

УДК: 616.155.075:577.18

DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0014

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСОРЦИУМА ШТАММОВ
АЦИДОФИЛЬНОЙ ПАЛОЧКИ**

© Авторы 2022

SPIN: 5194-7508

AuthorID: 1137837

ORCID: 0000-0003-3988-8521

ФРОЛОВА Анна Сергеевна, магистрант кафедры бионанотехнологии*Кемеровский государственный университет*

(650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6, e-mails: flyflyflyflyfly.af@mail.ru)

SPIN: 4510-4135

AuthorID: 1137817

ORCID: 0000-0002-3044-3529

СЕРАЗЕТДИНОВА Юлия Ренатовна, магистрант кафедры бионанотехнологии*Кемеровский государственный университет*

(650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6, e-mails: serazetdinova2000@mail.ru)

SPIN: 8227-2844

AuthorID: 542534

ORCID: 0000-0002-3536-562X

ResearcherID AAF-8938-2021

ScopusID 57041280000

МИЛЕНТЬЕВА Ирина Сергеевна, доктор технических наук, доцент кафедры бионанотехнологии*Кемеровский государственный университет*

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mails: irazumnikova@mail.ru)

ORCID: 0000-0002-0309-5709

ResearcherID: L-2502-2016

ScopusID: 36028520300

НЕВЕРОВА Ольга Александровна, доктор биологических наук, профессор,

заведующий кафедрой экологии и природопользования

Кемеровский государственный университет

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mails: nev11@yandex.ru)

Аннотация. Пробиотики – живые микроорганизмы, способные приносить пользу для здоровья благодаря своему воздействию на желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) при введении в адекватном количестве. В современном мире наиболее острой становится проблема дисбактериоза. Практически любые изменения микробиома кишечника сопутствуют патологическим состояниям. С одной стороны это создает необходимость лечения основного заболевания, а с другой – необходимость восстановления естественной микробиоты человека. Для восстановления естественной микрофлоры могут применяться молочнокислые бактерии (МКБ), за счет способности подавлять рост и развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Пробиотики, выделенные из ЖКТ (к таким относятся и некоторые штаммы *Lactobacillus acidophilus*), более устойчивы к экстремальным условиям среды и способны прикрепляться к клеточной стенке кишечника человека. В работе изучены устойчивость консорциума микроорганизмов рода *Lactobacillus acidophilus* к условно-патогенным микроорганизмам и экстремальным условиям ЖКТ. Установлено, что штаммы ацидофильной палочки устойчивы к следующим условно-патогенным микроорганизмам: *Candida lipolit*, *Aspergillus niger*, *Staphylococcus albus* и *Escherichia coli*. В данной работе консорциум ацидофильных палочек устойчив к 0,4% фенола. Также консорциум способен развиваться в присутствии значительной концентрации желчи (40%) и 2% хлорида натрия.

Ключевые слова: пробиотик, ацидофильная палочка, условно-патогенные микроорганизмы, ЖКТ, фенол, желчь, хлорид натрия.

**STUDYING THE PROBIOTIC PROPERTIES OF A CONSORTIUM STANDS
OF LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS**

© The Author(s) 2022

FROLOVA Anna Sergeevna, master's student of the Department of Bionanotechnology*Kemerovo State University*

(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya 6, e-mails: flyflyflyflyfly.af@mail.ru)

SERAZETDINOVA Yulia Renatovna, master's student of the Department of Bionanotechnology*Kemerovo State University*

(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya 6, e-mails: serazetdinova2000@mail.ru)

MILENTYEVA Irina Sergeevna, doctor of technical sciences,

associate professor of the Department of Bionanotechnology
Kemerovo State University
(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya 6, e-mails: irazumnikova@mail.ru)
NEVEROVA Olga Alexandrovna, doctor of biological sciences, professor,
head Department of Ecology and Nature Management
Kemerovo State University
(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya 6, e-mails: nev11@yandex.ru)

