

БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 637.146.3

Поступила в редакцию 20 сентября 2024 года

*Н.С. Романович, Е.Н. Бирюк, к.с.-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., Т.А. Савельева, к.в.н.
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУЛЬТУР *LACTOBACILLUS SAKEI*, *LACTOBACILLUS CURVATUS*, *LACTOBACILLUS REUTERI* ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МЯСНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*N. Ramanovich, A. Biruk, N. Zhabanos, T. Savelyeva
Institute for meat and dairy industry, Minsk, Republic of Belarus*

PROSPECTS FOR THE USE OF *LACTOBACILLUS SAKEI*, *LACTOBACILLUS* *CURVATUS*, *LACTOBACILLUS REUTERI* CULTURES IN THE PRODUCTION OF FERMENTED MEAT AND DAIRY PRODUCTS

e-mail: romanovich28@tut.by, biohimbel@rambler.ru, nzhabanos@tut.by, t.savelyeva@tut.by

На основании анализа отечественных и зарубежных научных публикаций проведена оценка технологически-значимых характеристик культур *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* для их использования при производстве ферментированных продуктов. Установлено, что данные виды лактобацилл проявляют антагонизм к технически-вредной микрофлоре, а также могут оказывать положительное влияние на органолептические и структурно-механические свойства ферментированных мясных и молочных продуктов.

Based on the analysis of domestic and foreign scientific publications, the assessment of technologically significant characteristics of *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* crops for their use in the production of fermented products was carried out. It has been established that these types of lactobacilli exhibit antagonism to technically harmful microflora, and can also make a positive effect on the organoleptic and structural-mechanical properties of fermented meat and dairy products.

Ключевые слова:

Lactobacillus sakei; *Lactobacillus curvatus*; *Lactobacillus reuteri*; мясные продукты; кисломолочные продукты; производственно-ценные свойства.

Key words:

Lactobacillus sakei; *Lactobacillus curvatus*; *Lactobacillus reuteri*; meat products; fermented dairy products; industrial-valuable properties.

Введение. Совершенствование ассортимента и повышение качества продукции, создание продуктов, отличающихся повышенным спросом и отвечающих требованиям сбалансированного питания – задачи пищевой промышленности. Молочнокислые бактерии играют важную роль при производстве широкого спектра продуктов, определяя и формируя их свойства. Кроме того, различные виды лактобацилл обладают выраженным антимикробным эффектом за счет образования молочной кислоты с сопутствующим понижением pH, а также продуцируют спектр биологически активных веществ и бактериоцинов.

В настоящее время защитные культуры используются не только для кисломолочных, но и для мясных, рыбных продуктов, а также для зеленых и приготовленных салатов.

Роль бактериальных препаратов в производстве ферментированных мясных продуктов заключается не только в снижении риска развития нежелательной

микрофлоры в процессе созревания и хранения, но и в направленности процесса ферментации с целью получения желаемой консистенции, вкуса и цвета готового продукта. Введение стартовых культур в технологии производства мясных продуктов существенно влияет на снижение величины рН, что обеспечивает подавление гнилостной микрофлоры и ускорение процесса созревания [1]. Среди молочнокислых бактерий, используемых при производстве мясных продуктов, наиболее изученным видом является *Lactobacillus sakei*, что связано с его ролью в ферментации колбасных изделий и его преобладанием при хранении сырых мясных продуктов в холодильнике [2, 3]. Штаммы *Lactobacillus sakei* и особенно *Lactobacillus curvatus* показали высокую противомикробную активность *in vitro* против широкого спектра гнилостных и болезнетворных бактерий [4, 5].

Бактерии *Lactobacillus reuteri* обладают антибактериальной активностью за счет продукции реутерина и реутероциклина, которые относят к группе антибиотикоподобных веществ [6]. Именно с продукцией реутерина связывают защитную функцию *Lactobacillus reuteri* при многочисленных заболеваниях. Помимо этого, *Lactobacillus reuteri* является весьма перспективным промышленным видом, так как многие штаммы этого вида способны, при выращивании на соответствующих средах, к продукции значительных количеств различных экзополисахаридов [7].

В Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» поддерживаются 2 культуры *Lactobacillus sakei*: 2800 ML-O и 2801 ML-O (выделены из пресноводной рыбы), 2 культуры *Lactobacillus curvatus*: штамм 2789 ML-O (выделен из листа яблони), штамм 2802 ML-O (выделен из пресноводной рыбы) и 2 культуры *Lactobacillus reuteri*: штамм 2787 TL-O (выделен из перги), штамм 2899 TL-O (выделен из кишечника курицы), которые идентифицированы с использованием молекулярно-генетических методов.

