



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 637.181 + 637.136.5

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.010



ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ И ЭЛЕУТЕРОКОККА НА ФЕРМЕНТАЦИЮ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Дарья Андреевна Самсонова¹, Виталина Дмитриевна Кийски²,
Максим Станиславович Иванов³, Наталья Владимировна Яковченко⁴

^{1, 2, 3, 4} Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹ dashafom19@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1770-4456>

² vdkiiiski@itmo.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7343-3451>

³ msivanov@itmo.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5754-5026>

⁴ nviakovchenko@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>

Аннотация. Добавление функциональных ингредиентов, в том числе растительных экстрактов, может по-разному влиять на процесс ферментации. Было изучено влияние сухих экстрактов корней родиолы и элеутерококка на процесс ферментации бобово-злаковой суспензии из сои, пшеницы, тыквенных семян и гороха культурами *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*. Рациональная доза внесения экстрактов родиолы и элеутерококка в суспензию составила по 0,5 %. Результаты исследования показали, что добавление сухих экстрактов в большинстве случаев удлиняет процесс ферментации растительной смеси суспензий на 2–4 часа по сравнению с контрольным образцом, без добавления экстрактов. Процесс ферментации растительной смеси с экстрактами занимает от 8 до 22 часов, при этом культура *L. bulgaricus* проявила наименьшую адаптивную способность к растительной матрице – ферментация длилась от 18 часов. Было обнаружено, что экстракты корней родиолы и элеутерококка оказывают стимулирующее воздействие на рост и выживаемость микроорганизмов, однако выраженность данного эффекта зависит от используемой культуры микроорганизмов. Так, наиболее высокое содержание микроорганизмов – 9,82, с приростом в 14 % было выявлено у образца, ферментированного *S. thermophilus* с элеутерококком, при этом наибольший прирост микроорганизмов был у образцов с родиолой, ферментированных *L. bulgaricus* (прирост в 42 % до 8,07 lg(КОЕ/мл)) и *B. bifidum* (прирост в 28 % до 8,87 lg(КОЕ/мл)). Добавление экстрактов также значительно увеличивает антиоксидантную активность ферментированной растительной смеси, приблизительно в 2 раза до 87,89 % с экстрактом родиолы и до 84,38 % с экстрактом элеутерококка. Таким образом, экстракты корней родиолы и элеутерококка могут быть использованы для повышения содержания молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий в ферментированных растительных суспензиях, а также для увеличения антиоксидантной активности и обогащения растительной суспензии биологически активными веществами.

Ключевые слова: ферментация, растительная суспензия, элеутерококк колючий, родиола розовая, растительные экстракты, адаптогены, антиоксидантная активность, прирост биомассы, молочнокислые микроорганизмы, бифидобактерии.

Для цитирования: Самсонова Д. А., Кийски В. Д., Иванов М. С., Яковченко Н. В. Влияние растительных экстрактов родиолы и элеутерококка на ферментацию бобово-злаковой суспензии / Д. А. Самсонова [и др.] // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 66–73. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.010. EDN: <https://elibrary.ru/EVECWO>.

Original article

INFLUENCE OF RHODIOLA AND ELEUTHEROCOCCUS PLANT EXTRACTS ON THE FERMENTATION OF LEGUME-CEREAL SUSPENSION

Daria A. Samsonova¹, Vitalina D. Kiiski², Maksim S. Ivanov³,
Natalia V. Iakovchenko⁴

^{1, 2, 3} ITMO University, St. Petersburg, Russia

¹ dashafom19@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1770-4456>

² vdkiiiski@itmo.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7343-3451>

³ msivanov@itmo.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5754-5026>

⁴ nviakovchenko@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>

© Самсонова Д. А., Кийски В. Д., Иванов М. С., Яковченко Н. В., 2025

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ И ЭЛЕУТЕРОКОККА НА ФЕРМЕНТАЦИЮ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Abstract. The addition of functional ingredients, including plant extracts, influences the fermentation process in various ways. This study investigated the effect of dry extracts from *Rhodiola* and *Eleutherococcus* roots on the fermentation process of a plant-based suspension mixture composed of soy, wheat, pumpkin seeds, and peas, using *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, and *Streptococcus thermophilus* cultures. The optimal addition level of *Rhodiola* and *Eleutherococcus* root extracts to the plant suspension was determined to be 0.5% (w/w). The results demonstrated that, in most cases, the addition of dry extracts extended the fermentation process of the plant-based suspension mixture by 2 to 4 hours compared to the control sample without extracts. The total fermentation time for the plant-based mixture with extracts ranged from 8 to 22 hours. Among the tested cultures, *L. bulgaricus* showed the lowest adaptability to the plant-based medium, requiring at least 18 hours for fermentation to reach the desired endpoint. *Rhodiola* and *Eleutherococcus* root extracts were found to have a stimulating effect on microbial growth and survival, but the severity of this effect depends on the microbial culture used. The highest total viable cell count - 9.82 log (CFU/mL), representing a 14% increase - was observed in the *S. thermophilus*-fermented sample supplemented with *Eleutherococcus*. Notably, the most pronounced microbial proliferation was observed in samples fermented with *L. bulgaricus* and *B. bifidum* in the presence of *Rhodiola*, yielding increases of 42% (up to 8.07 log (CFU/mL)) and 28% (up to 8.87 log (CFU/mL)), respectively. Furthermore, the inclusion of plant extracts significantly enhanced the antioxidant activity of the fermented plant suspension, approximately doubling the activity to 87.89% with *Rhodiola* extract and 84.38% with *Eleutherococcus* extract. Thus, *Rhodiola* and *Eleutherococcus* root extracts can be utilized to enhance the content of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented plant-based suspensions, as well as to increase antioxidant activity and enrich the suspension with biologically active compounds. In recent years, plant-based functional products, including fermented formulations, have gained.