Abstract. Probiotics are live microorganisms that can confer health benefits through their effects on the gastrointestinal tract when administered in adequate amounts. In the modern world, the most acute problem is dysbacteriosis. Virtually any changes in the gut microbiome are associated with pathological conditions. On the one hand, this creates the need to treat the underlying disease, and on the other, the need to restore the natural human microbiota. To restore the natural microflora, lactic acid bacteria (LAB) can be used, due to the ability to suppress the growth and development of pathogenic and opportunistic microorganisms. Probiotics isolated from the gastrointestinal tract (including some strains of *Lactobacillus acidophilus*) are more resistant to extreme environmental conditions and are able to attach to the cell wall of the human intestine. The paper studied the resistance of a consortium of microorganisms of the genus *Lactobacillus acidophilus* to opportunistic pathogens and extreme conditions of the gastrointestinal tract. It has been established that acidophilus bacillus strains are resistant to the following conditionally pathogenic microorganisms: *Candida lipolit*, *Aspergillus niger*, *Staphylococcus albus* and *Escherichia coli*. In this work, a consortium of acidophilus rods is resistant to 0,4% phenol. Also, the consortium is able to develop in the presence of a significant concentration of bile (40%) and 2% NaCl.

Keywords: probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, opportunistic pathogens microorganisms, gastrointestinal tract, phenol, bile, NaCl.

Для цитирования: Фролова А.С. Изучение пробиотических свойств консорциума штаммов ацидофильной палочки / А.С. Фролова, Ю.Р. Серазетдинова, И.С. Милентьева, О.А. Неверова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11. – № 3(59). – С. 97-102. – DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0014.

Введение. Пробиотики – живые микроорганизмы, способные приносить пользу для здоровья благодаря своему воздействию на желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) при введении в адекватном количестве (10^7 КОЕ/мл или 10^7 КОЕ/г) [1, 2]. Многие пробиотики, применяемые в пищевой промышленности, являются молочнокислыми бактериями (МКБ), которые представляют собой группу бактерий из родов: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* и *Leuconostoc* [3]. Эффективность применения данных микроорганизмов обусловлена укреплением иммунной системы [4] и модуляцией микробиоты кишечника [5].

В современном мире наиболее острой становится проблема дисбактериоза [6]. Ее решение становится актуальным не только для всех отраслей мировой медицины, но и для пищевой промышленности. Неправильный образ жизни, плохое питание, прием антибиотических препаратов, присутствие условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в продуктах питания приводит к пищевым заболеваниям, таким как дисбактериоз, дизентерия, ботулизм [7]. В связи с этим растет количество работ, посвященных изучению микробиома кишечника, как у здоровых, так и у больных людей [8]. Доказано, что практически любые изменения микробиома кишечника сопутствуют патологическим состояниям. С одной стороны это создает необходимость лечения основного заболевания, а с другой – необходимость восстановления естественной микробиоты человека [9].

Для восстановления естественной микрофлоры могут применяться МКБ, характерной чертой кото-

рых является выработка антимикробных веществ и их конкуренция с патогенными микроорганизмами за основные питательные вещества, делая их менее доступными для патогенов, что препятствует их распространению в ЖКТ [10, 11]. Противомикробными веществами выступают бактериоцины, органические кислоты (такие как молочная кислота), углекислый газ, диацетил [12, 13].

Микроорганизмы родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* используются в 90% пробиотических продуктах и являются популярными среди покупателей, заботящихся о своем здоровье [1]. Для их получения применяют самые разнообразные субстраты, например, в качестве сырья используют овощи, мясо и, главным образом, молочные продукты [14]. За прошедшие десять лет научное понимание о лактобациллах (их функции и метаболизм) существенно расширилось. Это позволило увеличить возможности применения заквасок и заквасочных культур (в том числе пробиотиков) в молочной промышленности [15].

На данный момент особый интерес вызывает *Lactobacillus acidophilus*, так как является представителем нормальной микрофлоры ЖКТ и оказывает оздоровительное воздействие на человека. [16]. Пробиотики, выделенные из ЖКТ (к таким относятся и некоторые штаммы *L. acidophilus*), более устойчивы к экстремальным условиям среды и способны прикрепляться к клеточной стенке кишечника человека. При этом изоляты из ЖКТ чаще подвержены проявлению устойчивости к противомикробным препаратам, что делает их перспективным агентом в восстановлении микрофлоры пациентов с дисбактериозом [17, 18, 19].

Основной характеристикой ацидофильной палочки является ее устойчивость к гнилостной, условно-патогенной и патогенной микрофлоре. В процессе ее жизнедеятельности вырабатываются ацидофилин и лактацин, которые относятся к бактериоцинам. Именно благодаря данным веществам ацидофильную палочку причисляют к ценным пробиотикам [20].

