

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РУТИНА НА ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА

Р.И. Фаткуллин, fatkullinri@susu.ru

И.В. Калинина, kalininaiv@susu.ru

А.Д. Брызгалова, annabryz2002@gmail.com

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Пробиотические молочные продукты широко используются в рационе питания населения и занимают весомую долю в структуре функциональных пищевых продуктов. Разработка новых видов таких продуктов с дополнительными функциональными свойствами представляет собой актуальную задачу. Для этого можно внедрить в производство ингредиенты, способствующие улучшению не только микробиома, но и общего состояния организма, например, антиоксиданты растительной природы. Вместе с тем введение в состав кисломолочных продуктов растительных антиоксидантов полифенольной природы может быть непредсказуемо для сохранения их пробиотических свойств. Цель исследования – оценка влияния флавоноида рутина в исходном и инкапсулированном методом коацервации виде на формирование антиоксидантных и пробиотических свойств молочных продуктов. Для ферментации напитков использовали коммерческую комплексную закваску. Для оценки влияния различных форм рутина на развитие пробиотических культур микроорганизмов использовали культивирование последних в лактозной среде с добавлением рутина в исходной и инкапсулированной форме, а также в лактозной среде без рутина. Прирост биомассы микроорганизмов оценивали с помощью персонального биореактора BioSan. Формирование пробиотических свойств ферментированных молочных напитков оценивали путем определения содержания пробиотических микроорганизмов по стандартной методике. Для оценки антиоксидантных свойств использовали метод DPPH. Результаты показали возможность получения пробиотических ферментированных молочных продуктов с антиоксидантными свойствами с применением рутина как в исходном, так и инкапсулированном виде. Угнетающего действия рутина на процесс накопления биомассы пробиотических микроорганизмов отмечено не было, несмотря на изменение характера кривых темпов поста биомассы. Все исследуемые образцы содержали пробиотические микроорганизмы в количестве, достаточном для категории пробиотических функциональных продуктов с учетом действующих требований. Антиоксидантная активность для молочных напитков с рутином была в 1,4–1,8 раза выше, чем в контроле, что свидетельствует о целесообразности предложенного подхода получения функциональных продуктов с комплексом свойств.

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

Благодарности. Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 22-76-00059.

Для цитирования: Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Брызгалова А.Д. Оценка влияния рутина на формирование функциональных свойств кисломолочного продукта // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 1. С. 43–52. DOI: 10.14529/food240105

Original article
DOI: 10.14529/food240105

USE OF ENCAPSULATED RUTIN TO CREATE PROBIOTIC BEVERAGES WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES

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

Abstract. Probiotic dairy products are widely used in the diet of the population and occupy a significant share in the structure of functional food products. The development of new types of such products with additional functional properties is an urgent task. For this purpose, it is possible to introduce into production ingredients that contribute to improving not only the microbiome, but also the general state of the body, for example, antioxidants of plant nature. However, the introduction of plant antioxidants of polyphenolic nature into fermented dairy products may be unpredictable for the preservation of their probiotic properties. The aim of the present study – to evaluate the effect of flavonoid rutin in the original and encapsulated by coacervation method on the formation of antioxidant and probiotic properties of dairy products. A commercial complex starter was used for fermentation of the beverages. To evaluate the effect of different forms of rutin on the development of probiotic cultures of microorganisms, the latter were cultured in lactose medium with the addition of rutin in the original and encapsulated form, as well as in lactose medium without rutin. The biomass growth of microorganisms was evaluated using a BioSan personal bioreactor. The formation of probiotic properties of fermented milk drinks was evaluated by determining the content of probiotic microorganisms according to standard methods. DPPH method was used to evaluate antioxidant properties. The results showed the possibility of obtaining probiotic fermented dairy products with antioxidant properties using rutin both in the original and encapsulated form. No suppressive effect of rutin on the process of probiotic microorganism's biomass accrual was observed, despite the change in the character of the curves of biomass growth rates. All tested samples contained probiotic microorganisms in the amount sufficient for the category of probiotic functional products considering the current requirements. Antioxidant activity for milk drinks with rutin was 1.4–1.8 times higher than in the control, which indicates the feasibility of the proposed approach to obtain functional products with a complex of properties.

