

УДК 637.1

А.Ю. Дуганова¹, Г.Н. Рогов¹, З.Б. Намсараев²

¹ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

²Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЗАКВАСОК ДЛЯ СЫРОДЕЛИЯ

В статье представлен обзор актуальных тенденций и ключевых направлений развития в области производства заквасок, используемых в сыроделии. Обсуждаются такие тренды, как расширение видового спектра микроорганизмов, введение неспецифической для ферментированной молочной продукции микробиоты; использование дополнительных и пробиотических культур; применение заквасок для сыров с пониженным содержанием лактозы; создание заквасок для производства крафтовых и фермерских сыров; разработка заквасок, обладающих дополнительными специальными свойствами, в частности, с низкой постферментативной активностью, а также генетические методы улучшения промышленных штаммов. Одним из самых перспективных направлений развития производства заквасок для сыроделия является улучшение штаммов путем направленной селекции, позволяющее получать сыры с улучшенными органолептическими свойствами и стабильными качественными показателями в течение всего срока годности.

Ключевые слова: *бактериальные закваски, ферментированная молочная продукция, актуальные тенденции в производстве заквасочных культур*

Закваски играют ключевую роль в технологии производства сыра, обеспечивая ферментацию молока, а также формирование его органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик. Молочнокислые бактерии, входящие в состав заквасок, катализируют процесс сбраживания лактозы, преобразуя её в молочную кислоту. Это приводит к снижению pH молока и коагуляции казеина, что является необходимым этапом в формировании структуры сыра. Заквасочная микробиота продуцирует различные метаболиты, которые определяют уникальные органолептические и ароматические свойства сыра. Микроорганизмы влияют на текстуру продукта, воздействуя на структуру белковых соединений и содержание влаги. Заквасочные культуры, используемые в сыроделии, представляют собой тщательно отобранные штаммы, обеспечивающие контролируемую скорость ферментации, стабильные результаты при созревании и хранении. Некоторые штаммы молочнокислых бактерий подавляют рост нежелательных или патогенных микроорганизмов, другие обладают способностью синтезировать витамины и биологически активные вещества. Правильный выбор заквасок имеет первостепенное значение для обеспечения высокого качества сыра. При подборе заквасок необходимо учиты-

вать вид производимого сыра, требуемые органолептические показатели и условия технологического процесса [1, 2].

Бактериальные закваски классифицируются по следующим критериям:

- по составу микрофлоры – моновидовые (содержат один вид микроорганизмов) и поливидовые культуры (включающие два и более вида микроорганизмов);
- по концентрации клеток – без концентрирования (содержат не менее 1 млрд. КОЕ/г) и концентрированные (содержат не менее 10 млрд. КОЕ/г);
- по форме – жидкие, сухие, замороженные, на плотных питательных средах;
- в зависимости от температурных интервалов развития – мезофильные, термофильные и мезофильно-термофильные закваски;
- по применению и назначению – основные и вспомогательные (дополнительные) [3].

В настоящее время в мировой практике наблюдается тенденция к расширению видового разнообразия заквасочных культур, используемых в производстве сыра с целью улучшения ассортимента сыров, интенсификации микробиологических процессов, повышения органолептических и реологических характеристик готовой продукции.

Современные бактериальные закваски промышленного производства берут своё начало от природных заквасок, которые включают в себя различные виды и штаммы микроорганизмов [4]. Традиционные методы производства заквасок подразумевали использование диких бактерий и дрожжей, что придавало сырам уникальные вкусовые и текстурные свойства. Применение таких заквасок не гарантировало стабильность качества производимого продукта. В условиях современного производства, благодаря новым технологиям, сырое молоко поступает на переработку с низкой бактериальной обсеменённостью [3].