Целью данного исследования является изучение устойчивости консорциума микроорганизмов рода *Lactobacillus acidophilus* к условно-патогенным микроорганизмам и экстремальным условиям ЖКТ.

Методология. В данной работе исследовали следующие штаммы микроорганизмов:

1) бактериальная закваска ацидофильная палочка невязкая (Па) БЗ-АНВ («Барнаульская биофабрика», ТУ 9229-369-00419785-04);

2) бактериальная закваска ацидофильная палочка вязкая (Па) БЗ-АВ («Барнаульская биофабрика», ТУ 9229-369-00419785-04).

Для проведения исследований необходимо провести активацию штаммов микроорганизмов. В 5 мл стерильного обезжиренного молока вносили сухой штамм *Lactobacillus acidophilus*. Смесь перемешивали, а затем вносили ее в 100 мл стерилизованного молока для лучшего распределения заквасочной культуры. Сбраживание вели в термостате ТСО-1/80 СПУ (Россия, «Смоленское СКТБ СПУ») при оптимальной температуре для ацидофильной палочки 38°C до образования сгустка. На основе активированных культур готовили консорциум микроорганизмов при смешивании невязкой и вязкой ацидофильной палочки в стерильном молоке в соотношении 1:1.

Антимикробную активность определяли методом диффузии в лунки агар. Штаммы ацидофильной палочки выращивали в бульоне MRS (Oxide, Великобритания) и инкубировали в термостате при 38°C в течение 24 часов. Бактериальную культуру центрифуги-

ровали при 2500 об/мин в течение 10 мин для получения бесклеточной надосадочной жидкости. Культуру патогенов распределяли по поверхности среды МПА, стерильным наконечником пипетки объемом 1000 мкл прокалывали среду. На дно лунок наливали по 25-30 мкл бесклеточного супернатанта. Инкубировали при 38°C в течение 24 часов [21].

Изучение устойчивости к фенолу: к 10 мл стерильного обезжиренного молока добавили 0,5 мл 8%-го раствора фенола. Пробирки с молоком тщательно перемешали и засеяли исследуемым штаммом *Lactobacillus acidophilus* в количестве одной капли. Термостатировали в течение 48 часов при оптимальной температуре культивирования 38°C.

Определение устойчивости к желчи вели по следующей методике: в гидролизованное молоко внесли желчь с рН 6,8-7,0 в количестве 20% и 40%, при этом в питательную среду добавляли культуру ацидофильной палочки в количестве 1 петли на 10 мл среды. Культивирование вели при 38°C в течение 48 часов.

Определение устойчивости к поваренной соли: исследуемую культуру засевали в количестве 1 петли на 10 мл гидролизованного молока с рН 6,8-7,0 с содержанием хлорида натрия 2% и 4%. Посевы выдерживали в термостате при температуре 38°C в течение 48 часов.

Устойчивость к щелочной реакции среды: в МПБ с 2% дрожжевого автолизата с рН 8,3 засевали исследуемую культуру в количестве 1 петли на 10 мл. Посевы выдерживали в термостате при 38°C в течение 48 часов.

Результаты. В данной работе была исследована резистентность штаммов *Lactobacillus acidophilus* и их консорциума к следующим условно-патогенным микроорганизмам: *Candida lipolit*, *Aspergillus niger*, *Staphylococcus albus* и *Escherichia coli*. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Устойчивость *Lactobacillus acidophilus* и их консорциума к условно-патогенным микроорганизмам

| Наименование условно-патогенного микроорганизма | Диаметр зоны ингибирования, мм | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------|------------|
| | Невязкая ацидофильная палочка | Вязкая ацидофильная палочка | Консорциум |
| <i>Candida lipolit</i> | 13,0±0,7 | 12,9±0,7 | 15,8±0,9 |
| <i>Aspergillus niger</i> | 6,0±0,3 | 6,2±0,3 | 11,1±0,6 |
| <i>Staphylococcus albus</i> | 10,8±0,6 | 10,5±0,6 | 11,7±0,7 |
| <i>Escherichia coli</i> | 22,7±1,3 | 19,6±1,1 | 26,7±1,6 |