Keywords: fermentation, plant suspension, *Eleutherococcus senticosus*, *Rhodiola rosea*, plant extracts, adaptogens, antioxidant activity, biomass growth, lactic acid microorganisms, bifidobacteria.

For citation: Samsonova, D.A., Kiiski, V.D., Ivanov, M.S. & Iakovchenko, N.V. (2025). Influence of rhodiola and eleutherococcus plant extracts on the fermentation of legume-cereal suspension. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 66-73. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.010. EDN: <https://elibrary.ru/EVECWO>.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития пищевой индустрии особую актуальность приобретает производство продуктов функциональной направленности на растительной основе, что обусловлено ростом потребительского спроса на экологически чистые, этичные и функциональные продукты питания [1]. Популярность таких продуктов связана с увеличением числа людей, придерживающихся веганских, вегетарианских и безлактозных диет, а также с растущей популярностью важности влияния питания на здоровье организма и окружающую среду [2].

Особое внимание в разработке продуктов функционального назначения уделяется использованию адаптогенов. Адаптогены – класс биологически активных веществ, которые обладают способностью повышать неспецифическую резистентность организма к стрессовым воздействиям, нормализовать гомеостаз, улучшая адаптационные возможности организма. Перспективными источниками адаптогенных веществ являются корни родиолы и элеутерококка. Родиола и элеутерококк обладают адаптогенными свойствами, которые связаны с модуляцией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси и повышением устойчивости к физическим и эмоциональным нагрузкам.

Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) является одним из наиболее известных адаптогенов, который используется в народной медицине для облегчения симптомов стресса и усталости, повышения физической и умственной работоспособности, защитных сил организма [3]. Фармакологические исследования *Rhodiola rosea* подтвердили её способность модулировать метаболические процессы в организме, способствуя улучшению обменных показателей. Установлено, что родиола снижает интенсивность гликолиза и уровень молочной кислоты в мышечной ткани, а также поддерживает

высокие концентрации фосфолипидов в печени и мышцах после продолжительной физической нагрузки [4]. Химический состав *Rhodiola rosea* включает около 140 биологически активных соединений, среди которых фенолы, гликозиды, терпены, коричный спирт и альдегид, флавоноиды, ароматические соединения, β-ситостерин, галловая кислота и её эфир – галлицин [5].

Элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus*) – это лекарственное растение, широко используемое в медицине благодаря своим уникальным фармакологическим свойствам. Элеутерококк обладает адаптогенными и стимулирующими свойствами, способствуя повышению умственной и физической работоспособности, улучшению функций анализаторов, нормализации уровня глюкозы и аппетита; усиливает резистентность организма к стрессорам [6].

Клинические исследования элеутерококка выявили ряд его положительных эффектов: улучшение памяти и антидепрессантная активность, противовоспалительные свойства, снижение накопления продуктов перекисного окисления липидов, благоприятное влияние на глюкозо-инсулиновый метаболизм, гипогликемические свойства, снижение частоты и продолжительности респираторных инфекций [6].

Активными веществами экстракта корней элеутерококка являются фенилпропаноиды, лигнаны, кумарины, флавоноиды и тритерпеновые сапонины, при этом наиболее активными являются элеутерозиды В (сирингин), D и E, и кофейная кислота [7, 8].

В технологическом процессе создания функциональных пищевых продуктов на основе растительного сырья ферментация играет центральную роль. Этот этап не только способствует повышению пищевой ценности и обогащению продукта биологически активными первичными и вторичными метаболитами, положительно влияющими на микробиом кишечника

и общее состояние здоровья, но и значительно повышает его микробиологическую безопасность [9]. Кроме того, деятельность микроорганизмов обуславливает модификацию органолептических характеристик и реологических параметров конечного продукта, что имеет критическое значение для его потребительских свойств [10, 11, 12].

Добавление различных экстрактов может оказать влияние на процесс ферментации как отрицательно, так как экстракты могут обладать противомикробными свойствами, так и положительно, сокращая время ферментации. Так, ферментация коровьего молока с добавлением экстракта из листьев оливы для получения йогурта привела к сокращению времени ферментации и понижению pH по сравнению с контролем, повышению синерезиса, понижению влагоудерживающей способности и вязкости, при этом негативного влияния на жизнеспособность микроорганизмов оказано не было [13]. Положительный эффект на процесс ферментации также был отмечен при ферментации йогурта с традиционными корейскими травяными экстрактами [14]. Однако другое исследование показало, что добавление высоких концентраций экстрактов валерианы (*Valeriana officinalis* L.), шалфея (*Salvia officinalis* L.), ромашки (*Matricaria chamomilla* L.), цистуса (*Cistus* L.), липы цветущей (*Tilia* L.), подорожника ребристого (*Plantago lanceolata* L.), алтея

(*Althaea* L.), более 2 %, постепенно подавляют процесс ферментации [15].

