

УДК 637.33:579.67

А.Л. Бруцкая

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

МЕЗОФИЛЬНЫЕ ЛАКТОБАЦИЛЛЫ В СЫРОДЕЛИИ: РОЛЬ, ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Мезофильные лактобациллы играют важную роль в формировании качества сыров, обеспечивая разнообразие органолептических характеристик, ускорение созревания и повышение безопасности продукта. В обзоре рассмотрены метаболические свойства и роль в сыроделии мезофильных видов *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus paracasei*, *Lacticaseibacillus rhamnosus* и *Lactiplantibacillus plantarum*. Описаны источники незаквасочных лактобацилл, их влияние на биохимические процессы в сырах, а также критерии отбора штаммов для использования в качестве дополнительных культур. Рассмотрены защитные функции мезофильных лактобацилл против патогенов и микроорганизмов порчи, их пробиотический потенциал и применение в низкожировых сырах для улучшения сенсорных свойств. Обозначены перспективы развития отечественного сыроделия, включая разработку новых заквасок, импортозамещение и использование геномных технологий для создания штаммов с улучшенными свойствами.*

Ключевые слова: сыр, мезофильные лактобациллы, бактериальные закваски, дополнительные культуры, пробиотики, биоконсервация

Сыроделие представляет собой сложный биотехнологический процесс, в котором микробиота играет определяющую роль в формировании текстуры, вкуса, аромата и безопасности продукта. Современное промышленное производство сыров из пастеризованного молока опирается на использование коммерческих бактериальных заквасок, включающих ограниченное число видов и штаммов микроорганизмов: лактококки, лейконостоки, термофильный стрептококк и лактобациллы. Это обеспечивает стабильность технологического процесса, но в то же время приводит к унификации органолептических характеристик сыров, снижая их индивидуальность по сравнению с традиционными сырами из сырого молока. Последние отличаются выраженным и разнообразным вкусом благодаря сложной автохтонной микробиоте [1, 2].

Мезофильные лактобациллы следующих видов: *Lacticaseibacillus casei* (далее *L. casei*), *Lacticaseibacillus paracasei* (далее *L. paracasei*), *Lacticaseibacillus rhamnosus* (да-

лее *L. rhamnosus*) и *Lactiplantibacillus plantarum* (далее *L. plantarum*), представляют особый интерес как дополнительные (вспомогательные) культуры в сыроделии. Эти микроорганизмы участвуют в ключевых биохимических процессах: протеолизе, липолизе, ароматообразовании; ускоряют созревание, обеспечивают биоконсервацию и могут придавать продуктам пробиотические свойства [3, 4]. Их использование позволяет обогащать сенсорный профиль сыров, особенно низкожирных, и повышать их безопасность за счет подавления развития патогенных микроорганизмов.

Актуальность поиска и исследования мезофильных лактобацилл обусловлена несколькими факторами. Во-первых, рост интереса к функциональным продуктам питания, включая пробиотические сыры, требует получения новых штаммов с улучшенными свойствами. Во-вторых, в условиях импортозамещения и увеличения производства сыров в России (с 500 тыс. тонн в 2014 г. до более чем 700 тыс. тонн в 2023 г.) существует потребность сыродельных предприятий в расширении ассортимента отечественных заквасок.

Цель данного обзора – систематизировать современные данные о метаболических свойствах и роли мезофильных лактобацилл в сыроделии, оценить их влияние на качество и функциональные свойства сыров, а также обозначить перспективы их применения в молочной промышленности, включая разработку новых заквасок и использование геномных технологий.

Мезофильные лактобациллы незаквасочного происхождения (NSLAB) присутствуют в сырах благодаря контаминации из сырого молока, оборудования, рассола или окружающей среды. Они обладают высокой термостойкостью, выдерживая пастеризацию при 72–76 °С в течение 20–25 с, и способны восстанавливаться в процессе ферментации [5]. В сырах с низкой температурой второго нагревания (до 42 °С) активно развиваются, достигая плотности 7–8 log КОЕ/г на поздних стадиях созревания [6].

