

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ СОЕОВОГО МОЛОКА ЗАКВАСОЧНОЙ КУЛЬТУРОЙ *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*

Н.В. Попова, *nvpopova@susu.ru*

И.В. Калинина, *kalininaiv@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Ферментированные молочные продукты являются наиболее используемой пищевой матрицей для производства пробиотических напитков, однако наличие большого числа потребителей с непереносимостью лактозы определяет необходимость разработки пробиотических напитков на растительной основе. Соевое молоко в натуральном виде содержит примерно такое же количество белка, как и коровье молоко, однако отличается от него составом аминокислот, также оно характеризуется малым содержанием насыщенных жиров и отсутствием холестерина. Рядом исследований показано, что ферментация пробиотическими бактериями улучшает функциональные характеристики соевого молока за счет образования антигипертензивных пептидов, способствуя нормализации работы кишечного тракта и снижению содержания неперевариваемых олигосахаридов. Целью настоящего исследования стало изучение возможности ферментации соевого молока монокультурной закваской *Lactobacillus acidophilus* и оценка кинетики ферментативного процесса. Оценка эффективности процесса ферментации проводили посредством определения pH и титруемой кислотности через равные периоды времени, а также накопления молочной кислоты при ферментации. Полученные результаты показали, что во всех исследуемых образцах происходит постепенное снижение значений pH продукта. Диапазон изменений для разных образцов варьировал от 0,4 до 0,6. Результаты свидетельствуют о наиболее активном протекании процесса ферментации в растительном напитке «Здоровое меню», наиболее высокое значение титруемой кислотности на конец ферментации было зарегистрировано для образца ЗМ-32 – 27,1 град. Причем значительно влияет на этот процесс и температура осуществления процесса. Количество накопленной молочной кислоты в системе растительных напитков на конец оцениваемого периода ферментации составили 20,22–29,6 %, что косвенно свидетельствует об адаптации *Lactobacillus acidophilus* в среде соевого молока. С использованием регрессионного анализа получены математические модели, адекватно описывающие процесс накопления молочной кислоты в зависимости от температуры и продолжительности процесса ферментации.

Ключевые слова: пробиотический напиток, растительный напиток, *Lactobacillus acidophilus*, ферментация

Благодарности. Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 23-26-10063.

Для цитирования: Попова Н.В., Калинина И.В. Изучение кинетики процесса ферментации соевого молока заквасочной культурой *Lactobacillus acidophilus* // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 2. С. 74–82. DOI: 10.14529/food230209

Original article
DOI: 10.14529/food230209

STUDY OF THE KINETICS OF THE FERMENTATION PROCESS OF SOY MILK BY STARTER CULTURE *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*

N.V. Popova, *nvpopova@susu.ru*

I.V. Kalinina, *kalininaiv@susu.ru*

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Fermented dairy products are the most commonly used food matrix for the production of probiotic drinks; however, the presence of a large number of consumers with lactose intolerance makes it necessary to develop plant-based probiotic drinks. Soy milk in its natural form contains approximately the same amount of protein as cow's milk but differs from it in the composition of amino acids. It is also characterized by a low content of saturated fat and the absence of cholesterol. A number of studies have shown that fermentation with probiotic bacteria improves the functional characteristics of soy milk through the formation of antihypertensive peptides, contributing to the normalization of the intestinal tract and reducing the content of indigestible oligosaccharides. The purpose of this study was to study the possibility of soy milk fermentation with a monocultural starter culture of *Lactobacillus acidophilus* and to evaluate the kinetics of the enzymatic process. Evaluation of the efficiency of the fermentation process was carried out by determining the pH and titratable acidity after equal periods of time, as well as the accumulation of lactic acid during fermentation. The results obtained showed that in all the studied samples, there was a gradual decrease in the pH values of the product. The range of changes for different samples varied from 0.4 to 0.6. The results indicate the most active course of the fermentation process in the vegetable drink "Healthy Menu", The highest value of titratable acidity at the end of fermentation was recorded for sample ZM-32 (27.1 deg). Moreover, this process is significantly affected by the temperature of the process. The amount of accumulated lactic acid in the system of vegetable drinks at the end of the estimated fermentation period was 20.22–29.6 %, which indirectly indicates the adaptation of *Lactobacillus acidophilus* in the soy milk environment. Using regression analysis, mathematical models were obtained that adequately describe the process of accumulation of lactic acid depending on the temperature and duration of the fermentation process.