По представленным данным видно, что штаммы *Lactobacillus acidophilus* имеют высокую устойчивость к условно-патогенным микроорганизмам. Невязкая ацидофильная палочка в большей степени устойчива к *Escherichia coli* (диаметр зоны ингибирования 22,7±1,3) и *Candida lipolit* (диаметр зоны ингибирования 13,0±0,7). Вязкая ацидофильная палочка также проявила устойчивость в отношении *Escherichia coli* (диаметр зоны ингибирования 19,6±1,1) и *Candida lipolit* (диаметр зоны ингибирования 12,9±0,7). При создании консорциума можно отметить увеличение устойчивости к условно-патогенным микроорганизмам по отношению к невязкой и вязкой ацидофильным палочкам. Наибольшую устойчивость

консорциум проявил к *Escherichia coli* (диаметр зоны ингибирования 26,7±1,6) и *Candida lipolit* (диаметр зоны ингибирования 15,8±0,9). Устойчивость консорциума к *Aspergillus niger* увеличилась в 1,82 раза по сравнению со средним значением устойчивости невязкой и вязкой ацидофильной палочки к *Aspergillus niger*, диаметр зоны ингибирования 6,0±0,3 и 6,2±0,3, соответственно.

При определении устойчивости штаммов *L. acidophilus* и их консорциума к 0,4% фенолу получили следующие результаты:

– образование сгустка в молоке при исследовании вязкой ацидофильной палочки произошло через 24 часа, что указывает на высокую устойчивость

штамма к фенолу;

- свертывание молока при исследовании невязкой ацидофильной палочки произошло менее чем за 48 часов, штамм также является устойчивым к фенолу;
- образование сгустка в молоке при исследовании консорциума произошло через 24 часа, что указывает на его высокую устойчивость к фенолу.

При определении устойчивости штаммов ацидо-

фильной палочки и консорциума к желчи выявили, что после встряхивания пробирок, содержащих желчь с концентрацией 20% и 40%, проявляется мутность во всех образцах. Посевы контролировали по микроскопическому препарату. Так как все образцы показали мутность после проведенного опыта, контроль по микроскопическому препарату вели с наибольшей концентрацией желчи в среде, то есть 40%. Микроскопирование образцов показано на рисунке 1.

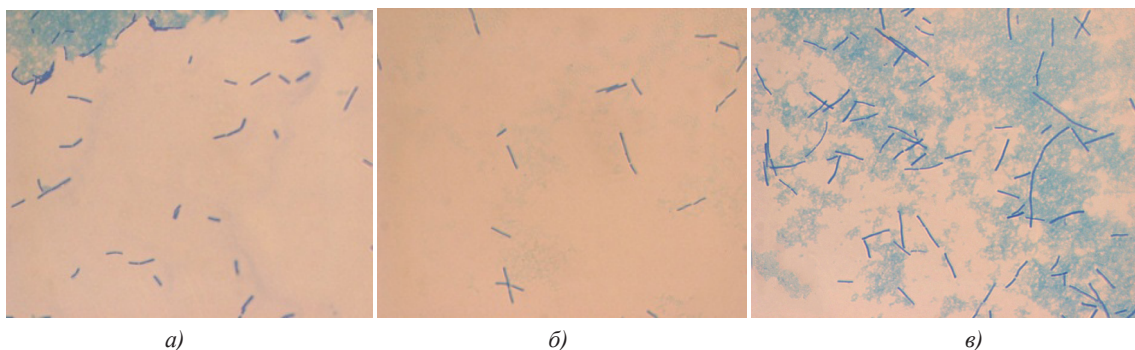


Рисунок 1 – Микроскопирование образцов (окрашивание метиленовым синим) со среды с 40% желчью:
а) невязкая ацидофильная палочка; б) вязкая ацидофильная палочка; в) консорциум

По данным микроскопирования видно, что в пробирках с 40% желчью во всех образцах обнаружены представители ацидофильной палочки. Для более точных результатов был проведен посев на чашки Петри для определения концентрации микроорганизмов в образцах. Результаты посева представлены в таблице 2 с учетом разбавления.

Таблица 2 – Концентрация микроорганизмов в среде с 40% желчью

| Ацидофильная палочка | Концентрация, КОЕ/г |
|----------------------|---------------------|
| Невязкая | $1,20 \times 10^4$ |
| Вязкая | $0,44 \times 10^4$ |
| Консорциум | $1,32 \times 10^4$ |

Как видно из таблицы 2 микроорганизмы в данной среде присутствуют. Их количество меньше, чем в исследуемых образцах ацидофильной палочки, для которой питательной средой являлось стерильное обезжиренное молоко (концентрация микроорганизмов в кисломолочных продуктах не менее 10^7 - 10^8 КОЕ/г). Но данного количества достаточно, для заключения, что при данной концентрации желчи в среде, подавле-

ние невязкой и вязкой ацидофильной палочки незначительно, что говорит об их устойчивости к желчи. При использовании консорциума концентрация микроорганизмов немного выше, чем в образцах с невязкой и вязкой ацидофильной палочкой. Это говорит об увеличении устойчивости к желчи при использовании консорциума.