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

Acknowledgments. This article was supported by a grant from the RNF 22-76-00059.

For citation: Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D. Use of encapsulated rutin to create probiotic beverages with antioxidant properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 43–52. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240105

Введение

Пробиотические продукты занимают важное место в рационе питания населения, являясь источниками микроорганизмов, необходимых для формирования микробиома человека и, как следствие, его иммунной системы.

Полезное использование кишечной микрофлоры, также называемое «колонизационной резистентностью», является важным механизмом, используемым автохтонными кишечными бактериями для поддержания их присутствия и обеспечения нишевой защиты от посторонних микроорганизмов [19]. Таким

образом, манипулирование микрофлорой кишечника увеличивает относительное количество «полезных бактерий», которые оказывают выраженное влияние на иммунную систему, пищеварение, обмен веществ и связь между мозгом и кишечником [5, 14, 19]. Любые изменения в их разнообразии могут привести к ряду расстройств и заболеваний, для которых традиционные лекарства обеспечивают очень ограниченную эффективность, главным образом из-за появления устойчивых к антибиотикам и толерантных патогенных микроорганизмов. В этой связи особое внимание

уделяется полезным продуктам с пробиотическими микроорганизмами, наибольший удельный вес среди которых занимают кисломолочные продукты [7, 9, 14, 19, 20].

Вектор развития ассортимента продуктов данной группы сегодня характеризуется разнонаправленностью, и одним из активно развивающихся направлений становится разработка продукции с целым комплексом функциональных свойств. Согласно требованиям актуальной на сегодняшний день нормативной документации пробиотическими функциональными можно считать продукты с содержанием пробиотических микроорганизмов не менее чем 10^6 КОЕ/г. Вместе с тем ферментированные молочные продукты также могут выступать потенциально привлекательной пищевой системой для доставки в организм человека минорных биологически активных веществ, в частности антиоксидантов.

Среди таких биологически активных веществ особое место занимают экзогенные антиоксиданты – это вещества, поступающие в организм человека из внешних источников. Их роль заключается в защите клетки от воздействия свободных радикалов и предотвращении окислительного стресса и разрушения клеток. Примеры экзогенных антиоксидантов включают витамин С, витамин Е, бета-каротин, селен, фенольные вещества и другие. Питание, богатое антиоксидантами, играет важную роль в поддержании здоровья и защите организма от различных заболеваний [10–13, 17].

С точки зрения использования антиоксидантов как функциональных пищевых ингредиентов в продуктах питания наибольший интерес представляют аутоантиоксиданты (биоантиоксиданты), функционирующие в живом организме, где они в физиологических концентрациях поддерживают на постоянном низком уровне свободнорадикальные аутоокислительные процессы.

Рутин, также известный как витамин Р или рутозид, является биофлавоноидом и мощным антиоксидантом. Он содержится во многих растительных продуктах, таких как цитрусовые, красный перец, черная смородина, шиповник и многие другие. Рутин помогает защищать клетки организма человека от повреждений, вызванных свободными радикалами, и способен помочь снизить риск возникновения различных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые и онкологические [11, 16–18, 20].

Вместе с тем необходимо учитывать, что использование обогащающих добавок в составе кисломолочных продуктов не должно снижать качество последних и по возможности должно обеспечивать сохранение или усиление ключевых пробиотических свойств.