Keywords: probiotic drink, herbal drink, *Lactobacillus acidophilus*, fermentation

Acknowledgments. This article was financially supported by a grant from the Russian Science Foundation (RSF) under project 23-26-10063.

For citation: Popova N.V., Kalinina I.V. Study of the kinetics of the fermentation process of soy milk by starter culture *Lactobacillus acidophilus*. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 2, pp. 74–82. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230209

Введение

Современные тенденции развития продовольственного рынка свидетельствуют о ежегодном увеличении ассортимента продуктов, содержащих функциональные ингредиенты, такие как пробиотики, пребиотики и пищевые волокна, примерно на 5 % во всем мире. Около 65 % продаж функциональных продуктов питания приходится на пробиотические продукты.

ФАО/ВОЗ определяет пробиотики как живые микроорганизмы, которые при попадании в организм человека в адекватных коли-

чествах способны колонизировать желудочно-кишечный тракт, принося пользу здоровью хозяина.

Ферментированные молочные продукты являются наиболее используемой пищевой матрицей для производства пробиотических напитков, однако наличие немалого количества потребителей с непереносимостью лактозы определяет необходимость разработки пробиотических напитков на растительной основе, это и определяет актуальность наших исследований [11, 14–17].

Соевое молоко производится из соевых бобов, по пищевой ценности близко к коровьему молоку. В натуральном виде оно содержит примерно такое же количество белка, как и коровье молоко, однако отличается от него составом аминокислот. Соевое молоко содержит мало насыщенных жиров и не содержит холестерина, в качестве основного дисахарида содержит сахарозу, которая расщепляется на глюкозу и фруктозу. Использование растительной пищевой матрицы с высоким качеством белка также выгодно и с экономической точки зрения, делая вырабатываемый пробиотический напиток более доступным для потребителя [7, 14].

Рядом исследований показано, что помимо пользы для здоровья от самих пробиотиков, ферментация пробиотическими бактериями улучшает функциональные характеристики соевого молока за счет образования антигипертензивных пептидов, способствуя нормализации работы кишечного тракта и снижению содержания неперевариваемых олигосахаридов. Ферментация соевого молока также может уменьшить неприятный привкус соевых бобов [1, 2, 5–8]. Таким образом, тема, связанная с оценкой способности соевого молока ферментироваться пробиотическими микроорганизмами, достаточно актуальна.

Целью настоящего исследования стало изучение возможности ферментации соевого молока монокультурной закваской *Lactobacillus acidophilus* и оценка кинетики ферментативного процесса.

Материалы и методы исследования

В качестве основы для растительного пробиотического напитка взято молоко соевое двух изготовителей – ООО «Объединение Союзпищепром» и ОАО «Сады Придонья».

В качестве закваски использовали моновидовой концентрат бактерий вида *Lactobacillus acidophilus*, БК-Углич-АВ (ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич).

Ферментация соевого молока осуществлялась закваской (по рекомендации изготовителя 0,1 г/100 мл) в течение суток при температурах 32, 37 и 42 °С.

Таким образом, было сформировано 6 образцов, которым были присвоены условные обозначения:

- образцы, ферментированные на основе напитка из растительного сырья «Молоко соевое», «Здоровое меню» (ООО «Объединение

Союзпищепром») при температурах 32, 37 и 42 °С – 3М-32, 3М-37 и 3М-42 соответственно;

- образцы, ферментированные на основе напитка соевого НИ (ОАО «Сады Придонья») при температурах 32, 37 и 42 °С – НИ-32, НИ-37 и НИ-42 соответственно.

Оценку эффективности процесса ферментации проводили посредством определения косвенных показателей активности закваски – рН и титруемой кислотности через каждые 3 часа. Также оценивали накопление молочной кислоты при ферментации.

Определение кислотности заключается в нейтрализации кислых солей, белков, свободных кислот и других кислых соединений раствором щелочи в присутствии индикатора фенолфталеина.