Исследования микробиоты сыров показывают, что NSLAB, включая *L. paracasei* и *L. plantarum*, действительно доминируют на поздних стадиях созревания [7, 8, 9]. Их присутствие зависит от многих факторов – качества сырья, санитарных условий и технологических особенностей производства. Установлено что, в сырах из сырого молока NSLAB составляют до 80 % микробиоты после 6 месяцев созревания, тогда как в сырах из пастеризованного молока их доля ниже, но все еще значима [10].

NSLAB вносят значительный вклад в протекание биохимических процессов в сырах, участвуя в протеолизе, липолизе и ароматообразовании. Лактобациллы продуцируют свободные аминокислоты (например, глутамин, валин), пептиды и летучие соединения (2-метил-1-пропанол, изовалериановая кислота), которые формируют сложный вкусовой букет и аромат [11]. К примеру, в сыре Pecorino Siciliano штаммы *L. paracasei* увеличивали концентрацию диацетила и ацетальдегида, придавая продукту приятные сливочные и фруктовые ноты [12].

Однако неконтролируемое развитие «диких» NSLAB может привести к органолептическим порокам: горький привкус, избыточная кислотность или газообразование. Использование отобранных по технологически значимым свойствам ав-

тохтонных штаммов позволяет стабилизировать ферментацию и улучшить качество сыров без потери их индивидуальности. Применение автохтонных NSLAB сокращает время созревания на 20 % и улучшает сенсорный профиль вырабатываемых сыров [13].

Мезофильные лактобациллы могут использоваться как дополнительные культуры к основной закваске, для того чтобы усилить ее действие в заданном направлении. Для использования в качестве дополнительных культур мезофильные лактобациллы отбираются по следующим критериям:

- кислотообразование – умеренная активность, чтобы не подавлять развитие основной заквасочной микрофлоры и не вызывать органолептических пороков;
- протеолитическая активность – важна не только общая протеолитическая активность (расщепление казеинов с помощью внеклеточных или связанных с клеточной стенкой протеиназ, СЕР), но и наличие широкого спектра внутриклеточных пептидаз (аминопептидаз PepN, PepC; дипептидаз PepV, PepD; трипептидаз PepT; эндопептидаз PepO, PepF; пролидаз PepQ, PepR; X-пролил-дипептидил-аминопептидазы PepX) [14, 15, 16]. Сбалансированная система пептидаз необходима для гидролиза пептидов (включая горькие) до аминокислот и предотвращения накопления горечи. Известно, что культуры *L. paracasei* и *L. plantarum* обладают разнообразной пептидазной активностью [11, 16, 17];
- липолитическая активность – продуцирование липаз для формирования аромата;
- солеустойчивость – рост при концентрации NaCl до 6–8 %;
- ароматообразование – синтез летучих соединений, таких как диацетил, ацетальдегид и кетоны;
- антагонистическая активность – ингибирование патогенов и технически вредных микроорганизмов [18].

Штаммы *L. rhamnosus* и *L. plantarum* часто выбираются за их высокую аминокислотную активность, которая снижает горечь, вызванную молокозвертывающими ферментами [19]. В частности, штамм *L. rhamnosus* HN001 показал высокую эффективность в сыре Эдам, уменьшая содержание горьких пептидов на 30 % [20].

Мезофильные лактобациллы ускоряют созревание сыров за счет интенсивного протеолиза. К примеру, добавление *L. rhamnosus* в сыр Эдам увеличило содержание растворимых азотистых соединений в 2 раза за 10 недель созревания, что улучшило его вкус и текстуру [20]. В сыре Pecorino Crotonese автохтонные штаммы *L. casei* и *L. plantarum* повысили концентрацию летучих соединений, в частности, изомаасляной кислоты, придавая продукту уникальный аромат.

Дополнительные культуры также влияют на консистенцию сыров. В сыре Чеддер штаммы *L. plantarum* способствовали формированию более мягкой и эластичной текстуры за счет гидролиза β-казеина [11]. В сырах с длительным сроком созревания (типа Parmigiano Reggiano) мезофильные лактобациллы усиливали кристаллизацию аминокислот, что придавало продукту характерную зернистую структуру [7].