Штаммы 2800 ML-O, 2801 ML-O и 2802 ML-O выделены при выполнении задания 3.26 «Изучение возможности использования нетрадиционных источников (рыбы, морепродуктов и др.) для выделения промышленно-ценных микроорганизмов» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», подпрограмма «Продовольственная безопасность» (2016–2020 годы). Штамм 2789 ML-O выделен в рамках исследований по поддержанию Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов. Штамм 2787 TL-O выделен при выполнении задания 3.53 «Подбор видоспецифичных праймеров и оптимизация ПЦР-диагностики гетероферментативных бактерий рода *Lactobacillus*, используемых для силосования кормов» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», подпрограмма «Продовольственная безопасность» (2016–2020 годы). Штамм 2899 TL-O выделен в рамках выполнения НИР 2 «Разработка способа дифференциации бактерий *Lactobacillus helveticus* и *Lactobacillus acidophilus* с использованием метода мультилокусного секвенирования» задания 5.1. «Разработка эффективных биотехнологических приемов, обеспечивающих получение высокопродуктивных заквасочных микроорганизмов и их консорциумов для пищевых продуктов» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограмма «Продовольственная безопасность» (2021–2025 годы).

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 6 штаммов лактобацилл из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов. Методология исследований заключалась в изучении и систематизации фундаментальных научных знаний в области выделения, селекции, исследований биохимических и производственно-ценных свойств штаммов *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* а также современных

тенденций развития пищевой промышленности. При проведении исследований применены методы информационный и патентный, а также системного и сравнительного анализа.

Результаты и их обсуждение. К основным возбудителям порчи продуктов животного происхождения относят гниlostные (протеолитические) бактерии. Эти бактерии вызывают порчу мяса, колбасных изделий, молока и молочных продуктов, рыбы и рыбных продуктов, яиц и яйцепродуктов. При расщеплении аминокислот образуются органические кислоты, альдегиды, кетоны, амины, аммиак, сероводород, диоксид углерода, индол, скатол, меркаптан и другие вещества. Некоторые из них придают продуктам неприятный вкус и запах, а многие из них весьма ядовиты. Гниlostные бактерии по морфологическим и биохимическим признакам делят на четыре группы: спорообразующие аэробы (*Bacillus subtilis* (сенная палочка); *B. licheniformis* (картофельная палочка), *B. megatherium* (капустная палочка), *B. mycoides* (грибовидная палочка), *B. cereus*), спорообразующие анаэробы (*Clostridium putrificum*, *C. sporogenes*, *C. perfringens*); неспорообразующие факультативные анаэробы (род *Proteus*, род *Echerichia*); неспорообразующие аэробы (*Pseudomonas fluorescens* (флюоресцирующая палочка), *Ps. aeruginosa* (синегнойная палочка), *Serratia marcescens* (чудесная палочка)). Гниlostные бактерии очень широко распространены в природе. Они встречаются в почве, воде, воздухе, кишечнике человека и животных, в пищевых продуктах [10].

Также на мясе и мясопродуктах чаще других встречаются маслянокислые бактерии *Clostridium pasteurianum* и *Clostridium butyricum*. Особенности развития этих микроорганизмов являются бурное газообразование и неприятный запах масляной кислоты. Маслянокислые бактерии вызывают порчу различных мясных и молочных продуктов при их длительном хранении. При размножении бактерий в консервах возникает порок «бомбаж» [8].

Дрожжи обычно составляют незначительную часть микробиоты мясных и птицепродуктов и, как правило, редко приводят к их порче. Это связано с тем, что дрожжи характеризуются низкой скоростью размножения, поэтому их жизнедеятельность быстро подавляется психротрофными бактериями. Дрожжи могут вызвать порчу лишь в том случае, если размножение бактерий будет подавлено действием таких факторов, как низкая активность воды, низкое значение pH, высокое содержание соли, присутствие химических консервантов или антибиотиков. Многие виды дрожжей более устойчивы к этим факторам, при этом среди них встречаются и виды, способные размножаться при пониженных температурах. Дрожжевая порча проявляется в выделении слизи на поверхности мяса, образовании постороннего запаха и появлении пигментных пятен вследствие образования колоний (розовых, красных, черных). Наиболее часто в мясе и птице встречаются дрожжи видов *Candida famata*, *Kluveromyces marxianus*. При низких температурах минус (3–5°C) могут размножаться и так называемые «черные дрожжи» – *Monilia nigra* [8].