Определение активной кислотности заключается в измерении разности потенциалов между измерительным электродом и электродом сравнения, погруженными в пробу ферментированного растительного напитка.

Количество молочной кислоты определяли спектрофотометрическим методом, который включает добавление исследуемого раствора к раствору хлорида железа (III), взятого в концентрации 0,1–0,3 %, измерение оптической плотности полученного раствора при длине волны 380–405 нм и количественное определение концентрации лактата в исходном растворе – с использованием калибровочного графика [3].

Результаты и их обсуждение

Образцы соевого молока, взятые для ферментации, характеризовались различным составом и пищевой ценностью (см. таблицу), что позволяет сформировать прогностическую оценку уровня активности заквасочной культуры в сопоставлении с характеристиками растительной среды.

Напиток соевый НИ (ОАО «Сады Придонья») характеризуется более сложным составом, в него дополнительно внесен соевый белок, рапсовое масло, витаминно-минеральный премикс, все это в итоге отражается на повышенной пищевой (энергетической) ценности, по сравнению с первым образцом – напитком безалкогольным из растительного сырья «Молоко соевое», «Здоровое меню» – в 1,8 раза. Также в напитке соевом НИ количество добавленного сахара составляет 2,0 г/100 мл, в растительном молоке «Здоровое меню» – 1 %.

Используемая в исследовании закваска представляет собой моновидовой концентрат

Характеристика образцов соевого молока по составу и пищевой ценности

Образец растительного молока	Состав	Белки, г/100 мл	Жиры, г/100 мл	Углеводы, г/100 мл	Пищевая ценность, ккал
Напиток безалкогольный из растительного сырья «Молоко соевое», «Здоровое меню» (ООО «Объединение Союзпищепром»)	Вода питьевая, крупа соевая, сахар, соль	2,0	1,0	2,2	25
Напиток соевый НІ (ОАО «Сады Придонья»)	Вода, соевая мука, сахар, соевый белок (изолят), рапсовое масло, витаминно-минеральный премикс (витамин D2, витамин B2 (рибофлавин), кальций (трикальций фосфат), кальция карбонат), соль	3,0	1,4	4,8	45

бактерий вида *Lactobacillus acidophilus*. *L. Acidophilus*, характеризующихся хорошей выживаемостью в более кислых средах, чем другие виды молочнокислых бактерий (рН 4–5 и меньше). Оптимально растёт при температуре 37–38 °С, переносит максимальную температуру до 55 °С, минимальную – до 20 °С. *L. Acidophilus*, в отличие от многих других молочнокислых бактерий, способен сбраживать не только лактозу, но и другие сахара до молочной кислоты. Некоторые родственные виды производят этанол, диоксид углерода и уксусную кислоту, однако *L. acidophilus* является гомоферментативным организмом, который производит только молочную кислоту [2, 4, 9–13].

На первом этапе исследований оценивали изменение активной кислотности при ферментации соевых напитков в течение суток с учетом температурного режима. Результаты приведены на рис. 1.

Полученные результаты показали, что во всех исследуемых образцах происходит постепенное снижение значений рН продукта. Диапазон изменений для разных образцов варьировал от 0,4 до 0,6 (за 9 часов ферментации). Известно, что снижение рН при использовании процесса ферментации продукта молочнокислыми микроорганизмами, как правило, обусловлено изменением буферной емкости за счет накопления продуктов распада белка.

По результатам проведенных исследований было установлено, что процесс ферментации более активно протекал в образцах соевого молока «Здоровое меню», что можно объяснить большей доступностью компонентов среды для *Lactobacillus acidophilus* и может быть связано как с исходным составом продукта, так и с более глубокой предварительной ферментацией соевых бобов, которая является обязательным этапом при производстве растительного молока, что сделало макроэлементы растительной основы более доступными для микроорганизмов.

Также необходимо отметить, что в соевом молоке с более сложным составом процесс ферментации в начальный период протекает менее активно, что, вероятно, обусловлено увеличенным адаптационным периодом ферментативной системы микроорганизмов. Однако в конечный период ферментации активность изменения рН значительно возрастает, что может быть обусловлено более высокой пищевой ценностью соевого молока НІ и подтверждается углом наклона линий тренда, представленных на рис. 1.