Низкожирные сыры часто имеют слабый вкус и плотную текстуру, обусловленную пониженным содержанием молочного жира. Мезофильные лактобациллы *L. casei*

и *Lactobacillus helveticus* улучшают их сенсорные характеристики за счет усиления протеолиза и продукции низкомолекулярных пептидов. Исследования показали, что использование *L. casei* при изготовлении сыра с жирностью 20 % повысило содержание свободных аминокислот, приблизив вкус к сырам с жирностью 45 % [21].

В сыре Kirklareli штаммы *L. plantarum* усилили сливочные и ореховые ноты в результате продукции кетонов и эфиров [19]. Кроме того, мезофильные лактобациллы способствуют формированию более мягкой текстуры в низкожирных сырах, что особенно важно для потребителей, предпочитающих низкожирные диетические продукты [21].

Мезофильные лактобациллы находят применение в производстве мягких и рассольных сыров: Фета, Брынза, Камамбер и др. В этих сырах они участвуют в формировании кремовой текстуры и сливочного вкуса. Штаммы *L. paracasei*, выделенные из турецких рассольных сыров, показали высокую липолитическую активность, усиливая аромат за счет продукции короткоцепочечных жирных кислот [19].

В мягких сырах, таких как Камамбер, мезофильные лактобациллы взаимодействуют с грибковой микробиотой (*Penicillium camemberti*), усиливая протеолиз и способствуя формированию характерной мягкой корочки [22]. Это взаимодействие требует тщательного подбора штаммов, чтобы избежать подавления грибковой флоры.

Мезофильные лактобациллы эффективно ингибируют патогенные бактерии (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) и микроорганизмы порчи (*Clostridium spp.*, БГКП, дрожжи) благодаря:

- продуцированию органических кислот, что становится причиной снижения рН среды до 4,5–5,4, подавляющей рост кислоточувствительных патогенов;
- синтезу бактериоцинов (антимикробные пептиды плантарицин или казеицин разрушают клеточные мембраны конкурентов);
- конкуренции за субстраты, ограничивая тем самым доступ патогенов к углеводам и аминокислотам [23].

Установлено что, штаммы *L. plantarum*, выделенные из сардинских сыров, снижали популяцию *Listeria monocytogenes* на 3–4 порядка в модельных сырах [24]. В сыре Pecorino Siciliano штаммы *L. paracasei* подавляли рост *Staphylococcus aureus* за счет продукции бактериоцина [25]. Культуры с такими свойствами перспективны для использования в качестве биоконсервантов, особенно в сырах из сырого молока, где риск патогенного загрязнения значительно выше, чем при использовании пастеризованного молока.

Кроме того, мезофильные лактобациллы предотвращают порчу сыров, вызванную дрожжами и плесенями. Установлено, что штаммы *L. plantarum* продуцируют фунгистатические соединения (например, фенилмолочную кислоту), которые ингибируют рост *Aspergillus spp.* и *Candida spp.* [26]. Это делает их ценными для продления срока годности сыров без использования химических консервантов.

Мезофильные лактобациллы, включая *L. rhamnosus*, *L. casei* и *L. plantarum*, обладают доказанными пробиотическими свойствами – это:

- модуляция иммунитета за счет продукции короткоцепочечных жирных кислот (в т.ч. бутирата);

- улучшение барьерной функции кишечника путем усиления синтеза муцина;
- антагонизм против патогенов в желудочно-кишечном тракте (*Salmonella spp.*, *Clostridium difficile*) [27].

В сырах даже после длительного созревания молочнокислые палочки сохраняют жизнеспособность на уровне 7–8 log КОЕ/г, что делает продукт носителем пробиотиков. Имеются данные о том, что сыр Эдам с *L. rhamnosus* HN001 содержал 7 log КОЕ/г пробиотических клеток после 10 недель созревания, что достаточно для проявления функциональных свойств при потреблении 80–100 г продукта в день [20].

Пробиотические сыры также могут служить источником постбиотиков – метаболитов лактобацилл, а именно пептидов и полисахаридов, которые оказывают иммуномодулирующее действие. Например, в сыре Canestrato Pugliese штаммы *L. plantarum* продуцировали экзополисахариды, улучшающие текстуру и способствующие здоровью кишечника [28].