Развитие плесеней на пищевых продуктах зависит от четырех важнейших факторов: наличия доступных питательных веществ, температуры, значений активной кислотности (pH) и активности воды (aw). При температуре хранения мяса минус 5°C колонии *Cladosporium herbarum* появляются на 10–19-й день. Этот гриб может расти в глубинных слоях сливочного масла при наличии пустот в монолите, на поверхности сыра образует колонии в виде темных пятен. Обладая высокой протеолитической активностью, *Cladosporium herbarum* не только портит внешний вид продукта, но и вызывает в нем расщепление белка. Плесень вида *Mucor racemosus* может расти на поверхности продуктов при минимальной температуре минус 4°C. Гриб *Sporotrichum caris* относится к классу высших несовершенных грибов дейтеромицетов. Минимальная температура роста этого гриба минус 8°C. Пищевые продукты, на которых размножились плесени, имеют непривлекательный вид,

затхлый вкус и запах, поэтому заплесневелые продукты бракуют, что приводит к значительным экономическим потерям [8].

Состав микрофлоры бактериальных препаратов для мясных продуктов на сегодняшний день является очень разнообразным. В мясной промышленности в качестве стартовых культур обычно используют смесь молочнокислых бактерий, стафилококков, микрококков, педиококков (*Lactobacillus spp.*, *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus carnosus*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*), грибов, дрожжей (*Candida famata*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium nalgiovense spp.*, *Penicillium camembertii*, *Debaryomyces hansenii*). Положительно влияют на мясное сырье молочнокислые бактерии, которые быстро размножаются при посоле сыровяленых изделий и в результате накопления большого количества кислот значительно снижают pH среды.

Среди молочнокислых бактерий для использования в мясных продуктах наиболее изученным видом является *Lactobacillus sakei*, что связано с его ролью в ферментации колбасных изделий и его преобладанием при хранении сырых мясных продуктов в холодильнике. Этот вид демонстрирует широкое геномное разнообразие, которое можно наблюдать при изучении различных штаммов и от которого, вероятно, зависят его различные функции в мясных продуктах – стартовая или защитная. Бактерии вида *Lactobacillus sakei* обладают свойствами, обеспечивающими их высокую приспособленность к мясным средам, особенно к ферментированным. В сочетании с коагулазоотрицательными стафилококками они уже много лет используются в качестве коммерческих заквасок для производства колбас в разных странах мира и особенно в Западной Европе [2, 3, 9]. Следует отметить, что микроорганизмы *Lactobacillus sakei* также используются в ферментированных мясных продуктах в Азии [10], а также идентифицированы в мясе спонтанной ферментации в Андском регионе Южной Америки [11]. Помимо роли данных микроорганизмов в ферментации пищевых продуктов, штаммы *Lactobacillus sakei*, выделенные из ферментированных продуктов, также были изучены как потенциальные пробиотики. Minyu S. et al., 2015, доказана устойчивость штаммов *Lactobacillus sakei* к условиям желудочно-кишечного тракта (устойчивость к 0,3% желчи и к снижению активной кислотности среды до 2,5 ед. pH), а также способность прикрепляться к клеткам кишечника (высокая адгезионная активность после 2-часовой совместной инкубации с клетками кишечника) [12]. Jones R.J. et al., 2008, доказаны антибактериальные, бактериостатические и бактерицидные свойства *Lactobacillus sakei*: штаммы проявляли ингибирующие свойства против *Lysteria monocytogenes* и *Clostridium estherteticum* [4].

Hernández-Macedo M.L. et al., 2011, установлено, что в мясе и колбасах присутствует относительно небольшое количество доступных углеводов, таких как глюкоза, но содержится большое количество белков и свободных аминокислот [13]. Кроме того, мясо характеризуется различным уровнем гликогена (до 1,8% в покоящихся мышечных тканях), что увеличивает доступность глюкозы [14]. Триацилглицериды мясного сырья могут расщепляться эндогенными липазами, что приводит к высвобождению свободных жирных кислот и большего количества глицерина [15]. Доступность рибозы определяется расщеплением нуклеотидов [16]. Только бактерии, адаптировавшие свой метаболизм к этим условиям, способны расти, конкурировать и, в конце концов, доминировать в мясном сырье. Более того, в рамках этой экологической ниши бактерии должны справляться со сложными условиями окружающей среды, такими как быстрое снижение pH, высокое содержание солей и изменение температурных профилей.