Первоначально коммерческие закваски состояли в основном из одного штамма *Lactococcus lactis* [3–5]. Однако использование только этого вида не позволяло достичь оптимального вкусоароматического профиля ферментированных молочных продуктов. В период с 1919 по 1935 гг. в состав заквасок начали вводить ароматобразующие бактерии, такие как *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc cremoris*⁴ и *Lactococcus diacetylactis*. Также стал применяться *Streptococcus thermophilus* в составе промышленных заквасок для производства кисломолочных продуктов и сыров с высокой температурой второго нагревания [3, 5, 6].

Для масштабного промышленного производства требуются закваски, которые дают стабильно воспроизводимые результаты, обеспечивают выработку стандартизованной продукции и не содержат нежелательных микроорганизмов. Решение данной проблемы возможно путём поиска новых культур для создания композиций микроорганизмов с желаемыми свойствами. Расширение видового состава заква-

⁴ *Leuconostoc dextranicum* и *Leuconostoc cremoris* имели ранее существовавшие наименование вида *Str. citrovorus* и *Str. Paracitrovorus*, которые в 1971 г. были отменены Судебной комиссией Международного комитета по систематике прокариот.

В 2001 г. виды *Leuconostoc cremoris* и *Leuconostoc dextranicum* были упразднены.

Современное название данных видов *Leuconostoc mesenteroides*.

сочных культур позволит увеличить ассортимент сыров с новыми органолептическими характеристиками.

В производстве сыров применяются различные микроорганизмы, которые непосредственно влияют на органолептические свойства продукции:

– *пропионовокислые бактерии* – являются обязательным компонентом заквасочной микрофлоры при изготовлении сыров Маасдам, Эмменталь, Комтэ и др. Эти микроорганизмы сбраживают лактаты с образованием пропионовой, уксусной кислот и диоксида углерода, что придаёт сыру специфический пряный вкус и рисунок;

– *плесневые грибы* – используются в заквасках для производства мягких сычужных сыров (Рокфор, Камамбер, Бри и др.);

– *дрожжи* – используются при производстве полутвёрдых сычужных сыров. Например, в созревании сыров Пикантный и Латвийский участвует микрофлора сырной слизи, в состав которой входят дрожжи и бактерии, культивируемые на их поверхности [7, 8].

– *микрোকки и не споровые палочки* – входят в состав сложной ассоциации аэробных микроорганизмов, которые образуют на поверхности сыров сырную слизь. Например, в составе слизи сыров Дорогобужский, Дорожный, Рамбинас и Пикантный присутствуют дрожжи, микрোকки и *Brevibacterium linens* [9–11].

За рубежом наблюдается тенденция к расширению видового разнообразия заквасочных культур за счёт включения микроорганизмов, которые ранее не применялись в молочной промышленности. Например, в качестве заквасочных культур применяют некоторые штаммы энтерококков, которые расщепляют белок и оказывают влияние на качественный состав свободных аминокислот в сыре [11]. При производстве ферментированной молочной продукции в Российской Федерации используются специально отобранные непатогенные, нетоксигенные заквасочные культуры, которые соответствуют требованиям технических регламентов ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», а также ГОСТ 34372-2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции». Культуры микроорганизмов, применяемые в молочном производстве, должны быть безопасны для здоровья человека и обеспечивать высокое качество продукции. Основным принципом подбора заквасочных культур является соблюдение требований технических условий и технологической инструкции по производству сыров, которые регламентируют видовой состав микробиоты для конкретных видов сыров. Отклонение от установленных стандартов может привести к нарушениям технологического процесса и негативно сказаться на качестве готовой продукции.

