg.* [Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020]. URL: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en>.
2. *GOST 55577-2013 Produkty pishchevye funktsional'nye. Informatsiya ob otlichitel'nykh priznakakh i effektivnosti* [GOST 55577-2013 Functional food products. Information about distinctive features and effectiveness].
3. *GOST R 56139-2014 Produkty pishchevye spetsializirovannyye i funktsional'nye. Metody opredeleniya i podscheta probioticheskikh mikroorganizmov* [GOST R 56139-2014 Specialized and functional food products. Methods for the determination and enumeration of probiotic microorganisms].
4. Fatkullin R.I., Vasiliev A.K., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D., Semizdrlov I.A. Effect of the Encapsulation Process on the Preservation of the Antioxidant Properties of Flavonoids. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 38–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/food210105
5. Stoma I.O., Karpov I.A. *Mikrobnom cheloveka* [Human microbiome]. Minsk, 2018. 122 p.
6. A. Devarajan, P. Mudgil, F. Aldhaheri, F. Hamed, S. Dhital, Sa Maqsood. Camel milk-derived probiotic strains encapsulated in camel casein and gelatin complex microcapsules: stability against thermal challenge and simulated gastrointestinal digestion conditions. *J. Dairy Sci.*, 2022, vol. 105 (3), pp. 1862–1877.
7. A.E. Alaa, S. Sally, E. Samia, E. Hany. Developing functional yogurt rich in bioactive peptides and gamma-aminobutyric acid related to cardiovascular health. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 2018, vol. 98, pp. 390–397.

8. Amanda Alves Prestes, Silvani Verruck, Maryella Osório Vargas, Maria Helena Machado Canela, Callebe Camelo Silva, Eulália Lopes da Silva Barros, Adriana Dantas, Luan Valdomiro Alves de Oliveira, Bruna Marchesan Maran, Mailson Matos, Cristiane Vieira Helm, Elane Schwinden Prudencio. Influence of guabiroba pulp (*campomanesia xanthocarpa* o. berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 2021, vol. 141, 110135.
9. Anuradha Wijesekara, Viraj Weerasingha, Shishanthi Jayarathna, Hasitha Priyashantha. Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. *Food Chemistry: X*, 2022, vol. 14, 100332.
10. Elizabeth W. Ng, Marie Yeung, Phillip S. Tong. Effects of yogurt starter cultures on the survival of *Lactobacillus acidophilus*. *International Journal of Food Microbiology*, 2011, vol. 145, no. 1, pp. 169–175.
11. Fang, Z., Bhandari, B.. Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21 (10) (2010), pp. 510–523.
12. Jessie Usaga, Daniela Barahona, Laura Arroyo, Patricia Esquivel. Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (*Hylocereus* sp.) juice. *NFS Journal*, 2022, vol. 27, pp. 47–53.
13. H. Gandomi, S. Abbaszadeh, A. Misaghi, S. Bokaie, N. Noori. Effect of chitosan-alginate encapsulation with inulin on survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG during apple juice storage and under simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 2016, vol. 69, pp. 365–371.
14. Li-Juan Yang, Wen Chen, Shui-Xian Ma, Yun-Tao Gao, Rong Huang, Sheng-Jiao Yan, Jun Lin. Host–guest system of taxifolin and native cyclodextrin or its derivative: Preparation, characterization, inclusion mode, and solubilization. *Carbohydrate Polymers*, 2011, vol. 85(3), pp. 629–637.
15. Marlucci Palazzolli Silva, Milena Martelli-Tosi, Adna Prado Massarioli, Priscilla Siqueira Melo, Severino Matias Alencar, Carmen S. Favaro-Trindade. Co-encapsulation of guaraná extracts and probiotics increases probiotic survivability and simultaneously delivers bioactive compounds in simulated gastrointestinal fluids. *LWT*, 2022, vol. 161, 113351.
16. M. Fernanda, E.O. Maria, B. Juliana, de V. Luc, P. Micaela. Metabolomics as a tool for the comprehensive understanding of fermented and functional foods with lactic acid bacteria. *Food Research International*, 2013, vol. 54, pp. 1152–1161
17. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Nenasheva A.V., Uskova D.G., Sonawane S.H., Ivanova D.G., Velyamov M.T. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309
18. Potoroko, I.U., Kalinina, I.V., Naumenko, N.V., Fatkullin, R.I., Shaik S., Sonawane, S.H., Ivanova, D., Kiselova-Kaneva, Y., Tolstykh, O., Paymulina, A.V. Possibilities of Regulating Antioxidant Activity of Medicinal Plant Extracts. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409
19. P. Muniandy, A.B. Shori, A.S. Baba. Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 2017, vol. 22, pp. 26–30.
20. Shanshan Yang, Danli Yan, Yiting Zou, Delun Mu, Xinfei Li, Haisu Shi, Xue Luo, Mei Yang, Xiqing Yue, Rina Wu, Junrui Wu. Fermentation temperature affects yogurt quality: A metabolomics study. *Food Bioscience*, 2021, vol. 42, 101104.

Информация об авторах

Фаткуллин Ринат Ильгидарович, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, fatkullinri@susu.ru

Калинина Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, kalininaiv@susu.ru

Брызгалова Анна Дмитриевна, студент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, annabryz2002@gmail.com

Кретова Юлия Игоревна, кандидат с/х наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, kretovayi@susu.ru

Information about the authors

Rinat I. Fatkullin, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, fatkullinri@susu.ru

Irina V. Kalinina, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, kalininaiv@susu.ru

Anna D. Bryzgalova, student of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, annabryz2002@gmail.com

Yulia I. Kretova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, kretovayi@susu.ru

Статья поступила в редакцию 12.04.2022

The article was submitted 12.04.2022