Известно, что штаммы *Lactobacillus sakei* и *Lactobacillus curvatus* продуцируют молочную кислоту в качестве основного продукта жизнедеятельности и относительно устойчивы к низким значениям pH. Кроме того, у них есть различные

механизмы резистентности, такие как наличие ферментов F1F0-АТФазы, глутаматдекарбоксилазы или аргининдезимины, которые защищают их от образующихся кислот [17]. Kask, S. et al., 2003, Ammor, M.S. et al., 2007 установили, что штаммы *Lactobacillus sakei* могут расти при 4°C в присутствии 6,5% NaCl и при рН 4,2 [18, 19]. Исследователями Zagorec and Champomier-Verges, 2017 было показано, что штаммы *Lactobacillus sakei* используют в качестве субстрата широкий спектр различных аминокислот и пептидов, образующихся в результате протеолиза мяса, а также рибозу. Кроме того, культуры *Lactobacillus sakei* хорошо переносят стрессовые условия, возникающие в процессе ферментации мясного сырья – отверждение, охлаждение или окисление мясного продукта [20].

Органолептический анализ подтвердил, что инокуляция культурами *Lactobacillus curvatus* и *Lactobacillus plantarum* оказала положительное влияние на аромат, цвет и текстуру сосисок с пониженным содержанием соли [21]. Исследования Yulong Zhang et al., 2020 показали, что стартерная смесь штаммов *Lactobacillus curvatus* LAB26 и *Pediococcus pentosaceus* SWU73571 положительно влияла на свойства ферментированного мяса: увеличивалось содержание аминного азота и свободных аминокислот в продукте, снижалось количество нитритов, биогенных аминов, общего летучего основного азота и малонового диальдегида [22]. Р. Muthukumarasamy, R. Holley 2007 было установлено, что при добавлении культур *Lactobacillus reuteri*, в качестве дополнительных культур с мясными заквасочными культурами *Pediococcus pentosaceus* и *Staphylococcus carnosus* количество бактерий *E. coli* в сухих колбасах после ферментации и сушки снижалось на 3,0 log КОЕ/г [23].

Микробиологические процессы играют очень важную роль при производстве сыра. Если для коагуляции белков молока использовать только молокосвертывающие ферменты, то асептически полученный сычужный сгусток во время созревания не приобретёт качества сыра. Полноценным продуктом он становится лишь благодаря деятельности заквасочной микрофлоры [24].

Как на начальных этапах производства сыра, так и на протяжении созревания сыров, молочнокислые бактерии осуществляют ферментативное преобразование компонентов молока: расщепляют белки, сбраживают лактозу, трансформируют цитраты. Образованные продукты метаболизма (молочная и другие органические кислоты, диацетил, ацетоин, углекислый газ, ацетальдегид, спирты, эфиры и т.п.) не только обуславливают вкус и аромат, консистенцию и рисунок сыра, но и определяют направление физико-химических, биохимических и микробиологических процессов. Во время созревания сыра важным изменениям подвергаются белковые соединения сырной массы: под действием протеолитических ферментов микроорганизмов белки молока образуют широкий спектр органических соединений (водорастворимых белков, пептидов разной молекулярной массы, свободных аминокислот и их производных) [24]. При созревании сыра вследствие биохимических и химических реакций происходит выделение газов (углекислого газа, водорода, аммиака и др.). Характер рисунка сыра определяется структурно-механическими свойствами сырной массы и интенсивностью накопления в ней газов. Сильное газообразование происходит в результате развития бактерий группы кишечной палочки – так называемое раннее вспучивание сыров, при этом формируется сетчатый или рваный рисунок сырного теста, а головка сыра может принимать практически шарообразную форму. Маслянокислые бактерии, сбраживающие лактозу, молочную кислоту и лактаты с выделением углекислого газа, водорода, масляной кислоты, формируют в сыре крупные глазки неправильной формы или же пустоты щелевидной формы [25].