При определении устойчивости невязкой и вязкой ацидофильных палочек и консорциума к поваренной соли получили следующие результаты: после встряхивания пробирок всех образцов можно отметить, что образцы с содержанием соли 2% проявили мутность среды, а в образцах с содержанием соли 4% мутности не обнаружено. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что 4% процентное содержания хлорида натрия в среде подавляет рост ацидофильной палочки. Посевы также выборочно контролировали по микроскопическому препарату. Для контроля были выбраны образцы, содержащие 2% соли в среде, так как при данном проценте в среде была проявлена мутность. Результаты микроскопирования показаны на рисунке 2.

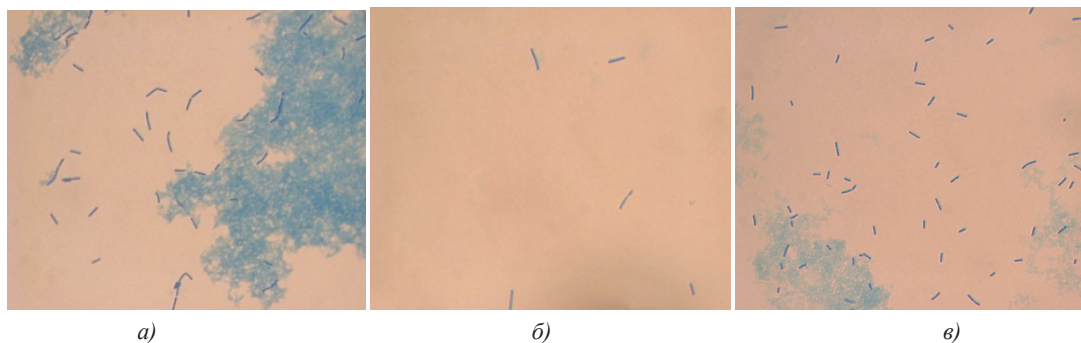


Рисунок 2 – Микроскопирование образцов (окрашивание метиленовым синим), выросших на среде с содержанием хлорида натрия 2%: а) невязкая ацидофильная палочка; б) вязкая ацидофильная палочка; в) консорциум

По данным микроскопирования видно, что в среде с 2% хлорида натрия во всех образцах присутствует ацидофильная палочка. Для более точных результатов был проведен посев на чашки Петри для определения концентрации микроорганизмов в образцах. Результат посева представлен в таблице 3 с учетом разбавления.

Таблица 3 – Концентрация микроорганизмов в среде с 2% соли

| Ацидофильная палочка | Концентрация, КОЕ/г |
|----------------------|---------------------|
| Невязкая | $0,61 \times 10^3$ |
| Вязкая | $0,39 \times 10^3$ |
| Консорциум | $0,74 \times 10^3$ |

Как видно из таблицы 3 микроорганизмы в данной среде присутствуют. Их количество меньше, чем в исследуемых образцах, для которых питательной средой являлось стерильное обезжиренное молоко (концентрация микроорганизмов в кисломолочных продуктах не менее 10^7 – 10^8 КОЕ/г). Но данного количества достаточно, для заключения, что при данной концентрации соли в среде, подавление роста микроорганизмов незначительно, что говорит об их устойчивости к содержанию в среде 2% соли. Также стоит отметить, что при использовании консорциума концентрация микроорганизмов немного выше, чем в образцах с невязкой и вязкой ацидофильными палочками. Это говорит об увеличении устойчивости к 2% хлорида натрия при использовании консорциума.

По данным проведенного опыта устойчивости ацидофильной палочки к щелочной реакции среды можно сказать следующее: после встряхивания пробирок со средой, мутность была незначительной. При микроскопировании не было обнаружено микроорганизмов. Для проверки данного утверждения был проведен дополнительный опыт в виде посева на чашки Петри глубинным методом. Образцы выдерживали в термостате при температуре 38°C в течение 48 часов. Роста на чашках не обнаружено. Из приведенных данных можно сделать вывод о неустойчивости ацидофильной палочки к щелочной среде с pH 8,3.