Исследования показывают, что флавоноиды могут оказывать выраженное влияние на пробиотики и их эффективность. Некоторые флавоноиды, такие как кверцетин и эпикатехин, могут обладать пребиотическими свойствами, то есть они способствуют активному росту и размножению микроорганизмов [3, 6, 12, 13]. Это позволяет улучшить жизнеспособность пробиотиков в пищевой системе и обеспечить им благоприятные условия для функционирования. Кроме того, флавоноиды могут также оказывать прямое влияние на пробиотики, усиливая их положительные эффекты на здоровье. Например, некоторые исследования показывают, что флавоноиды могут усиливать противовоспалительные свойства пробиотиков, способствуя снижению воспаления в кишечнике. Флавоноиды могут также интенсифицировать способность пробиотиков к синтезу витаминов и других полезных веществ. Однако необходимо отметить, что влияние флавоноидов на пробиотики может зависеть от их конкретного типа и концентрации, а также от взаимодействия с другими компонентами пищи. Поэтому для достижения оптимальных результатов необходимо проводить дополнительные исследования и определять оптимальные условия взаимодействия между флавоноидами и пробиотиками [6–8, 15–18, 20, 21].

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

Материалы и методы

Для получения пробиотических кисломолочных напитков в качестве основного сырья использовали коммерческое молоко пастеризованное (жирность 2,5 %).

Для заквашивания использовали закваску «VIVO», в составе которой: *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Lactococcus lactis ssp. Lactis*.

Флавоноид рутина производства Now Foods (США), чистота не менее 97 % был использован в качестве антиоксиданта.

В исследованиях применяли две формы рутина:

- исходная порошкообразная;
- рутин, инкапсулированный методом комплексной коацервации в желатин-пектиновую капсулу, в сухом виде [4].

На объем 100 мл молока закваску вносили согласно рекомендациям производителя. Процесс ферментации вели в условиях термостата (при температуре 34 °С) в течение 12 часов.

Номенклатура объектов исследования включала:

контроль – кисломолочный продукт без добавления рутина;

образец 1 – кисломолочный продукт с добавлением рутина в исходной форме;

образец 2 – кисломолочный продукт с добавлением рутина в инкапсулированной форме.

Первично была проведена оценка влияния рутина на развитие заквасочных культур микроорганизмов (прирост биомассы) с использованием пробирочного биореактора BioSan. В качестве питательной среды использовался раствор лактозы (5%).

Была исследована динамика роста биомассы заквасочных культур в питательной среде без рутина и в питательной среде с добавлением рутина в исходной и инкапсулированной форме. В результате проведения исследований программное обеспечение биореактора BioSan выстраивало кинетические кривые интенсивности роста биомассы, на основании анализа которых можно оценить влияние рутина на развитие микроорганизмов закваски.

В готовых ферментированных продуктах определяли:

– содержание пробиотических микроорганизмов – по методике ГОСТ Р 56139-2014 путем определения показателя наиболее вероятного числа (НВЧ, КОЕ/г) [2];

– антиоксидантную активность (АОА), DPPH, % определяли спектрофотометрическим методом. Использовали метанольный раствор DPPH, поглощение измеряли при 515 нм.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследований была проведена оценка изолированного влияния рутина на прирост биомассы микроорганизмов выбранной закваски при использовании лактозной питательной среды. Пробиотические

микроорганизмы, как правило, достаточно требовательны к питательной среде и условиям культивирования. Ключевыми факторами является количество и состав сухих веществ в питательной среде, температура, pH, кислотность среды и другие. Особенную сложность вызывает обеспечение адаптации заквасочных культур, содержащих различные пробиотические микроорганизмы, которые существенно отличаются степенью кислотоустойчивости, обладают собственным температурным диапазоном активного роста, а кроме того, могут вступать в конкурентное взаимодействие в отношении питательных веществ [6–9, 19, 20].

Исследования, представленные в литературе, показывают, что включение растительных полифенолов, в частности флавоноидов, в состав пищевой системы способно значительно снизить значения pH при незначительной корректировке значений титруемой кислотности этой системы. Такое влияние может положительно сказаться на росте одних бактерий, например, рода *Lactobacillus*, но оказать неблагоприятное воздействие на рост других, например, *Bifidobacterium* [14, 19].