Однако влияние растительных экстрактов родиолы и элеутерококка на процесс ферментации растительных суспензий с использованием чистых культур микроорганизмов еще не было изучено. Таким образом, целью работы являлось определить влияние экстрактов родиолы и элеутерококка на ферментацию бобово-злаковой суспензии из сои, пшеницы, тыквенных семян и гороха.

МЕТОДЫ

Исследования проводились в Университете ИТМО на базе лаборатории факультета биотехнологий. В исследованиях использовались смесь суспензий из сои, тыквенных семян, пшеницы и гороха, сухие растительные экстракты из корней элеутерококка колючего (*Eleutherococcus senticosus*) и корней родиолы розовой (*Rhodiola rosea*); культуры микроорганизмов: *Lactobacillus acidophilus* 57S (Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия); *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Yo100, Micromilks.r.l., Италия); *Bifidobacterium bifidum* (LYOBAC-D, ALCE, Италия); *Streptococcus thermophilus* (Danisco TA 40 LYO 50 DCU, Дания). Физико-химические свойства используемых экстрактов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели сухих экстрактов из корней родиолы и корней элеутерококка
Table 1 – Physicochemical parameters of dry extracts from Rhodiola and Eleutherococcus roots

Экстракт	Элеутерококк	Родиола
Массовая доля влаги, %	4,68 ± 0,04	5,35 ± 0,04
Смачиваемость, с	67 ± 2	124 ± 3
Растворимость, %	88,42 ± 0,59	96,11 ± 0,65
Средний размер частиц при растворении, нм	774,74 (90,79 %) 217,86 (9,22 %)	7404,60 (52,79 %) 275,53 (47,22 %)
Полифенолы, мг галловой кислоты/г	74,67 ± 1,17	572,30 ± 4,22
Антиоксидантная активность DPPH, % (на 0,170 мг экстракта элеутерококка и на 0,192 мг экстракта родиолы)	41,90 ± 0,06	43,40 ± 0,07
Содержание БАВ, г/100 г сухих веществ	Элеутерозиды	Салидрозид
	1,16 ± 0,06	1,07 ± 0,05

Таблица 2 – Физико-химические показатели смеси растительных суспензий
Table 2 – Physicochemical parameters of the plant-based suspension mixture

Массовая доля белка, г/100 г	Массовая доля жира, г/100 г	Массовая доля углеводов, г/100 г	Массовая доля сухих веществ, г/100 г	Полифенолы, мг галловой кислоты/100 г	Активность по ингибированию свободных радикалов (FRSA) с DPPH, %
2,95 ± 0,11	2,74 ± 0,08	2,43 ± 0,08	8,12 ± 0,24	68,21 ± 2,39	41,08 ± 1,23

Бобово-злаковую суспензию получали следующим образом: растительное сырье замачивали в воде в соотношении 1:3 на 12 ч при температуре (4 ± 2) °С, после чего воду заменяли на свежую в том же объеме, который был удален. Разбухшее сырье с водой измельчали на блендере, после чего фильтровали полученную смесь через лавсановую ткань, плотностью 140 г/м². При измельчении гидромодуль сои был увеличен до 1:10, гороха – до 1:5 для получения желаемых органолептических характеристик по вязкости, однородности, вкусу и запаху сырья. Полученные моносуспензии из сои, семян тыквы, пшеницы и гороха смешивали в соотношении 11:6:6:2. Полученную смесь, бобово-злаковую

суспензию, подогревали в термомиксе до температуры (30 ± 2) °С, вносили сухие экстракты и перемешивали в течение 10 минут, после чего пастеризовали при температуре (85 ± 2) °С с выдержкой 3 минуты. Пастеризация суспензии обеспечивала показатели безопасности в соответствии с ТР ТС 021/2011 (КМАФАнМ менее 1х10⁴ КОЕ/г; дрожжи и плесени не обнаружены; БГКП не обнаружены в 1,0 г; *S. aureus* не обнаружены в 1,0 г; *B. cereus* не обнаружены в 0,1 г) [16]. Физико-химические показатели определяли в пастеризованной суспензии без добавления экстрактов, результаты представлены в таблице 2.

Пастеризованную бобово-злаковую суспен-

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ И ЭЛЕУТЕРОКОККА НА ФЕРМЕНТАЦИЮ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

зию охлаждали до температуры ферментации: 37 °C – для *L. acidophilus* и *B. bifidum*; 40 °C – для *L. bulgaricus*; для *S. thermophilus* – 45 °C и вносили по 100 мкл биомассы микроорганизмов. Биомассу микроорганизмов получали по методике [16]. Ферментацию проводили до достижения pH 4,6–4,8.