Обсуждение. Исследования показали, что консорциум невязкой и вязкой ацидофильной палочки устойчив к условно-патогенным микроорганизмам, а именно: *Candida lipolit*, *Aspergillus niger*, *Staphylococcus albus* и *Escherichia coli*. Полученные данные согласуются с данными других ученых. Так, например, Т. Khalil и др. [21] установили, что некоторые молочнокислые бактерии выделяют бактериоцины, способные подавлять рост и развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

В ходе исследования также определили, что штаммы БЗ–АНВ и БЗ–АВ *L. acidophilus* устойчивы к агрессивной среде ЖКТ, что делает их перспективными агентами для разработки функционального питания. Исследования биотехнологических свойств штаммов (способность к кислотообразованию, влагоудерживающие свойства), приведенные нами в других работах, также подтвердили рациональность применения ацидофильной палочки в функциональных продуктах

[22].

Выводы. По результатам проведенных исследований увеличилась устойчивость консорциума к условно-патогенным микроорганизмам по отношению к невязкой и вязкой ацидофильных палочек. Наибольшую устойчивость консорциум проявил к *Escherichia coli* (диаметр зоны ингибирования $26,7 \pm 1,6$) и *Candida lipolit* (диаметр зоны ингибирования $15,8 \pm 0,9$). Устойчивость консорциума к *Aspergillus niger* увеличилась в 1,82 раза по сравнению со средним значением устойчивости невязкой и вязкой ацидофильной палочки к данному патогену. Согласно литературным данным большинство штаммов ацидофильной палочки проявляет устойчивость к фенолу (0,3–0,4%), желчи (20%) и щелочной реакции среды (pH 8,3). При щелочной реакции с pH 8,3 роста и развития ацидофильных палочек не обнаружено. В данной работе консорциум ацидофильных палочек устойчив к 0,4% фенола. Также консорциум способен развиваться в присутствии значительной концентрации желчи (40%) и 2% хлорида натрия. Следовательно, данный консорциум из штаммов *L. acidophilus* устойчив к экстремальным условиям ЖКТ (фенол, желчь, NaCl).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Fazilah N.F., Ariff A.B., Khayat M.E., Rios-Solis L., Halim M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt // Journal of Functional Foods. – 2018. – Vol. 48. – P. 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.039>.
2. Da Costa G.M., de Paula M.M., Costa G.N., Esmerino E.A., Silva R., de Freitas M.Q., Barão C.E., Cruz A.G., Pimentel T.C. Preferred attribute elicitation methodology compared to conventional descriptive analysis: A study using probiotic yogurt sweetened with xylitol and added with prebiotic components // Journal of Sensory Studies. – 2020. – Vol. 35(1). – P. e12602. <https://doi.org/10.1111/joss.12602>.
3. Mathur H., Beresford TP, Cotter PD. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>.
4. Pourbaba H., Anvar A.A., Pourahmad R., Hamed A. Changes in acidity parameters and probiotic survival of the kefir using *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus paracasei* complementary probiotics during cold preservation // Iranian Journal of Veterinary Medicine. – 2022. – Vol. 16(1). – P. 89–98. <https://doi.org/10.22059/IJVM.2020.313626.1005141>.
5. Bengoa A.A. Iraporda C., Acurcio L.B., de Cicco S.S H., Costa K., Guimaraes G.M., Arantes R.M.E., Neumann E., Nunes A.C., Nicoli J.R. Physicochemical, immunomodulatory and safety aspects of milks fermented with *Lactobacillus paracasei* isolated from kefir // Food Research International. – 2019. – Vol. 123. – P. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.041>.
6. Булатов В.П., Камалова А.А., Удачина Э.И., Зинкевич О.Д., Сафина Н.А., Шакирова А.Р. Совершенные методы диагностики дисбактериоза кишечника // Практическая медицина. – 2010. – № 6(45). – С. 50–54.
7. Cristofori F., Dargenio V.N., Dargenio C., Miniello V.L., Barone M., Francavilla R. Anti-inflammatory and immunomodulatory effects of probiotics in gut inflammation: a door to the body // Front. Immunol. – 2021. – Vol. 12. – P. 578386. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.578386>.
8. Ардатская М.Д., Бельмер С.В., Добрица В.П., Захаренко С.М., Лазебник Л.Б., Мишушкин О.Н., Орешко Л.С., Ситкин С.И., Ткаченко Е.И., Суворов А.Н., Хавкин А.И. Шендеров Б.А. Дисбиоз (дисбактериоз) кишечника:

современное состояние проблемы, комплексная диагностика и лечебная коррекция // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2015. – № 5(117). – С. 13–50.