Результаты кривых динамики темпа роста биомассы микроорганизмов используемой нами закваски представлены на рис. 1.

Кривые рис. 1 демонстрируют темпы прироста биомассы и указывают на то, что в контрольном образце темп прироста биомассы микроорганизмов закваски «Бифивит» в течение первых четырех часов последовательно снижается, что связано с адаптивной фазой первичного роста популяции микроорганизмов. Стационарная фаза темпа роста биомассы наблюдается с 4 до 12 часов, когда снижения темпа роста больше не наблюдается, рост популяции происходит стабильно. Внесение в питательную среду рутина в исходной форме в количестве 0,3 мг к общему объему принципиально меняет кривую темпа прироста биомассы. В течение первого часа наблюдается резкое падение темпа прироста в зону отрицательных значений, что указывает на сложную адаптацию кисломолочных бактерий в питательной среде с рутином. Однако в течение следующего часа отмечается зона увеличения темпа роста биомассы и ко второму часу культивирования процесс выходит на стационарную фазу роста вблизи нулевой отметки. Строение кривой после двух часов ферментации схоже с контрольным образцом, сглаженное, без резких колебаний.

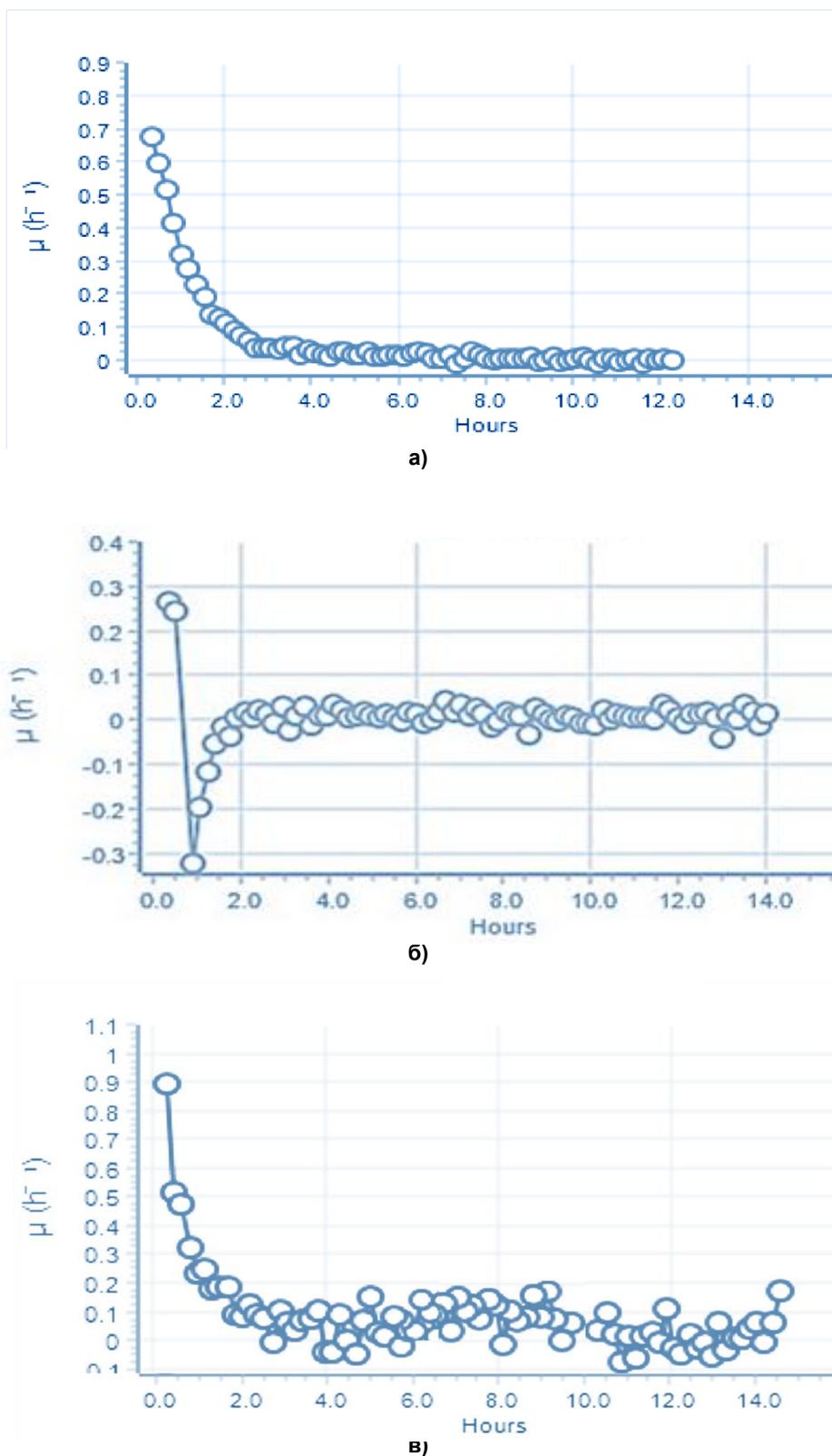


Рис. 1. Динамика темпа прироста биомассы микроорганизмов закваски:
а) контроль; б) питательная среда с рутином в исходной форме;
в) питательная среда с рутином в инкапсулированной форме

Кривая рис. 1, в демонстрирует максимальную сходимость с кривой контрольного образца. Фаза адаптационного периода наблюдается в течение первых четырех часов, затем присутствует участок стационарной фазы. Однако характер кривой стационарного участка отличается присутствием достаточно резких перепадов значений темпа прироста биомассы в диапазоне колебаний ($-0,1-0,2$ (h^{-1})), что может быть обусловлено использованием желатин-пектиновых капсул в качестве питательной среды, а также присутствием незначительного количества свободного рутина, находящегося на поверхности капсул.