Результаты последующей оценки титруемой кислотности подтверждают данный факт (рис. 2).

Результаты, приведённые на рис. 1 и 2, свидетельствуют о наиболее активном протекании процесса ферментации в растительном напитке «Здоровое меню». Наиболее высокое

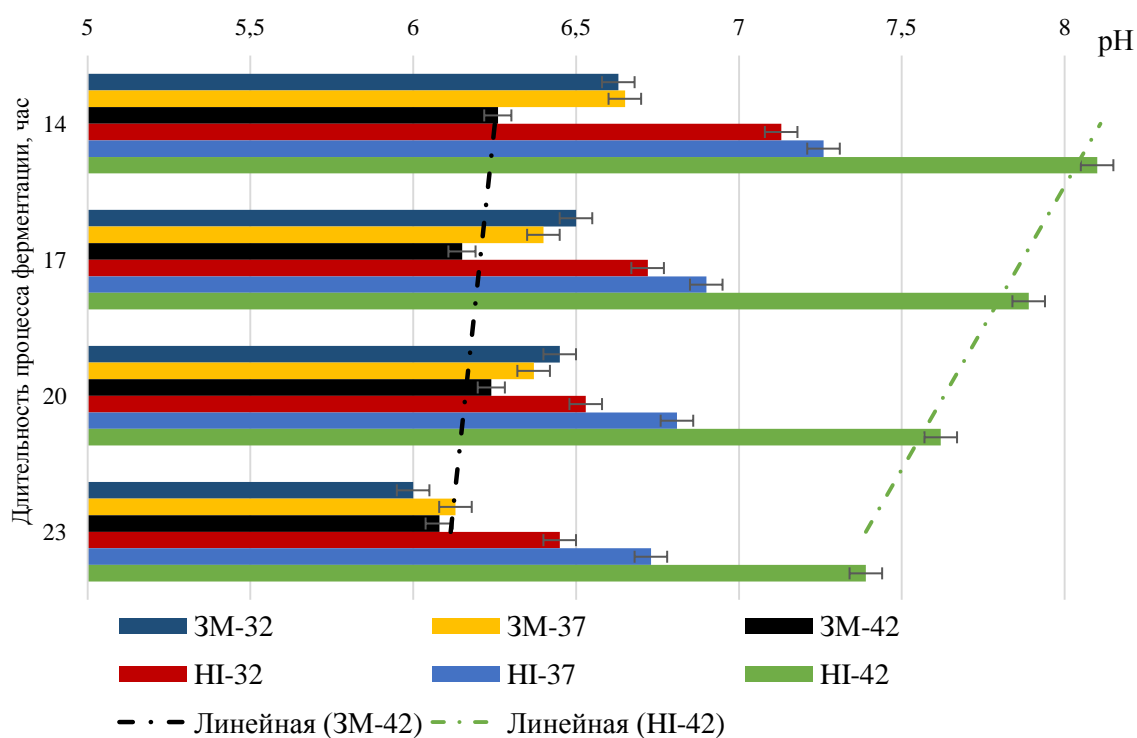


Рис. 1. Динамика изменения активной кислотности в исследуемых образцах соевого молока в процессе ферментации при разных температурных режимах, pH