Исследования показали, что бактериоциногенный и потенциально пробиотический штамм *Lactobacillus sakei* 2a, выделенный из мясного продукта, хорошо адаптируется в молочном сыре и эффективно контролирует рост *Listeria*

monocytogenes в процессе созревания и хранения сыра при 4°C и при 15°C. [26]. *Listeria monocytogenes* – распространенные психротрофные бактерии, способные переносить высокие концентрации солей и выживать в широком диапазоне температур и при многократных циклах замораживания-оттаивания. Эти особенности делают контроль над этими микроорганизмами в пищевых продуктах большой проблемой, особенно в готовых к употреблению продуктах, для сохранения которых требуется только охлаждение [27]. Антимикробная активность штамма *Lactobacillus sakei* 2a при хранении сырной пасты подтверждена с помощью фенотипических методов, а также экспрессией бактериоцин-кодирующих генов *sakP* и *sakQ*. Следовательно, бактерии *Lactobacillus sakei* можно использовать при производстве сыра [26]. Однако, необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить влияние *Lactobacillus sakei* на органолептические характеристики продукта.

Доказана эффективность биоразлагаемой пленки, содержащей метаболиты, продуцируемые штаммом *Lactobacillus curvatus* P99-CFS, против *Listeria monocytogenes* в нарезанном сыре «Прато». Пленка, содержащая минимальную бактерицидную концентрацию P99-CFS, была эффективна в борьбе с *Listeria monocytogenes* в сыре «Прато», сохраняя активность в течение 30 дней. Таким образом, бактерии *Lactobacillus curvatus* можно рассматривать как достойную альтернативу в биоконсервации пищевых продуктов. Однако необходимы дополнительные токсикологические исследования при применении данных микроорганизмов в пищевой промышленности [28].

Lactobacillus reuteri – хорошо изученные пробиотические микроорганизмы. У людей *Lactobacillus reuteri* обнаруживается в различных органах, включая желудочно-кишечный тракт, мочевыводящие пути, кожу, а также в грудном молоке [29]. Большинство штаммов *Lactobacillus reuteri* человека и домашней птицы способны продуцировать и выделять реутерин – хорошо известное противомикробное соединение [6]. Реутерин может ингибировать широкий спектр микроорганизмов, в основном грамотрицательные бактерии [30]. Помимо реутерина, бактерии *Lactobacillus reuteri* могут продуцировать несколько других противомикробных веществ, таких как молочная кислота, уксусная кислота, этанол и реутерициклин [6]. Экзополисахариды (ЭПС), которые могут продуцировать штаммы *Lactobacillus reuteri*, способствуют образованию биопленки и прикреплению *Lactobacillus reuteri* к эпителиальным клеткам [7]. Кроме того, ЭПС, синтезируемые *Lactobacillus reuteri*, способны ингибировать адгезию *Escherichia coli* к эпителиальным клеткам свиньи *in vitro* и подавляют связывание энтеротоксигенной *Escherichia coli* с эритроцитами свиньи [31, 32].

Y. Ortiz-Rivera et al., 2017, установлено, что реутерин – эффективное противомикробное средство для консервирования кисломолочных продуктов. Так, штамм *Lactobacillus reuteri* ATCC 53608 ингибировал развитие в йогурте таких культур как *Penicillium expansum*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* ssp. *enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*. При этом исследования показали, что добавление штамма *Lactobacillus reuteri* ATCC 53608 и глицерола (для стимуляции выработки реутерина) в кисломолочный продукт не влияли на кислотообразующую способность заквасочных микроорганизмов [33]. S. Langa et al. (2013) и F. Minervini et al. (2012) установлено, что добавление различных штаммов *Lactobacillus reuteri* в кисломолочные продукты и в различные виды сыра не влияло на их органолептические характеристики [34, 35]. Однако R Sreekumar et al., 2009 установили, что добавление культур *Lactobacillus reuteri* может значительно увеличивать количество летучих соединений серы, которые влияют на вкус, аромат и свойства сыра [36].

Компания Biochem s.r.l. (Италия) – известный в мире производитель лиофилизированных микробиологических культур прямого внесения для пищевой промышленности, в том числе, стартовых культур для производства мясных продуктов. Культуры «Meatferm» (Biochem) разработаны как для традиционной переработки мяса, так и для ускоренного созревания в производстве мясных деликатесов. По видовому составу они представлены как монокультурами: SLS (*Lactobacillus sakei*), SLR (*Lactobacillus rhamnosus*), SLP (*Lactobacillus plantarum*), так и комбинациями из двух и более видов: MCC (*Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus curvatus*), FCC (*Lactobacillus curvatus*, *Staphylococcus carnosus*) и др.