В целом прирост биомассы молочнокислых бактерий без внесения рутина составил 160 % после 12 часов, а при внесении рутина в исходной форме – 180 %, инкапсулированного – 210 %.

Это свидетельствует о способности закваски молочнокислых бактерий хорошо адаптироваться в присутствии растительного антиоксиданта, причем внесение функционального ингредиента в расчетном количестве активизирует процесс развития молочнокислых бактерий. Для получения более объективных данных о пробиотических свойствах исследуемых образцов был определен показатель НВЧ, свидетельствующий о количестве пробиотических микроорганизмов в готовом продукте (рис. 2).

Представленные на рис. 2 данные свидетельствуют о том, что все исследуемые образцы по показателю НВЧ могут быть отнесены к категории функциональных продуктов, имею-

щих отличительный признак «Способствуют нормализации микрофлоры кишечника», соответствующим требованиям [1]. Отмеченные колебания были в пределах одного разряда, статистически значимых отличий в значениях степени отмечено не было. Такие результаты указывают на возможность сохранения ключевых пробиотических свойств кисломолочных напитков при внесении в их состав рутина.

На заключительном этапе исследований была проведена оценка сформированности новых функциональных свойств разрабатываемых напитков, а именно антиоксидантных.

Существует достаточно доказательств, указывающих на то, что различные активные формы кислорода (АФК) образуются в клетках организма человека как в нормальных, так и в патологических условиях [12, 13, 15, 21]. Однако, когда скорость образования АФК превышает способность собственной антиоксидантной защиты организма, происходит косвенное окислительное повреждение ДНК, белков и липидов. По этой причине поступление экзогенных антиоксидантов в организм человека является необходимым.