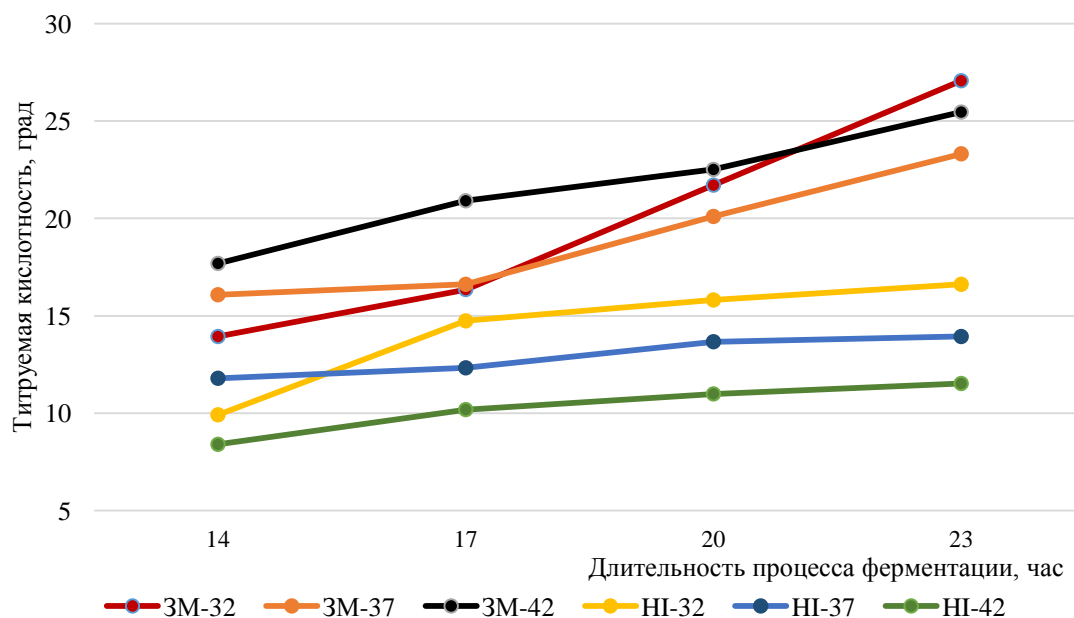


Рис. 2. Динамика изменения титруемой кислотности в исследуемых образцах соевого молока в процессе ферментации при разных температурных режимах, град

значение титруемой кислотности на конец ферментации были зарегистрировано для образца ЗМ-32 – 27,1 град. Причем значительно влияет на этот процесс и температура осуществления процесса. Для обоих образцов соевого молока наиболее активно процесс накопления титруемых кислот протекает при 32 °С. Изменение активной и титруемой кислотности являются наиболее значимыми процессами ферментации для формирования вкусо-ароматического профиля конечного продукта, поскольку определяют накопление в напитке летучих веществ, таких как альдегиды, кетоны, фураны и др.

Количество накопленной молочной кислоты позволяет косвенно судить об адаптации молочнокислой культуры микроорганизмов в системе растительного напитка, в частности на конец ферментации для образцов ЗМ накопление молочной кислоты составляло 0,064–0,0667 г/л, а в образцах НІ – 0,0577–0,077 г/л. На основании математического планирования и с использованием регрессионного анализа установлена зависимость накопления молочной кислоты от температурного режима ферментации.

Результаты оценки накопления молочной кислоты в вырабатываемых пробиотических напитках позволили установить оптимумы осуществления процесса по температуре и длительности (рис. 3, 4).

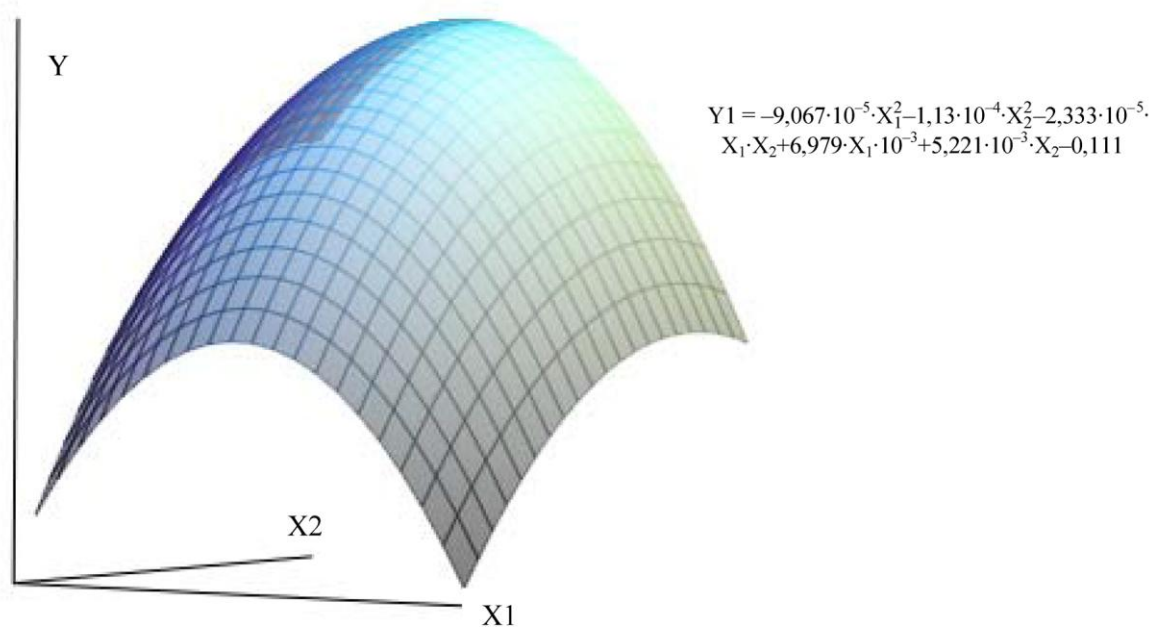
Оптимальными условиями ферментации соевого молока «Здоровое меню» для обеспечения максимального накопления молочной кислоты являются температура 36 °С, длительность процесса – 19,4 часа, для напитка соевого НІ – 19 часов при температуре 38,5 °С.