Дозу добавления сухих экстрактов определяли методом гедонической оценки по пятибалльной шкале: очень сильно, сильно, достаточно, слабо, очень слабо [18]. В качестве критерия была выбрана степень интенсивности органолептических характеристик в зависимости от количества внесения экстрактов. В процессе ферментации определяли активную кислотность с помощью pH-метра и титруемую кислотность [19]. В ферментированных образцах определяли антиоксидантную активность (активность по ингибированию свободных радикалов (FRSA)) с DPPH [20], и выживаемость микроорганизмов, которую определяли методом серийных разведений в стерильном 0,9 % растворе хлорида натрия с последующим посевом на питательную среду: MRS-агар для *L. acidophilus*; *L. bulgaricus*; *B. bifidum*; агар M17 для *S. thermophilus*, и культивированием при 37 °C в течение 72 часов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед началом ферментации была определена рациональная доза внесения сухих экстрактов родиолы и элеутерококка в бобово-злаковую суспензию. Результаты органолептической оценки образцов суспензии с внесенным экстрактом родиолы и суспензии с внесенным экстрактом элеутерококка представлены на рисунке 1.

Экстракты вносили в количестве от 0,2 % до 0,6 %. При оценке количества внесения экстрактов учитывались органолептические характеристики, в частности, отсутствие негативного влияния экстрактов на вкус продукта. Согласно полученным результатам, рациональная доза внесения экстрактов родиолы и элеутерококка составляет по 0,5 % соответственно.

Для изучения процесса ферментации определяли динамику изменения pH и содержания молочной кислоты, представленные на рисунке 2. В качестве контроля была бобово-злаковая суспензия без экстрактов.

Контрольный образец достигает необходимой активной кислотности на 2–4 часа быстрее по сравнению с образцами с добавлением экстрактов в зависимости от используемой культуры и добавленных экстрактов, за исключением *B. bifidum*, при использовании которой все образцы достигли pH 4,8 за 8 часов. Небольшое торможение в ферментации может быть связано с тем, что культуры имеют незначительную чувствительность к розавину, содержащемуся в экстракте родиолы, и обладающему антибактериальной активностью против некоторых штаммов микроорганизмов [21], а также чувствительность к биологически активным веществам (БАВ), содержащимся в элеутерококке.

Наименьшую адаптивную способность к бобово-злаковой суспензии с экстрактами и без них проявила культура *L. bulgaricus*, так как процесс ферментации данной культурой занял от 18 часов (для контроля) до 22 часов (для образца с экстрактом элеутерококка). При ферментации образцов с куль-

турой *L. bulgaricus* в течение первых 10 часов происходит динамичное снижение pH и накопление молочной кислоты, после чего каждые два часа содержание молочной кислоты увеличивается незначительно по сравнению с предыдущим показателем, скорость снижения pH замедляется. При ферментации остальными культурами в течение всего процесса ферментации наблюдали экспоненциальную фазу роста микроорганизмов с умеренным увеличением уровня молочной кислоты и уменьшением pH.

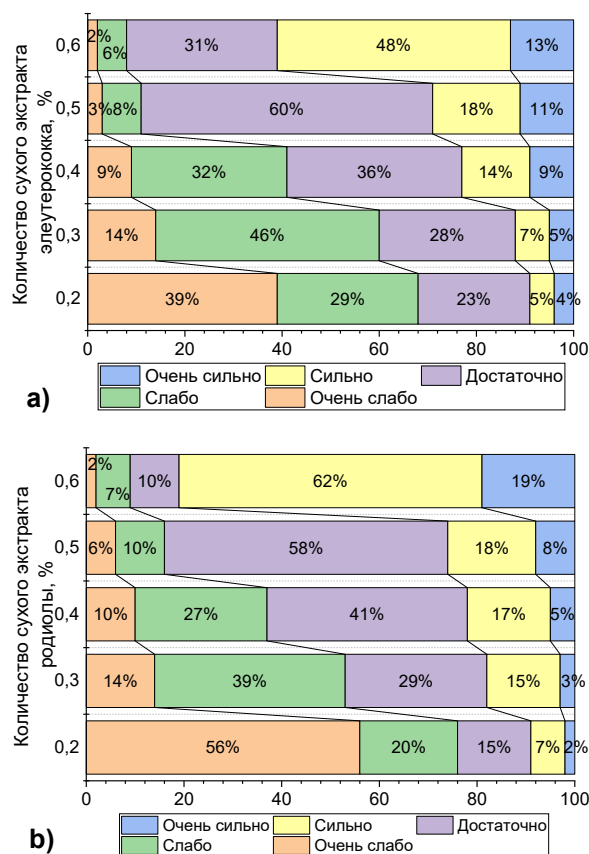


Рисунок 1 – Влияние количества внесенного экстракта: а) элеутерококка; б) родиолы на гедоническую оценку бобово-злаковой суспензии

Figure 1 – Effect of the amount of applied extract: а) Eleutherococcus; б) Rhodiola on the hedonic evaluation of legume-cereal suspension

Важным критерием оценки эффективности ферментации является количество жизнеспособных клеток после ферментации. Жизнеспособность микроорганизмов в ферментированных образцах представлена на рисунке 3.

Результаты показывают, что, несмотря на удлинение длительности ферментации, добавление обоих экстрактов способствует повышению жизнеспособности всех исследуемых штаммов. Наиболее высокое содержание микроорганизмов наблюдали у образца, ферментированного *S. thermophilus* при внесении экстракта элеутерококка, где показатель достигает максимального значения – 9,82, с приростом в 14 %.