Результаты определения антиоксидантной активности представлены на рис. 3 и свидетельствуют о том, что включение рутина в исходной форме в пищевую систему кисломолочного продукта приводит к росту его антиоксидантных свойств более чем в 1,8 раза. При использовании инкапсулированной формы также было установлено увеличение значения антиоксидантной активности, но менее выраженное – в 1,4 раза.

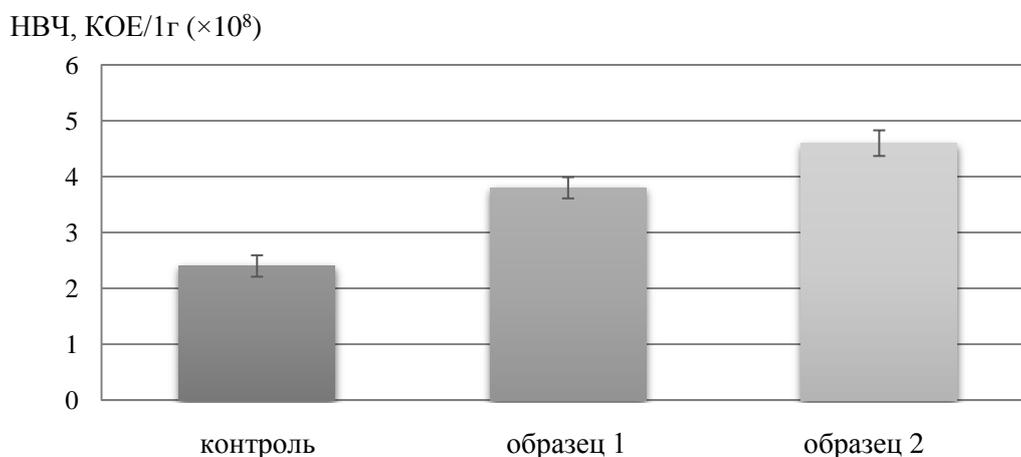


Рис. 2. Содержание пробиотических микроорганизмов в свежеприготовленных образцах ферментированных продуктов ($n = 3$)

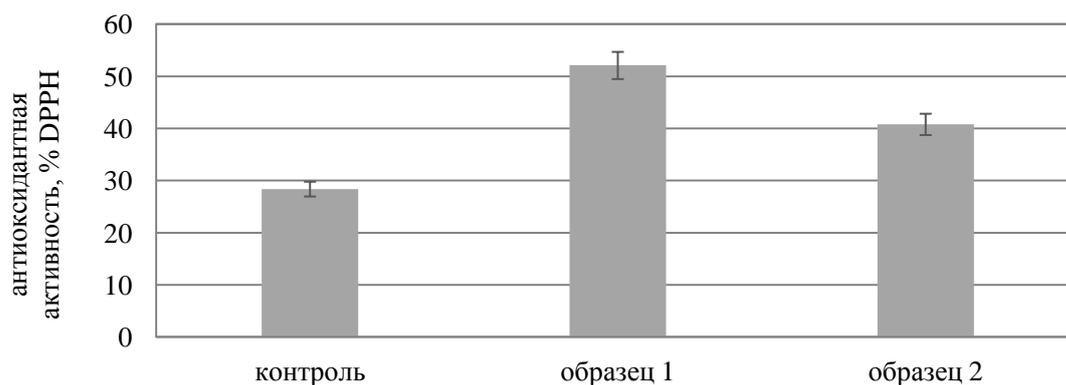


Рис. 3. Результаты оценки антиоксидантной активности исследуемых образцов кисломолочных напитков, % (DPPH)

Такие результаты, вероятно, обусловлены наличием защитной оболочки рутина, которая в химических исследованиях не позволяет флавоноиду проявить свой антирадикальный потенциал. Рост значений антиоксидантной активности в сравнении с контрольным образцом мог быть обусловлен присутствием свободного рутина на поверхности капсул и частичным разрушением последних в процессе ферментации.