Клинические исследования подтверждают функциональные свойства пробиотических сыров. В одном из них потребление сыра с *L. rhamnosus* GG в течение 8 недель привело к снижению уровня воспалительных маркеров (С-реактивного белка) у пожилых пациентов [27]. В другом исследовании [28] сыр с *L. plantarum* улучшал микробиоту кишечника у людей с синдромом раздраженного кишечника. Эти данные подчеркивают потенциал сыров как носителей пробиотиков, особенно для пожилых людей и лиц с нарушениями пищеварения.

Перспективы развития отечественного сыроделия связаны с разработкой новых заквасок на основе автохтонных штаммов мезофильных лактобацилл, выделенных из высококачественных российских сыров, самоквасных продуктов или природных источников (сырого молока, ферментированных овощей). Это позволит создать сыры с уникальными органолептическими характеристиками, отражающими региональные особенности, и повысить их конкурентоспособность на внутреннем и международном рынках.

В России уже проводятся исследования по выделению автохтонных штаммов из сыров, производимых в регионах Алтая, Кавказа и Центральной России. В частности, штаммы *L. plantarum*, выделенные из алтайских сыров, показали высокую протеолитическую активность и способность подавлять *Listeria monocytogenes* [24]. Такие штаммы могут стать основой для новых заквасок, заменяющих импортные аналоги.

Применение геномных технологий, таких как CRISPR-Cas9, и направленный мутагенез, открывают возможности для создания штаммов с улучшенными свойствами. Например, модификация генов, ответственных за синтез бактериоцинов, может повысить антагонистическую активность лактобацилл против патогенных бактерий [29]. Метаболомный анализ позволяет идентифицировать летучие соединения, продуцируемые лактобациллами, и оптимизировать их вклад в аромат сыров [30].

Геномный скрининг также помогает выявлять штаммы с уникальными функциональными свойствами. Показано, что штаммы *L. paracasei* с повышенной продукцией экзополисахаридов могут улучшать текстуру мягких сыров и при этом придавать им пробиотические свойства [31].

В условиях санкций и необходимости импортозамещения разработка отечественных заквасок становится приоритетной задачей. Россия импортирует значительную часть коммерческих заквасок из многих европейских стран, что увеличивает себестоимость сыров. Расширение производства заквасок на основе автохтонных штаммов позволит снизить затраты и обеспечить независимость отрасли от зарубежных поставок.

Для этого необходимы инвестиции в биотехнологические исследования, создание и пополнение банков штаммов и разработку стандартов для их сертификации.

Мезофильные лактобациллы способствуют устойчивому производству сыров, снижая потребность в химических консервантах и продлевая срок годности продуктов. Их использование в биоконсервации поддерживает тренд на экологически чистые продукты, что особенно важно для российского и европейского рынков, где потребители отдают предпочтение натуральным ингредиентам [32]. Кроме того, разработка заквасок на основе автохтонных штаммов способствует сохранению биоразнообразия и традиционных технологий, что имеет культурное и экологическое значение [2].

Таким образом, мезофильные лактобациллы являются важным инструментом для повышения качества, безопасности и функциональности сыров. Их метаболическая активность способствует формированию сложного вкуса и аромата, ускорению созревания и улучшению консистенции, особенно в низкожирных и мягких сырах. Защитные свойства этих микроорганизмов обеспечивают биоконсервацию, снижая риск порчи и патогенного загрязнения. Пробиотический потенциал мезофильных лактобацилл открывает перспективы для создания функциональных продуктов, способствующих поддержанию здоровья потребителей.

Перспективы развития отечественного сыроделия связаны с разработкой новых заквасок на основе автохтонных штаммов, применением геномных и метаболомных технологий, а также локализацией производства для импортозамещения. Необходимы дальнейшие исследования в области геномики, метаболомики и клинических испытаний для подтверждения пробиотического эффекта и создания штаммов с уникальными свойствами. Эти усилия позволят расширить ассортимент сыров, повысить их конкурентоспособность и укрепить позиции России на глобальном рынке молочной продукции.