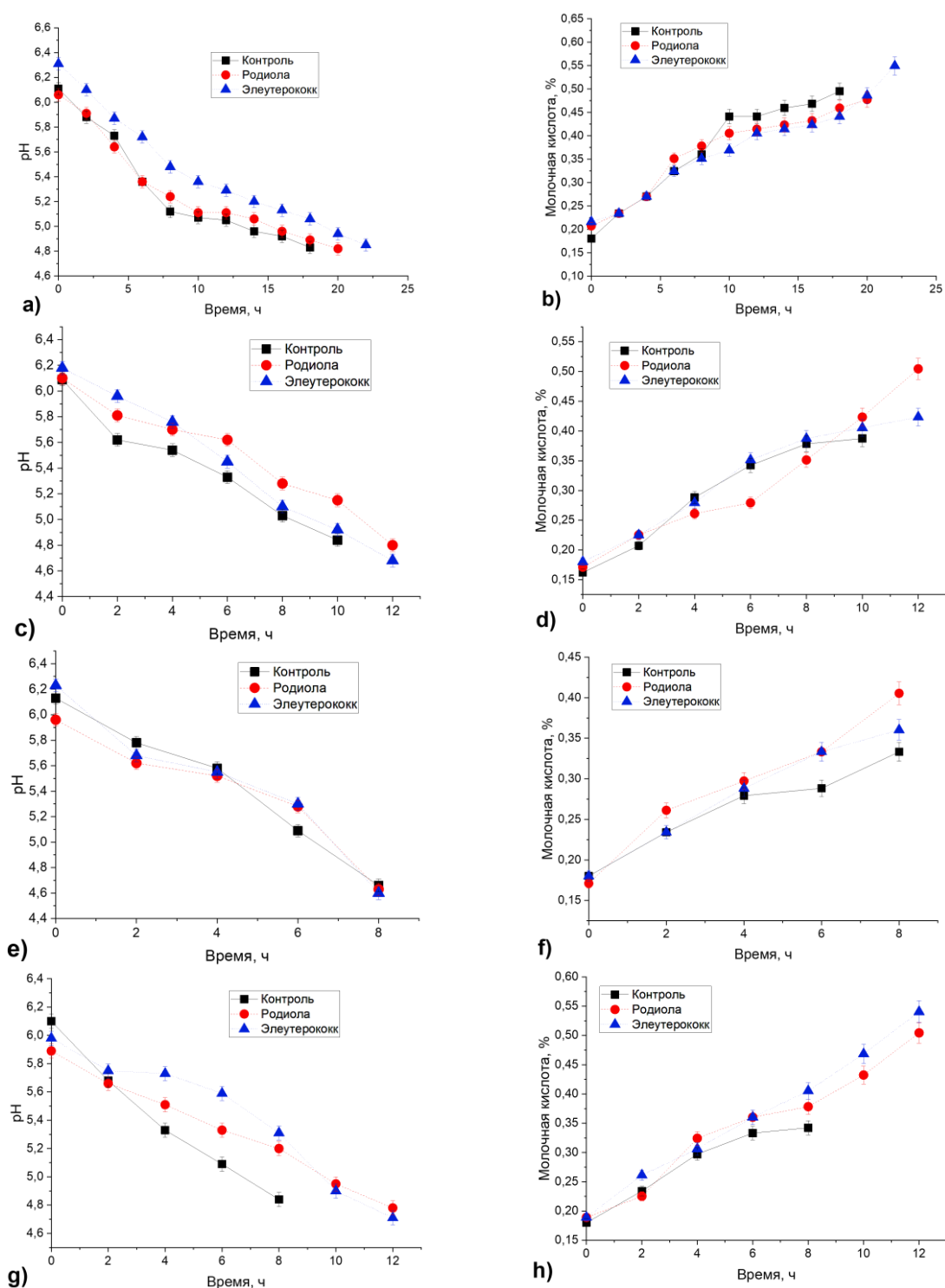


Рисунок 2 – Изменение активной кислотности и накопление молочной кислоты в бобово-злаковой суспензии без добавления экстрактов и с экстрактами родиолы и элеутерококка при ферментации: (a, b) – *L. bulgaricus*; (c, d) – *L. acidophilus*; (e, f) – *B. bifidum*; (g, h) – *S. thermophilus*

Figure 2 – Changes in active acidity and lactic acid accumulation in the legume-cereal suspension without extracts and with *Rhodiola* and *Eleutherococcus* extracts during fermentation: (a, b) – *L. bulgaricus*; (c, d) – *L. acidophilus*; (e, f) – *B. bifidum*; (g, h) – *S. thermophilus*

При этом наибольшее влияние на жизнеспособность *L. bulgaricus* и *B. Bifidum* оказал экстракт родиолы, при ферментации с которым, количество жизнеспособных клеток увеличилось по сравне-

нию с контрольным образцом на 42 % до 8,07 и на 28 % до 8,87 соответственно. На жизнеспособность *L. acidophilus* экстракты оказали незначительное влияние. Можно заключить, что сухие экс-

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ И ЭЛЕУТЕРОКОККА НА ФЕРМЕНТАЦИЮ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

тракты родиолы и элеутерококка оказывают стимулирующее воздействие на рост и выживаемость микроорганизмов *L. bulgaricus*, *B. bifidum*, *S. thermophilus*, что потенциально может быть использовано при производстве функциональных продуктов питания, ферментированных этими культурами.