В совокупности полученные результаты позволяют рекомендовать предлагаемый подход для получения кисломолочного напитка с комплексом пробиотических и антиоксидантных свойств.

Заключение

Полученные результаты подтвердили возможность и целесообразность создания пробиотических кисломолочных продуктов, дополнительно обладающих и антиоксидантным потенциалом. В частности, продемон-

стрирована возможность использования рутина для решения такой задачи. Проведенные исследования позволили установить отсутствие негативного влияния растительного антиоксиданта в рамках используемой дозировки на развитие культур пробиотических микроорганизмов в системе молочных ферментированных продуктов.

Вместе с тем ключевой задачей будущих исследований должна стать нацеленность на более глубокое понимание процессов формирования функциональных свойств ферментированных молочных продуктов, обогащенных антиоксидантами. В частности, важно провести оценку выживаемости пробиотических культур микроорганизмов и сохранения антиоксидантных свойств ферментированных продуктов хранения в рамках регламентированных сроков, а также сохранность функциональных свойств в процессе желудочно-кишечного переваривания.

Список литературы

1. ГОСТ 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.
2. ГОСТ Р 56139-2014 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов.
3. 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.
4. Патент на изобретение RU 2805649 С1, 23.10.2023. Заявка от 29.03.2023. Способ коацервации дигидрокверцетина / Р.И. Фаткуллин, Н.В. Науменко, И.В. Калинина, Е.Е. Науменко, А.А. Арзамасцева.
5. Стома И.О., Карпов И.А. Микробном человека. Минск: ДокторДизайн, 2018. 122 с.
6. Ak T. Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin // *Chemico-biological interactions*. 2008. № 174(1). P. 27–37. DOI: 10.1016/j.cbi.2008.05.003

7. 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. P. 100332. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100332
8. Bangar S.P. Evaluating the Effects of Wheat Cultivar and Extrusion Processing on Nutritional, Health-Promoting, and Antioxidant Properties of Flour // *Front Nutr*. 2022. Vol. 34. 40 p. DOI: 10.3389/fnut.2022.872589
9. Cao J. The effect of rutin on the quality of yogurt during storage // *Journal of Dairy Science*. 2020. № 98(11). P. 7460–7466.
10. Carlsen M.H. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide // *Nutrition journal*. 2019. № 9(1). P. 564–573. DOI: 10.1186/1475-2891-9-3
11. Chen H. The potential therapeutic effects of rutin, a natural flavonoid, on cardiovascular system: A review // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2020. № 95. P. 1623–1629.
12. Jahanban-Esfahlan A. A review of methods for extraction and analysis of flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants // *Journal of Food and Drug Analysis*. 2019. № 26(2). P. 705–718.
13. Joshipura K. J. The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease // *Annals of internal medicine*. 2021. № 134(12). P. 1106–1114.
14. 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. P. 169–175. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.12.006
15. Fang Z., Bhandari B. Encapsulation of polyphenols – a review // *Trends in Food Science & Technology*. 2010. Vol. 21 (10). P. 510–523. DOI: 10.1016/j.tifs.2010.08.003
16. Kim J.H. Rutin enhances apoptotic effect of paclitaxel through up regulation of p53 expression in A549 cells // *Korean journal of physiology & pharmacology*. 2018. № 16(2). P. 93–105.
17. Kumar R. Rutin improves glucose homeostasis in streptozotocin induced diabetic tissues by altering glycolytic and gluconeogenic enzymes // *Pharmacognosy magazine*. 2020. № 8(30). P. 128–140.
18. Lee H.J. Rutin inhibits hydrogen peroxide-induced apoptosis through regulating reactive oxygen species mediated mitochondrial dysfunction pathway in human keratinocyte HaCaT cells // *Journal of cancer prevention*. 2021. № 22(2). P. 97–105.
19. Lewis B.B. Loss of microbiota-mediated colonization resistance to clostridium difficile infection is greater following oral vancomycin as compared with metronidazole // *Infect Dis*. 2019. № 212. P. 1656–1665.
20. Li M. Effect of rutin on the antioxidant activity and sensory quality of mozzarella cheese // *Journal of Dairy Science*. 2020. № 101(6). P. 56–78.
21. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Naumenko N.V. et al. Sonochemical Micronization of Taxifolin Aimed at Improving Its Bioavailability in Drinks for Athletes // *Human. Sport. Medicine*. 2018. Vol. 18, no. 3. P. 90–100. DOI: 10.14529/hsm180309