9. Харченко О.Ф. Проблема дисбактериоза у детей в современных условиях // Медицинские новости. – 2013. – № 6. – С. 50–56.

10. Hadinia N., Dovom M.R.E., Yavarmanesh M. The effect of fermentation conditions (temperature, salt concentration, and pH) with lactobacillus strains for producing Short Chain Fatty Acids // LWT. – 2022. – Vol. 165. – P. 113709. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113709>.

11. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E., Gancel F., Kempf I., Drider D. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production // Front Microbiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>.

12. Kaewchomphunuch T., Charoenpichitnunt T., Thongbaiyai V., Ngamwongsatit N., Kaeket K. Cell-free culture supernatants of Lactobacillus spp. and Pediococcus spp. inhibit growth of pathogenic Escherichia coli isolated from pigs in Thailand // BMC Vet Res. – 2022. – Vol. 18. – P. 60. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03140-8>.

13. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E., Gancel F., Kempf I., Drider D. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production // Front Microbiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>.

14. Feld L., Schjorring S., Hammer K., Licht T.R., Danielson M., Krogfelt K., Wilcks A. Selective pressure affects transfer and establishment of a Lactobacillus plantarum resistance plasmid in the gastrointestinal environment // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. – 2008. – Vol. 61(4). – P. 845–852. <https://doi.org/10.1093/jac/dkn033>.

15. Bernardeau M., Vernoux J.P., Henri-Dubernet S., Gueguen M. Safety assessment of dairy microorganisms: The Lactobacillus genus // International Journal of Food Microbiology. – 2008. – Vol. 126(3). – P. 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.015>.

16. Lu Q., Guo Y., Yang G., Cui L., Wu Z., Zeng X., Pan D., Cai Z. Structure and anti-inflammation potential of lipoteichoic acids isolated from Lactobacillus strains // Foods. – 2022. – Vol. 11(11). – P. 1610. <https://doi.org/10.3390/foods11111610>.

17. Zeise K.D., Woods R.J., Huffnagle G.B. Interplay between Candida albicans and lactic acid bacteria in the gastrointestinal tract: Impact on colonization resistance, microbial carriage, opportunistic infection, and host immunity // Clin. Microbiol. Rev. – 2021. – Vol. 34. – P. e0032320. <https://doi.org/10.1128/cmr.00323-20>.

18. Mohamadzadeh M., Pfeiler E.A., Brown J.B., Zadeh M., Gramarossa M., Managlia E., Bere P., Sarraj B., Khan M.W., Pakanati K.C., Ansari M.J., O'Flaherty S., Barrett T., Klaenhammer T.R. Regulation of induced colonic inflammation by Lactobacillus acidophilus deficient in lipoteichoic acid // Proc. Natl. Acad. Sci. – 2011. – Vol. 108. – P. 4623–4630. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005066107>.

19. Danielsen M., Wind A. Susceptibility of Lactobacillus spp. to antimicrobial agents // International Journal of Food Microbiology. – 2003. – Vol. 82(1). – P. 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00254-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00254-4).

20. Красникова Л.В. Микробиология молока и молочных продуктов. Лабораторный практикум / Л.В. Красникова, П.И. Гунькова, В.В. Маркелова. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 85 с.

21. Khalil T., Okla M.K., Al-Qahtani W.H., Zahra M., Shakeela Q., Ahmed S., Akhtar N., AbdElgawad H., Asif R., Hameed Y., Adetunji C.O., Farid A., Ghazanfar S. Tracing probiotic producing bacterial species from gut of buffalo (Bubalus bubalis), South-East-Asia // Braz. J. Biol. – 2024. – Vol. 84. – P. e259094. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.259094>.

22. Фролова А.С., Козлова О.В. Исследование симбио-

тического молочного продукта на основе штаммов Lactobacillus acidophilus // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность. – 2021. – С. 275–278.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» на базе ФГБОУ ВО «КемГУ».

Статья поступила в редакцию 16.08.2022

Статья принята к публикации 16.09.2022