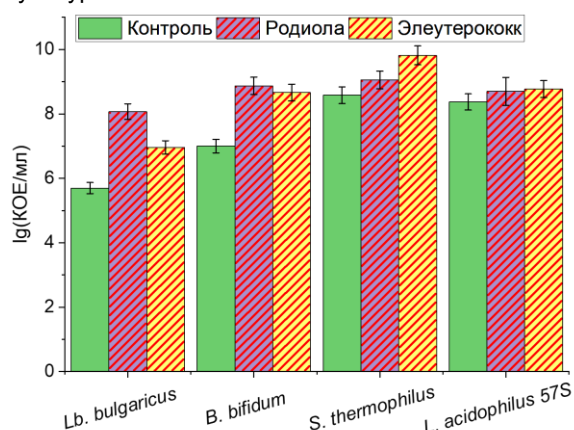


Рисунок 3 – Влияние внесения сухих экстрактов на жизнеспособность микроорганизмов в ферментированной бобово-злаковой суспензии

Figure 3 – The effect of dry extract addition on the viability of microorganisms in the fermented legume-cereal suspension

Учитывая выраженную антиоксидантную активность экстрактов родиолы и элеутерококка, их введение в состав ферментированной бобово-злаковой суспензии способствует значительному увеличению суммарного содержания антиоксидантных соединений. Влияние сухих экстрактов родиолы и элеутерококка на антиоксидантную активность после ферментации представлено на рисунке 4.

Результаты исследования показывают, что в контрольных образцах, без добавления экстрактов, уровень антиоксидантной активности существенно ниже по сравнению с образцами, содержащими экстракты родиолы и элеутерококка. При этом максимальные показатели антиоксидантной активности выявлены при внесении экстракта родиолы, который демонстрирует практически полное ингибирование свободных радикалов во всех исследуемых образцах, от 80,11 % до 87,89 % в зависимости от культуры микроорганизмов. Экстракт элеутерококка также оказывает выраженное стимулирующее влияние на антиоксидантную активность, однако его эффект несколько ниже, чем у родиолы, от 78,93 % до 84,38 %.

Таким образом, введение сухих экстрактов родиолы и элеутерококка в бобово-злаковую суспензию и последующая ферментация приводит к значительному усилению антиоксидантной активности, что указывает на возможность их использования для повышения функциональной и биологической ценности ферментированных пищевых продуктов функциональной направленности.

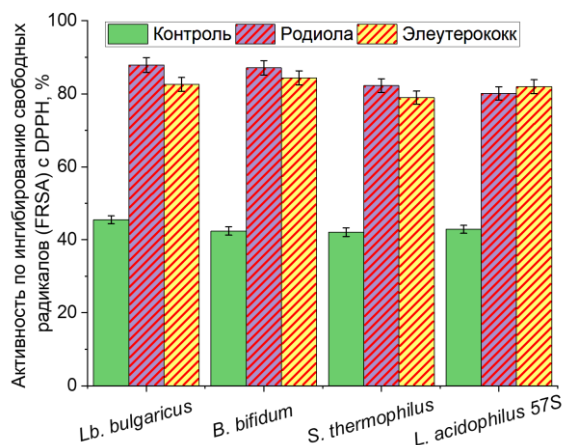


Рисунок 4 – Влияние внесения сухих экстрактов на антиоксидантную активность в ферментированной бобово-злаковой суспензии

Figure 4 – The effect of dry extract addition on the antioxidant activity in the fermented legume-cereal suspension

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты показывают, что добавление сухих экстрактов родиолы и элеутерококка оказывает значительное положительное влияние на процесс ферментации бобово-злаковой суспензии из сои, пшеницы, тыквенных семян и гороха и на показатели антиоксидантной активности полученного ферментированного продукта. Добавление сухих экстрактов корней элеутерококка и родиолы удлиняет процесс ферментации суспензии на 2–4 часа в зависимости от используемой культуры микроорганизмов. Однако, несмотря на удлинение процесса ферментации, обогащение суспензии экстрактами родиолы и элеутерококка оказало положительное влияние на жизнеспособность микроорганизмов, а также привело к значительному увеличению антиоксидантной активности ферментированного продукта за счет содержания в них различных биологически активных веществ, в том числе обладающих антиоксидантными свойствами.

Создание ферментированных растительных продуктов, обогащенных экстрактами с БАВ и с высокой антиоксидантной активностью, предназначенные для различных групп населения, позволит расширить ассортимент растительных продуктов питания с потенциальными функциональными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панасейкина В.С., Беляева Е.А. Тенденции спроса на экологические товары и ответственное потребление в России // Московский экономический журнал. 2021. № 8. С. 346–355.
2. McClements, D.J. & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4). DOI: 10.1111/1541-4337.12771.
3. Федорова Г.А., Хохлова О.М., Фролов С.А. Экспертиза сырья лекарственного как универсальный

способ разрешения арбитражных споров, на примере исследования родиолы розовой // Вопросы российского и международного права. 2022. Т. 12, № 4А. С. 106–115. DOI: 10.34670/AR.2022.57.29.010.

4. Лекомцева Е.В., Жукова И.А., Тартаковский И.А. Эффективность и безопасность лечения экстрактом родиолы розовой WS 1375 пациентов с синдромом хронической усталости // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12. № 5. С. 73–75. DOI: 10.20538/1682-0363-2013-5-73-75.