Стартовая культура для быстрой ферментации SafePro FLORA ITALIA LC (*Lactobacillus sakei*, *Pediococcus acidilactici*, *Staphylococcus carnosus*) производства компании Chr. Hansen (Дания) предназначена для применения в производстве ферментированных колбас с коротким сроком созревания.

Стартовые культуры MildStart производства компании Moguntia Food Group (Великобритания) используются для изготовления сыровяленых и сырокопченых колбас, но в отличие от BessaStart (*Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosus*, *Pediococcus pentosaceus*) содержат ещё штамм бактерий *Lactobacillus sakei*, благодаря которому стартовые культуры MildStart так же имеют защитную функцию.

В сыроделии используют добавочные культуры, которые не являются основной заквасочной микрофлорой, а придают сыру определенные качества или используются в качестве защитных культур. Добавочные культуры вносят непосредственно в подготовленную молочную смесь вместе с основной закваской. В качестве защитных культур чаще всего используют *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus plantarum*.

Компания DSM (Нидерланды) выпустила новую линейку высокоэффективных защитных культур, которые увеличивают срок хранения молочных продуктов, таких как йогурт, сметана и свежий сыр. Культуры Delvo®Guard специально предназначены для производителей, которые ищут решения с «чистой этикеткой» для снижения потерь молока и увеличения срока годности своей продукции. Запатентованные культуры DelvoGuard содержат штаммы *Lactobacillus rhamnosus* и *Lactobacillus sakei*, обеспечивающие синергетический эффект против дрожжей и плесени двумя способами: за счет производства различных ингибирующих соединений и за счет конкурентного исключения, что обеспечивает более длительный срок хранения продукции.

Штаммы *Lactobacillus sakei* (2800 ML-O и 2801 ML-O), *Lactobacillus curvatus* (2789 ML-O и 2802 ML-O), *Lactobacillus reuteri* (2787 TL-O и 2899 TL-O) из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов обладают биотехнологическим потенциалом. Культуры активно растут на питательных средах для промышленного культивирования и проявляют антагонистическую активность к технически-вредной микрофлоре – различным видам бактерий, дрожжевым культурам и плесени.

Заключение. Анализ научных публикаций позволяет отнести микроорганизмы *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* к перспективным культурам при производстве ферментированных мясных и молочных продуктов. При этом основными производственно-ценными свойствами данных видов лактобацилл являются антагонистическая активность по отношению к технически-вредной микрофлоре, устойчивость культур при развитии с различными компонентами, используемыми при изготовлении ферментированных продуктов, снижение активной кислотности и формирование конечного продукта с требуемой консистенцией и органолептическими свойствами. Таким образом, штаммы *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* могут проявлять свойства как защитных, так и стартовых (заквасочных) культур. Однако, влияние на

характеристики различных продуктов у микроорганизмов *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus reuteri* является штаммоспецифичным и, следовательно, должно индивидуально оцениваться для каждого продукта. Все вышесказанное свидетельствует об актуальности исследований по изучению биотехнологического потенциала и производственно-ценных свойств бактерий *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* и *Lactobacillus reuteri*.

В настоящее время бактерии *Lactobacillus sakei* и *Lactobacillus curvatus* широко используются ведущими мировыми производителями, как в составе стартовых культур для мясной промышленности, так и в качестве защитных культур для молочной промышленности.

РУП «Институт мясо-молочной промышленности» производит широкую линейку заквасок для молочной промышленности. Разработка стартовых культур для мясной промышленности и защитных культур для молочной промышленности позволит расширить отечественный ассортимент заквасок и снизить зависимость предприятий мясной и молочной промышленности от импорта.

Список использованных источников

1. Баль-Прилипко Л.В. Биотехнологические приемы при посоле мясного сырья / Л.В. Баль-Прилипко, Б.И. Леонова, А.И. Брона., В.А. Ковтун // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2018. - Т. 4, № 3, С. 46-55.

1. Bal'-Prilipko L.V. Biotekhnologicheskie priemy pri posole myasnogo syr'ya [Biotechnological techniques for salting meat raw materials] / L.V. Bal'-Prilipko, B.I. Leonova, A.I. Brona., V.A. Kovtun // Nauchnyj rezul'tat. Tekhnolo-gii biznesa i servisa. – 2018. - Т. 4, № 3, С. 46-55.