Более сложный компонентный состав соевого молока НІ требует более высоких температур ферментации при примерно равном временном диапазоне протекания процесса, однако при этом необходимо отметить большую долю накопления молочной кислоты – увеличение составило в пределах 12 % в сравнении с молоком «Здоровое меню».

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования пищевой системы соевого молока для ферментации моновиновым концентратом бактерий вида *Lactobacillus acidophilus*. При этом важно учитывать, что компонентный состав растительного напитка оказывает существенное влияние на кинетику процесса ферментации. Для более глубокого понимания процессов адаптации молочнокислых микроорганизмов, в том числе *Lactobacillus acidophilus*, в системе растительного напитка необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на оценку количества пробиотических микроорганизмов, а также продуктов их жизнедеятельности в ферментированном напитке, что и составляет основу будущих исследований.

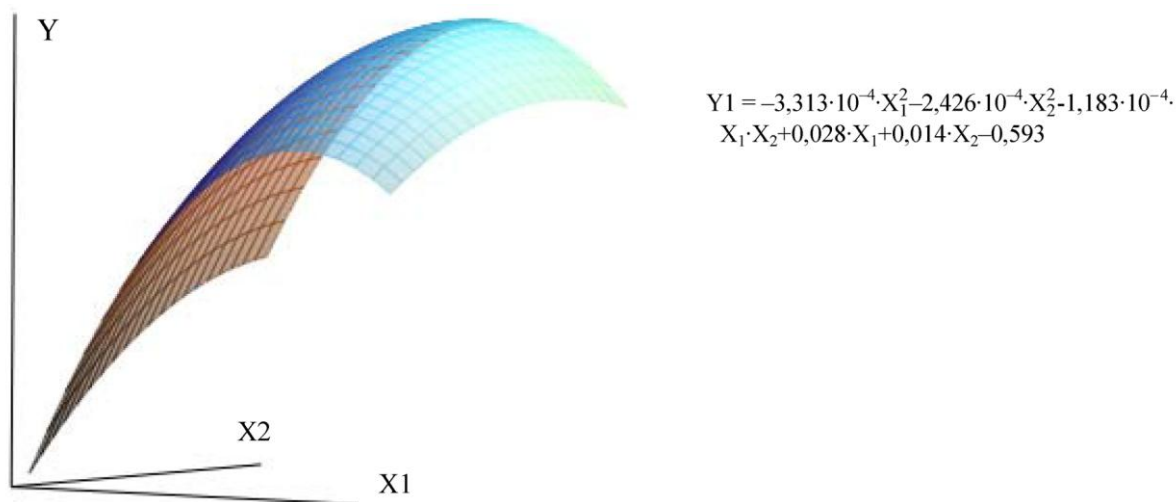
Список литературы

1. Бондаренко В.М. Иммуностимулирующее действие лактобактерий, используемых в качестве основы препаратов пробиотиков // Микробиология, эпидемиология и иммунобиология. 1998. № 5. 109 с.
2. Бывайлова Е.А. Разработка технологии обогащенного ацидофильного продукта с повышенной биологической ценностью и пребиотическими свойствами: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.18.04. п. Персиановский, 2014. 18 с.
3. Пат. 2639245С1 Российская Федерация МПК (51) G01N 33/00 (2006.01) Способ спектрофотометрического определения молочной кислоты / Л.Н. Борщевская, Т.Л. Гордеева, А.Н. Калинина и С.П. Синеокий; ФГБУ «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»-ГосНИИгенетика) (RU). № 2016147376, заявл. 02.12.2016; опубл. 20.12.2017.
4. Лысенко Ю.А., Лунева А.В. Подбор оптимальной питательной среды для культивирования, концентрирования и высушивания клеток *Lactobacillus acidophilus* // КубГАУ. 2014. № 102(8). С. 2–3.
5. Ashwag Jaman AL Zahrani, Amal Bakr Shori. Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. // LWT – Food Science and Technology. 176 (2023) 114531. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114531>.



$$R := \text{Maximize}(y, x_{10}, x_{20}) \quad R = \begin{pmatrix} 35,994 \\ 19,391 \end{pmatrix} \quad y(R_0, R_1) = 0,066$$

Рис. 3. Оптимизация условий ферментации молока соевого «Здоровое меню» для максимального накопления молочной кислоты



$$R := \text{Maximize}(y, x_{10}, x_{20}) \quad R = \begin{pmatrix} 38,555 \\ 19,083 \end{pmatrix} \quad y(R_0, R_1) = 0,074$$

Рис. 4. Оптимизация условий ферментации напитка соевого Н1 для максимального накопления молочной кислоты