Список использованной литературы:

1. **Мак Суини, П.Л.** Сыр. Научные основы и технологии. Том 1. Пер. с англ. / П.Л. Мак Суини, П.Ф. Фокс, П.Д. Коттер, Д.У. Эвертт. - СПб.: Профессия, 2019. - 554 с.
2. **Chessa, L.** Autochthonous Natural Starter Cultures: A Chance to Preserve Biodiversity and Quality of Pecorino Romano PDO Cheese / L. Chessa // Sustainability. 2021. № 13(15). P. 8214. <https://doi.org/10.3390/su13158214>
3. **Margalho, L.P.** Biopreservation and probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from Brazilian artisanal cheeses / L.P. Margalho, G.P. Jorge, D.A.P. Noleto et al. // Microbiological Research. 2021. № 242. P. 126622. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126622>
4. **Carafa, I.** Evaluation of autochthonous lactic acid bacteria as starter and non-starter cultures for the production of Traditional Mountain cheese / I. Carafa, G. Stocco, P. Franceschi et al. // Food Research International. 2019. № 115. P. 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.069>

5. **Wilbey, R.A.** Heat treatment of foods. Principles of Pasteurization / R.A. Wilbey // Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition). Academic Press, 2014. - P. 169–174. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00159-2>
6. **Gobbetti, M.** Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening / M. Gobbetti, M. De Angelis, R. Di Cagno et al. // Trends in Food Science & Technology. 2015. № 45(2). P. 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.016>
7. **Gatti, M.** Microbial evolution in raw-milk, long-ripened cheeses produced using undefined natural whey starters / M. Gatti, B. Bottari, C. Lazzi et al. // Journal of Dairy Science. 2014. № 97(2). P. 573–591. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7187>
8. **Araújo-Rodrigues, H.** Technological and protective performance of LAB isolated from Serpa PDO cheese: Towards selection and development of an autochthonous starter culture / H. Araújo-Rodrigues, M.N. dos Santos, S. Ruiz-Moyano et al. // LWT - Food Science and Technology. 2021. № 150. Article 112079. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112079>
9. **Rozos, G.** Biodiversity and Microbial Resistance of Lactobacilli Isolated From the Traditional Greek Cheese Kopanisti / G. Rozos, C. Voidarou, E. Stavropoulou et al. // Frontiers in Microbiology. 2018. № 9. P. 517. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00517>
10. **Picon, A.** Microbiota dynamics and lactic acid bacteria biodiversity in raw-milk cheeses / A. Picon, S. Garde, M. Ávila, M. Nuñez // International Dairy Journal. 2016. № 58. P. 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.01.004>
11. **De Pasquale, I.** Use of autochthonous mesophilic lactic acid bacteria as starter cultures for making Pecorino Crotonese cheese / I. De Pasquale, R. Di Cagno, S. Buchin et al. // Food Research International. 2019. № 116. P. 1344–1356. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.024>
12. **Randazzo, C.L.** Effect of wild strains used as starter cultures and adjunct cultures on the volatile compounds of the Pecorino Siciliano cheese / C.L. Randazzo, I. Pitino, S. De Luca et al. // International Journal of Food Microbiology. 2018. № 122(1–2). P. 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.071>
13. **Centeno, J.A.** Recovering traditional raw-milk cheeses microbiota to develop starter and adjunct cultures: The case of Arzúa-Ulloa PDO cheese / J.A. Centeno, J.I. Garabal, F. Docampo et al. // International Journal of Food Microbiology. 2017. № 241. P. 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.024>
14. **Fox, P.F.** Proteolysis in Cheese during Ripening / P.F. Fox, T.P. Guinee, T.M. Cogan, P.L.H. McSweeney // Fundamentals of Cheese Science. Boston: Springer, 2017. - P. 391–435. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_11
15. **Sousa, M.J.** Advances in the study of proteolysis during cheese ripening / Sousa M.J., Ardo Y., McSweeney P.L.H. // International Dairy Journal. 2001. № 11(4–7). P. 327–345. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00062-0)
16. **Kunji, E.R.S.** The proteolytic systems of lactic acid bacteria / E.R.S. Kunji, I. Mierau, A. Hagting et al. // Antonie van Leeuwenhoek. 1996. № 70(2–4). P. 187–221. <https://doi.org/10.1007/BF00395933>
17. **Китаевская, С.В.** Оценка протеолитической активности новых штаммов лактобацилл с криорезистентными свойствами / С.В. Китаевская, В.Я. Пономарев, О.А. Решетник // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. № 1. С. 76–86. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-1-76-86>
18. **Tsisaryk, O.** Screening of technological properties of natural strains of lactic acid bacteria / O. Tsisaryk, I. Slyvka, L. Musiy // Scientific Messenger LNUVMB. 2017. № 19(80). P. 88–92.
19. **Çetin, B.** Characterization and technological functions of different lactic acid bacteria from traditionally produced Kırklareli white brined cheese during the ripening period / B. Çetin, M. Usal, H.Ş. Aloğlu et al. // Folia Microbiologica. 2024. № 69(5). P. 1069–1081. <https://doi.org/10.1007/s12223-024-01141-8>
20. **Aljewicz, M.** Influence of Probiotics on Proteolysis of Edam Cheese / M. Aljewicz, G. Cichosz, B. Nalepa, M. Kowalska // Food Technology and Biotechnology. 2014. № 52(4). P. 439–447. <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3659>
21. **Свириденко, Г.М.** Низкожирный сыр в фокусе диетического питания / Г.М. Свириденко, Д.С. Вахрушева, Ю.Я. Свириденко, В.А. Мордвинова // Вопросы питания. 2022. Т. 91. № 5. С. 105–115. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-105-115>