2. Papamanoli E. et.al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dryfermented sausage in respect of their technological and probiotic properties / E. Papamanoli et.al. // Meat Science. – 2003. – Vol. 65. – P. 859 – 867.

3. Leroy F. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation / F. Leroy, J. Verluyten, L. De Vuyst // Int. J. Food Microbiol. – 2006. – Vol. 106. – P. 270–285.

4. Jones R. J. et.al. Isolation of lactic-acid bacteria with inhibitory activity against pathogens and spoilage organisms associated with fresh meat / R. J. Jones et.al. // Food Microbiol. – 2008. - Vol. 25. – P. 228–234.

5. Marques J. L. et.al. Bacteriocin-like substances of *Lactobacillus curvatus* P99 : characterization and application in biodegradable films for control of *Listeria monocytogenes* in cheese / J. L. Marques et.al. // Food Microbiol. – 2017. – Vol. 63. – P. 159–163.

6. Greifová G. et.al. Analysis of antimicrobial and immunomodulatory substances produced by heterofermentative *Lactobacillus reuteri* / G. Greifová et.al. // Folia Microbiol (Praha). – 2017. – Vol. 62(6). – P. 515-524.

7. Salas-Jara M. J. et.al. Biofilm forming *Lactobacillus*: new challenges for the development of probiotics / M. J. Salas-Jara et.al. // Microorganisms. – 2016. – Vol. 4(3). - P. 35.

8. Красникова Л. В. Общая и пищевая микробиология: Учеб. пособие. Часть II / Л. В. Красникова, П. И. Гунькова, О. А. Савкина // – СПб. – Университет ИТМО. – 2016. – 127 с.

8. Krasnikova L. V. Obshchaya i pishchевaya mikrobiologiya: Ucheb. posobie. Chast' II [General and food microbiology: Textbook. Part II] / L. V. Krasnikova, P. I. Gun'kova, O. A. Savkina // – SPb. – Universitet ITMO. – 2016. – 127 s.

9. Talon R. et.al. Safety improvement and preservation of typical sensory qualities of traditional dry fermented sausages using autochthonous starter cultures / R. Talon et.al. // Int. J. Food Microbiol. – 2008. – Vol. 126. – P. 227–234.

10. Tamang J. P. Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages / J. P. Tamang, K. Watanabe, W. H. Holzapfel // Front. Microbiol. – 2016. – Vol. 7. – P. 377.

11. Jimenez M. E. et.al. Microorganisms present in artisanal fermented food from South America / M. E Jimenez et.al. // Sec. Food Microbiology. – 2022. - Vol. 13.

12. Minyu S. et.al. Characterization of selected *Lactobacillus* strains for use as probiotics / S. Minyu et.al. // Food Sci Anim Resour. – 2015. – Vol. 35(4) – P. 551.

13. Hernández-Macedo M. L. Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota detection and characterization: a review / M. L. Hernández-Macedo, G. V. Barancelli, C. J. Contreras-Castillo // Brazilian Journal of Microbiology. – 2011. – Vol. 42. – P. 1-11.

14. Immonen K. Variation of residual glycogen-glucose concentration at ultimate pH values below 5.75 / K. Immonen, E. Puolanne // Meat Sci. – 2000. – Vol. 55. – P. 279–283.

15. Dave D. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review / D. Dave, A. E. Ghaly // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. – 2011. – Vol. 6. – P. 486-510.

16. Bendall J. Postmortem changes in muscle. The structure and function of muscle / J. Bendall // 1973. – P. 243-309.

17. Wang W. et.al. Metabolomics analysis of *Lactobacillus plantarum* ATCC 14917 adhesion activity under initial acid and alkali stress / W. Wang et.al. // PLoS One. – 2018. – Vol. 13.

18. Kask S. et.al. Physiological properties of *Lactobacillus paracasei*, *L. danicus* and *L. curvatus* strains isolated from Estonian semi-hard cheese / S. Kask et.al. // Food Research International. – 2003. – Vol. 36. – P. 1037-1046.

19. Ammor M. S. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. / M.S. Ammor, B. Mayo // Meat Sci. – 2007. – Vol. 76. – P. 138-146.

20. Zagorec M. *Lactobacillus sakei*: a starter for sausage fermentation, a protective culture for meat products / M. Zagorec, M.C. Champomier-Vergès // Microorganisms. – 2017. – Vol. 5(3). – P. 56-69.