5. Белозерова Л.И., Хадарцев А.А., Платонов В.В. Сравнительная характеристика химического состава женьшеня, элеутерококка и родиолы розовой // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. № 4. С. 11–24.

6. Комарова А.А., Степанова Т.В. Элеутерококк колючий – популярный адаптоген дальнего востока: история изучения, исследование биологической и фармакотерапевтической активности // Дальневосточный медицинский журнал. Фармакология и фармация. 2018. № 2. С. 65–71.

7. Kurkin V.A. & Ryazanova T.K. (2022). Methodological Approaches to Standardization of Rhizomes and Roots of *Eleutherococcus senticosus*. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 56(3), 366–373. DOI: 10.1007/s11094-022-02653-8.

8. Jin L., Schmiech M., El Gaafary M., Zhang X., Syrovets T. & Simmet T. (2020). A comparative study on root and bark extracts of *Eleutherococcus senticosus* and their effects on human macrophages. *Phytomedicine*, 68, 153181. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153181.

9. Shori A.B. (2016). Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. *Food Bioscience*, 13, 1–8. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.11.001.

10. Siddiqui S.A., Erol Z., Rugji J., Taşçı F., Hatice Ahu Kahraman Toppi V., Musa L., Giacomo Di Giacinto, Nur Alim Bahmid, Mehdizadeh M. & Castro-Muñoz R. (2023). An overview of fermentation in the food industry – looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1). DOI: 10.1186/s40643-023-00702-y.

11. Tangyu M., Muller J., Bolten C.J. & Wittmann C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23-24), 9263–9275. DOI: 10.1007/s00253-019-10175-9.

12. Трансформация технологических свойств и органолептических характеристик растительного сырья в получении ферментированных аналогов молочных продуктов / Н.А. Галочкина [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 92–99. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-92-99.

13. Barukčić I., Filipan K., LisakJakopović K., Božanić., Blažić, M. & Repajić M. (2022). The Potential of Olive Leaf Extract as a Functional Ingredient in Yoghurt Production: The Effects on Fermentation, Rheology, Sensory, and Antioxidant Properties of Cow Milk Yoghurt. *Foods*, 11(5), 701. DOI: 10.3390/foods11050701.

14. Asli M., Khorshidian N., Mortazavian A. & Hosseini H. (2017). A Review on the Impact of Herbal Extracts and Essential Oils on Viability of Probiotics in Fermented Milks. *Current Nutrition & Food Science*, 13(1), 6–15. DOI: 10.2174/1573401312666161017143415.

15. Ziarno M., Kozłowska M., Ścibisz I., Kowalczyk M., Pawelec S., Stochmal A. & Szleszyński B. (2021). The Effect of Selected Herbal Extracts on Lactic Acid Bacteria Activity. *Applied Sciences*, 11(9), 3898. DOI: 10.3390/app11093898.

16. TP TC 021/2011 Технический регламент Тамо-

женного союза "О безопасности пищевой продукции" (с изменениями на 14 июля 2021 года). Технический регламент Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 021/2011.

17. Перспективы применения пробиотических микроорганизмов при производстве ферментированных продуктов на гречневой основе / Р.Х. Гелазов [и др.] // Аграрная наука. 2024;(4):138–145. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145.

18. ГОСТ ISO 11136-2017. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по проведению гедонических испытаний потребителями в контролируемой зоне : введ. 2019-01-01. Москва : Изд-во стандартов, 2017, 43 с.

19. ALZahrani A.J. & Shori A.B. (2023). Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*, 176, 114531. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114531.

20. Shori A.B., Aljohani G.S., Al-zahrani A.J., Al-sulbi O.S. & Baba A.S. (2022). Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*, 153, 112482. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112482.

21. Брюхачев Е.Н. Антибактериальная активность биологически активных веществ *Rhodiolarosea* L. // Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о Земле: теоретические и прикладные аспекты: Материалы симпозиума XV (XLVII) Международной научно-практической конференции. Кемерово: 2020. С. 29–32. EDN JFLRON.

Информация об авторах

Д. А. Самсонова – аспирант факультета биотехнологий Университета ИТМО.

В. Д. Кийски – аспирант факультета биотехнологий Университета ИТМО.

М. С. Иванов – аспирант факультета биотехнологий Университета ИТМО.

Н. В. Яковченко – кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий Университета ИТМО.

REFERENCES

1. Panaseykina, V.S. & Belyaeva, E.A. (2021) Demand Trends for environmental products and responsible consumption in Russia. *Moscow Economic Journal*, (8), 346-355. (In Russ.).

2. McClements, D.J. & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4). DOI: 10.1111/1541-4337.12771.

3. Fedorova, G.A., Khokhlova, O.M. & Frolov, S.A. (2022). Expert examination of medicinal raw materials as a universal way of resolving arbitration disputes, on the example of the study of *Rhodiola rosea*. *Issues of Russian and international law*, 12 (4A), 106-115. (In Russ.). DOI: 10.34670/AR.2022.57.29.010.

4. Lekomtseva, E.V., Zhukova, I.A. & Tartakovsky, I.A. (2013). Efficiency and safety of treatment with *Rhodiola rosea* extract WS 1375 patients with chronic fatigue syndrome. *Bulletin of Siberian Medicine*, 12(5), 73-75. (In Russ.). DOI: 10.20538/1682-0363-2013-5-73-75.