References

1. *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].
2. *GOST R 56139-2014 Produkty pishchevye spetsializirovannye 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].
3. Fatkullin R.I., Vasiliev A.K., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D., Semizdralov 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

4. Fatkullin R.I., Naumenko N.V., Kalinina I.V., Naumenko E.E., Arzamastseva A.A. *Patent na izobretenie RU 2805649 C1, 23.10.2023. Sposob koatservatsii digidrokvertsetina* [Patent for invention RU 2805649 C1, 10/23/2023. Method of coacervation of dihydroquercetin]. Application dated March 29, 2023.
5. Stoma I.O., Karpov I.A. *Mikrobnom cheloveka* [Human microbiome]. Minsk, 2018. 122 p.
6. Ak T. Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-biological interactions*, 2008, no. 174(1), pp. 27–37. DOI: 10.1016/j.cbi.2008.05.003
7. 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, p. 100332. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100332
8. Bangar S.P. Evaluating the Effects of Wheat Cultivar and Extrusion Processing on Nutritional, Health-Promoting, and Antioxidant Properties of Flour. *Front Nutr.*, 2022, vol. 34. 40 p. DOI: 10.3389/fnut.2022.872589
9. Cao J. The effect of rutin on the quality of yogurt during storage. *Journal of Dairy Science*, 2020, no. 98(11), pp. 7460–7466.
10. Carlsen M.H. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition journal*, 2019, no. 9(1), pp. 564–573. DOI: 10.1186/1475-2891-9-3
11. Chen H. The potential therapeutic effects of rutin, a natural flavonoid, on cardiovascular system: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2020, no. 95, pp. 1623–1629.
12. Jahanban-Esfahlan A. A review of methods for extraction and analysis of flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2019, no. 26(2), pp. 705–718.
13. Joshipura K.J. The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. // *Annals of internal medicine*, 2021, no. 134(12), pp. 1106–1114.
14. 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. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.12.006
15. Fang Z., Bhandari B. Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 2010, vol. 21 (10), pp. 510–523. DOI: 10.1016/j.tifs.2010.08.003
16. Kim J.H. Rutin enhances apoptotic effect of paclitaxel through up regulation of p53 expression in A549 cells. *Korean journal of physiology & pharmacology*, 2018, no. 16(2), pp. 93–105.
17. Kumar R. Rutin improves glucose homeostasis in streptozotocin induced diabetic tissues by altering glycolytic and gluconeogenic enzymes. *Pharmacognosy magazine*, 2020, no. 8(30), pp. 128–140.
18. Lee H.J. Rutin inhibits hydrogen peroxide-induced apoptosis through regulating reactive oxygen species mediated mitochondrial dysfunction pathway in human keratinocyte HaCaT cells. *Journal of cancer prevention*, 2021, no. 22(2), pp. 97–105.
19. Lewis B.B. Loss of microbiota-mediated colonization resistance to clostridium difficile infection is greater following oral vancomycin as compared with metronidazole. *Infect Dis.*, 2019, no. 212, pp. 1656–1665.
20. Li M. Effect of rutin on the antioxidant activity and sensory quality of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 2020, no. 101(6), pp. 56–78.
21. 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

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, лаборант кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, annabryz2002@gmail.com

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, laboratory assistant at the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Russia, annabryz2002@gmail.com

Статья поступила в редакцию 05.01.2024

The article was submitted 05.01.2024