21. Yingying H. et.al. Application of lactic acid bacteria for improving the quality of reduced-salt dry fermented sausage: texture, color, and flavor profiles / H. Yingying et.al. // College of Food Science. - Northeast Agricultural University. - 2022. - Vol. 154. - P. 112723.
22. Yulong Z. et.al. Co-fermentation with *Lactobacillus curvatus* LAB26 and *Pediococcus pentosaceus* SWU73571 for improving quality and safety of sour meat / Z. Yulong et.al. // Meat Science. - 2020. - Vol. 170. - P. 108240.
23. Muthukumarasamy P. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in dry fermented sausages containing micro-encapsulated probiotic lactic acid bacteria / P Muthukumarasamy, R. A Holley // Food Microbiol. - 2007. - Vol. 24(1) P. 82-84.
24. Шульга Н. М., Заквасочные культуры для производства твердых сычужных сыров / Н. М. Шульга // Продукты и ингредиенты. - 2011. - №1 (76). - С. 36 - 39.
24. Shul'ga N. M., Zakvasochnye kul'tury dlya proizvodstva tverdyh sychuzhnyh syrov [Starter cultures for the production of hard rennet cheeses] / N. M. Shul'ga // Produkty i ingredienty. - 2011. - № 1 (76). - S. 36 - 39.
25. Догарева Н. Г. Продукты из молочного сырья. Т. 3 Сыры / Н. Г. Догарева, О.В. Богатова // Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. - 2010. - 210 с.
25. Dogareva N. G. Produkty iz molochnogo syr'ya. T. 3 Syry [Products from dairy raw materials. Vol.3 Cheeses] / N.G. Dogareva, O. V. Bogatova // Orenburg : IPK GOU OGU. - 2010. - 210 s.
26. Ruiz-Martinez R. C. et.al. Bacteriocin production and inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* 2a in a potentially synbiotic cheese spread / R. C. Ruiz-Martinez et.al. // Food Microbiology. - 2015. - Vol. 48. - P. 143-152.
27. Okada Y. et.al. Growth of *Listeria monocytogenes* in refrigerated ready-to-eat foods in Japan / Y. Okada et.al. // Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. - 2013. - Vol. 30 (8). - P. 1446-1449.
28. Marques J. L. et.al. Bacteriocin-like substances of *Lactobacillus curvatus* P99: characterization and application in biodegradable films for control of *Listeria monocytogenes* in cheese / J. L. Marques et.al. // Food Microbiol. - 2017. - Vol. 63. - P. 159-163.
29. Mu Q. Role of *Lactobacillus reuteri* in human health and diseases / Q. Mu, V. J. Tavella, X. M. Luo // Front Microbiol. - 2018. - Vol. 9. - P. 757.
30. Cleusix V. et.al. Inhibitory activity spectrum of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* against intestinal bacteria / V. Cleusix et.al. // BMC Microbiol. - 2007. - Vol. 7. - P. 101.
31. Kšonžeková P. et.al. Exopolysaccharides of *Lactobacillus reuteri*: Their influence on adherence of *E. coli* to epithelial cells and inflammatory response / P. Kšonžeková et.al // Carbohydr Polym. - 2016. - Vol. 5;141. - P. 9-31. Wang Y. Exopolysaccharide synthesized by *Lactobacillus reuteri* decreases the ability of enterotoxigenic *Escherichia coli* to bind to porcine erythrocytes / Y. Wang, M. G Gänzle, C. Schwab // Appl Environ Microbiol. - 2010. - Vol. 76(14). - P. 6-4863.
32. Ortiz-Rivera Y. et.al. Production of reuterin in a fermented milk product by *Lactobacillus reuteri*: Inhibition of pathogens, spoilage microorganisms, and lactic acid bacteria / Y. Ortiz-Rivera et.al. // J. Dairy

Sci. 2017. – Vol. 100. – P. 1–11.

33. Langa, S. et.al. In situ reuterin production by *Lactobacillus reuteri* in dairy products / S. Langa et.al. // *Medina Food Control*. – 2013. – Vol. 33. – P. 200-206.

34. Minervini F et.al. Manufacture of Fior di Latte cheese by incorporation of probiotic lactobacilli / F Minervini et.al. // *J Dairy Sci*. – 2012. – Vol. 95(2). – P. 20-508.

35. Sreekumar R et.al. Volatile sulfur compounds produced by probiotic bacteria in the presence of cysteine or methionine / R Sreekumar et.al. // *Lett Appl Microbiol*. – 2009. – Vol. 48(6). – P. 82-777.