6. Champagne C.P., Roy D., and Lafond A. (1997). Selective enumeration of *Lactobacillus casei* in yoghurt-type fermented milks based on a 15 °C incubation temperature // *Biotech. Tech.* 11:567–569.
7. Chavan M., Gat Y., Harmalkar M., & Waghmare R. (2018). Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume // *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 91, 339–344. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.070>
8. Donkor O.N., Enriksson Anders H., Vasiljevic Todor, Shah Nagendra P. Probiotic Strains as Starter Cultures Improve Angiotensin-converting Enzyme Inhibitory Activity in Soy Yogurt // *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70, Nr. 8, P. 375–381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11522.x>
9. Fidelis Azi, Chuanhai Tu, Hafiz Abdul Rasheed, Mingsheng Dong. Comparative study of the phenolics, antioxidant and metagenomic composition of novel soy whey-based beverages produced using three different water kefir microbiota // *International Journal of Food Science and Technology*. 2020, 55, 1689–1697. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14439>
10. Gilliland S.E., and Speck M.L. (1977). Instability of *L. acidophilus* in yoghurt // *J. Dairy Sci.* 60:1394–1398. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(77\)84042-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(77)84042-3)
11. Granato D., Branco G.F., Cruz G., Faria J.F., & Shah N.P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>
12. Hood S.K., and Zottola M.L. (1988). Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells // *J. Food Sci.* 53:1514–1516. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb09312.x>
13. Hull R.R., Roberts A.V., and Mayes J.J. (1984). Survival of *Lactobacillus acidophilus* in yogurt // *Aust. J. Dairy Technol.* 39:164–166.
14. Paul A.A., Kumar S., Kumar V., & Sharma R. (2020). Milk analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential, and health concerns // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
15. Ruiz Rodríguez L.G., Zamora Gasga V.M., Pescuma M., Van Nieuwenhove C., Mozzi F., Sánchez Burgos J.A. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages // *Food Res Int.* 2021 Feb;140:109854. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>.
16. Shori A.B., & Al Zahrani A.J. (2022). Non-dairy plant-based milk products as alternatives to conventional dairy products for delivering probiotics // *Food Science and Technology*, 42, 1–14. <https://doi.org/10.1590/fst.101321>
17. Vanga S.K., & Raghavan V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? // *Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 10–20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>