5. Belozeroval, L.I., Khadartsev, A.A., Platonov, V.V. (2017). Comparative characterization of the chemical composition of ginseng, *Eleutherococcus* and *Rhodiola rosea*. *Bulletin of New Medical Technologies. Electronic edition*, (4), 11–24. (In Russ.).

6. Komarova, A.A. & Stepanova, T.V. (2018).

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ РОДИОЛЫ И ЭЛЕУТЕРОКОККА НА ФЕРМЕНТАЦИЮ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Eleutherococcussenticosus - a popular adaptogen of the far east: history, study of biological and pharmacotherapeutic activity. *Far Eastern Medical Journal. Pharmacology and pharmacy*, (2), 65-71. (In Russ.).

7. Kurkin, V.A. & Ryazanova, T.K. (2022). Methodological Approaches to Standardization of Rhizomes and Roots of Eleutherococcus senticosus. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 56(3), 366-373. DOI: 10.1007/s11094-022-02653-8.

8. Jin, L., Schmiech, M., El Gaafary, M., Zhang, X., Syrovets, T. & Simmet, T. (2020). A comparative study on root and bark extracts of Eleutherococcus senticosus and their effects on human macrophages. *Phytomedicine*, 68, 153181. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153181.

9. Shori, A.B. (2016). Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. *Food Bioscience*, 13, 1-8. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.11.001.

10. Siddiqui, S.A., Erol, Z., Rugji, J., Taşçı, F., Hatice Ahu Kahraman, Toppi, V., Musa, L., Giacomo Di Giacinto, Nur Alim Bahmid, Mehdizadeh, M. & Castro-Muñoz, R. (2023). An overview of fermentation in the food industry - looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1). DOI: 10.1186/s40643-023-00702-y.

11. Tanguy, M., Muller, J., Bolten, C.J. & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23-24), 9263-9275. DOI: 10.1007/s00253-019-10175-9.

12. Galochkina, N.A., Glinkina, I.M., Agutova, S.I., Glotova, I.A., Ukhina, E.YU., Tolkacheva, A.A. (2023). Transformation of Technological Properties and Organoleptic Characteristics of Plant Raw Materials in the Production of Fermented Dairy Alternatives. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex - Healthy Nutrition Products*, (4), 92-99. (In Russ.). DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-92-99.

13. Barukčić, I., Filipan, K., Lisak Jakopović, K., Božanić, R., Blažić, M. & Repajić, M. (2022). The Potential of Olive Leaf Extract as a Functional Ingredient in Yoghurt Production: The Effects on Fermentation, Rheology, Sensory, and Antioxidant Properties of Cow Milk Yoghurt. *Foods*, 11(5), 701. DOI: 10.3390/foods11050701.

14. Asli, M., Khorshidian, N., Mortazavian, A. & Hosseini, H. (2017). A Review on the Impact of Herbal Extracts and Essential Oils on Viability of Probiotics in Fermented Milks. *Current Nutrition & Food Science*, 13(1), 6-15. DOI: 10.2174/1573401312666161017143415.

15. Ziarno, M., Kozłowska, M., Ścibisz, I., Kowalczyk, M., Pawelec, S., Stochmal, A. & Szleszyński, B. (2021). The Effect of Selected Herbal Extracts on Lactic Acid Bacteria Activity. *Applied Sciences*, 11(9), 3898. DOI: 10.3390/app11093898.

16. TR CU 021/2011 Technical Regulations of the Customs Union «On the Safety of Food Products» (as amended on July 14, 2021) Technical Regulations of the Customs Union of 09.12.2011 N021/2011.

17. Gelazov, R.Kh., Iakovchenko N.V., Bayazitov, K.R. & Shiriaev, V.A. (2024). Prospects for the use of probiotic microorganisms in the production of fermented buckwheat-based products. *Agrarian science*, (4):138-145. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145.

18. Organoleptic analysis. Methodology. General guidelines for hedonic testing by consumers in a controlled area. (2017). HOST ISO 11136-2017 from 1 Jan. 2019. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

19. AL Zahrani, A.J. & Shori, A.B. (2023). Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic Lactobacillus spp. *LWT*, 176, 114531. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114531.

20. Shori, A.B., Aljohani, G.S., Al-zahrani, A.J., Al-sulbi, O.S. & Baba, A.S. (2022). Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic Lactobacillus spp. *LWT*, 153, 112482. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112482.

21. Bryukhachev, E.N. Antibacterial activity of biologically active substances Rhodiola rosea L. *Interdisciplinary approaches in biology, medicine and Earth sciences: theoretical and applied aspects: Proceedings of the symposium XV (XLVII) International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo: 2020. (In Russ.).

Information about the authors

D.A. Samsonova - Postgraduate student of the Faculty of Biotechnologies of the ITMO University.

V.D. Kiiski - Postgraduate student of the Faculty of Biotechnologies of the ITMO University.

M.S. Ivanov - Postgraduate student of the Faculty of Biotechnologies of the ITMO University.

N.V. Iakovchenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Faculty of Biotechnology of the ITMO University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30 октября 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 30 Oct 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.