22. **Tidona, F.** Applicability of Lactococcus and Lactobacillus strains in the production of probiotic soft cheeses / F. Tidona, A. Meucci, M. Povolo et al. // Journal of Food Science and Technology. 2018. № 55(6). P. 2168–2177. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3132-2>
23. **Siedler, S.** Competitive Exclusion Is a Major Bioprotective Mechanism of Lactobacilli against Fungal Spoilage in Fermented Milk Products / S. Siedler, M.H. Rau, S. Bidstrup et al. // Applied and Environmental Microbiology. 2020. № 86(7). P. 12-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.02312-19>
24. **Pisano, M.B.** Inhibitory Effect of Lactiplantibacillus plantarum and Lactococcus lactis Autochthonous Strains against Listeria monocytogenes / M.B. Pisano, M.E. Fadda, S. Viale et al. // Foods. 2022. № 11(5). P. 715.
25. **Scatassa, M.L.** Anti-Listeria activity of lactic acid bacteria isolated from PDO cheeses of Sicily / M.L. Scatassa, S. Gaglio, C. Cardamone et al. // Food Control. 2015. № 56. P. 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.030>
26. **Lavermicocca, P.** Purification and characterization of novel antifungal compounds from Lactobacillus plantarum / P. Lavermicocca, F. Valerio, A. Evidente et al. Lavermicocca P., Valerio F., Evidente A., et al. // Applied and Environmental Microbiology. 2015. № 81(20). P. 7093–7101. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02619.x>
27. **Coelho, M.C.** Lactic Acid Bacteria in Raw-Milk Cheeses: From Starter Cultures to Probiotic Functions / M.C. Coelho, F.X. Malcata, C.C.G. Silva // Foods. 2022. № 11. P. 2276. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>
28. **Arena, M.P.** Probiotic abilities of Lactobacillus strains isolated from Canestrato Pugliese cheese / M.P. Arena, P. Russo, V. Capozzi et al. // International Journal of Food Microbiology. 2016. № 236. P. 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.021>
29. **De Angelis, M.** Functional proteomics within the genus Lactobacillus / M. De Angelis, M. Calasso, N. Cavallo et al. // Proteomics. 2019. № 19(12). P. e1800433. <https://doi.org/10.1002/pmic.201800433>
30. **Guarrasi V.** The effect of autochthonous starter cultures on the volatile profile of Pecorino Siciliano cheese / V. Guarrasi, C. Sannino, G. Moschetti et al. // Food Chemistry. 2017. № 234. P. 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.182>
31. **Bottari, B.** The ability of Lactobacillus spp. from Pecorino Toscano cheese to form biofilm: Phenotypic and gene expression assessment / B. Bottari, A. Levante, E. Bancalari et al. // Microorganisms. 2020. № 8(11). P. 1834. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8111834>
32. **Corsetti, A.** Lactic acid bacteria as protective cultures in cheese production / A. Corsetti, L. Settanni, D. Van Sinderen et al. // Current Opinion in Food Science. 2018. № 20. P. 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.001>