References

1. Bondarenko V.M. Immunostimulatory effect of lactobacilli used as the basis of probiotic preparations. *Mikrobiologiya, epidemiologiya i immunobiologiya* [Microbiology, epidemiology and immunobiology], 1998, no. 5. 109 p. (In Russ.)
2. Byvaylova E.A. *Razrabotka tekhnologii obogashchennogo atsidofil'nogo produkta s povyshennoy biologicheskoy tsennost'yu i prebioticheskimi svoystvami* [Development of technology for an enriched acidophilic product with increased biological value and prebiotic properties. Abstract dis. cand. tech. Sciences]. Persianovskiy, 2014. 18 p.
3. Borshchevskaya L.N., Gordeeva T.L., Kalinina A.N., and Sineoky S.P. *Pat. 2639245S1 Rossiyskaya Federatsiya MPK (51) G01N 33/00 (2006.01) Sposob spektrofotometricheskogo opredeleniya molochnoy kisloty* [Pat. 2639245C1 Russian Federation IPC (51) G01N 33/00 (2006.01) Method for the spectrophotometric determination of lactic acid]. №2016147376, zayavl. 02.12.2016; opubl. 20.12.2017.
4. Lysenko Yu.A., Luneva A.V. Selection of the optimal nutrient medium for cultivation, concentration, and drying of *Lactobacillus acidophilus*/cells. *KubGAU*, 2014, no. 102(8), pp. 2–3. (In Russ.)
5. Ashwag Jaman AL Zahrani, Amal Bakr Shori. Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT – Food Science and Technology*. 176 (2023) 114531. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114531>.

6. Champagne C.P., Roy D., and Lafond A. (1997). Selective enumeration of *Lactobacillus casei* in yoghurt-type fermented milks based on a 15 °C incubation temperature. *Biotech. Tech.* 11:567–569.
7. Chavan M., Gat Y., Harmalkar M., & Waghmare R. (2018). Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 91, 339–344. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.070>
8. Donkor O.N., Enriksson Anders H., Vasiljevic Todor, Shah Nagendra P. Probiotic Strains as Starter Cultures Improve Angiotensin-converting Enzyme Inhibitory Activity in Soy Yogurt. *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70, Nr. 8, R. 375–381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11522.x>
9. Fidelis Azi, Chuanhai Tu, Hafiz Abdul Rasheed, Mingsheng Dong. Comparative study of the phenolics, antioxidant and metagenomic composition of novel soy whey-based beverages produced using three different water kefir microbiota. *International Journal of Food Science and Technology*. 2020, 55, 1689–1697. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14439>
10. Gilliland S.E., and Speck M.L. (1977). Instability of *L. acidophilus* in yoghurt. *J. Dairy Sci.* 60:1394–1398. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(77\)84042-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(77)84042-3)
11. Granato D., Branco G.F., Cruz G., Faria J.F., & Shah N.P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>
12. Hood S.K., and Zottola M.L. (1988). Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells. *J. Food Sci.* 53:1514–1516. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb09312.x>
13. Hull R.R., Roberts A.V., and Mayes J.J. (1984). Survival of *Lactobacillus acidophilus* in yogurt. *Aust. J. Dairy Technol.* 39:164–166.
14. Paul A.A., Kumar S., Kumar V., & Sharma R. (2020). Milk analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential, and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
15. Ruiz Rodríguez L.G., Zamora Gasga V.M., Pescuma M., Van Nieuwenhove C., Mozzi F., Sánchez Burgos J.A. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Res Int.* 2021 Feb;140:109854. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33648172.
16. Shori A.B., & Al Zahrani A.J. (2022). Non-dairy plant-based milk products as alternatives to conventional dairy products for delivering probiotics. *Food Science and Technology*, 42, 1–14. <https://doi.org/10.1590/fst.101321>
17. Vanga S.K., & Raghavan V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 10–20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>

Информация об авторах

Попова Наталия Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, nvporova@susu.ru

Калинина Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), kalininaiv@susu.ru

Information about the authors

Natalia V. Popova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, nvpopova@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

Статья поступила в редакцию 04.05.2023

The article was submitted 04.05.2023