Применение дополнительных культур в сыроделии становится все более востребованным в связи с необходимостью обеспечения безопасности и увеличения срока годности продукции. Для предотвращения роста технически вредных и патогенных микроорганизмов, а также для увеличения срока хранения молочных продуктов используются защитные культуры с ингибирующими свойствами. Эти культуры вводятся дополнительно к основной закваске и подавляют нежелательную микрофлору. Культура *Lactiplantibacillus plantarum* проявляет антагонистическую ак-

тивность в отношении маслянокислых бактерий и энтеробактерий. *Lacticaseibacillus rhamnosus* обладает антимикробной активностью против ряда технически-вредных, условно-патогенных и патогенных бактерий, включая *Clostridium spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* и *Streptococcus spp.* Созревательные закваски предназначены для регулирования процессов протеолиза, сокращения сроков созревания и формирования специфического вкуса и аромата сыра. В качестве созревательных культур применяются различные микроорганизмы, такие как *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus casei subsp. rhamnosus* и *Lacticaseibacillus paracasei*.

В составе дополнительных заквасок применяются, как правило, аффинажные культуры⁵, представляющие собой специализированные микроорганизмы, поверхностную слизь, грибы, бактерии и дрожжи, которые используются для придания сырам специфических ароматов и цвета корки. Аффинажные культуры могут быть аэробными или анаэробными, что позволяет их применять в производстве различных типов сыров, включая мягкие, полутвёрдые и твёрдые, с белой и синей плесенью, с «мытой коркой» [12, 13].

Применение дополнительных заквасок позволяет улучшить органолептические свойства сыра, сократить сроки созревания и стабилизировать качество продукта на протяжении всего срока годности.

В современной сыроделии все более широкое применение находят пробиотики, включая культуры *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*. Эти микроорганизмы вносят значительный вклад в формирование специфических функциональных характеристик конечного продукта. В частности, в сыроделии часто используются следующие штаммы рода *Lactobacillus*: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*. Введение пробиотических культур в состав заквасочной микрофлоры повышает биологическую ценность сыра и улучшает органолептические свойства. Например, при производстве мягких сыров применяется симбиотическая сыворотка, ферментированная пробиотическими культурами *Lactobacillus acidophilus* и/или *Bifidobacterium spp.* Пробиотические бактерии демонстрируют высокую активность и способность к длительному сохранению жизнеспособности даже в условиях длительного созревания сыров. Это позволяет получать продукты с лечебно-профилактическими свойствами [12, 13, 14].

Разработка заквасочных культур для производства ферментированной молочной продукции с редуцированным содержанием лактозы является приоритетным направлением в молочной промышленности. В составе молока, предназначенного для производства специализированных продуктов, содержатся два моносахарида: глюкоза и галактоза. В связи с этим возникает необходимость в подборе заквасочных микроорганизмов, способных эффективно метаболизировать оба углевода для достижения желаемого уровня редуцирования. Использование таких

⁵ Аффинажные культуры – (от франц. *affinage* – очистка) «чистые» культуры, т.е. культуры одного вида.

заквасок в сыроделии позволяет расширить ассортимент и удовлетворить потребности людей с непереносимостью лактозы, обеспечивая тем самым повышение доступности молочных продуктов для данной категории населения [15, 16].

В последние годы получило широкое развитие производство крафтовых и фермерских сыров. Эти уникальные по своим органолептическим характеристикам сыры предполагают использование заквасок, специально созданных для каждого вида сыра. Такие закваски обеспечивают персонализированный подход и способствуют возрождению традиционных технологий производства сыра [17].

Производители заквасочных культур все чаще ориентируются на создание штаммов с определенными характеристиками, такими как скорость ферментации, устойчивость к бактериофагам и способность к синтезу специфических ароматических соединений. Это позволяет сыроделам и производителям молочной продукции более точно контролировать процессы ферментации и созревания, достигая желаемых органолептических свойств [17].

Важным направлением является создание заквасок, адаптированных к использованию в конкретных регионах и с определенным типом молока. Использование местных штаммов микроорганизмов позволяет создавать сыры с уникальным вкусом и ароматом, отражающим особенности терруара [4, 14]. Такие сыры могут стать визитной карточкой региона и пользоваться популярностью у потребителей, ценящих аутентичность и традиционное качество.

Одним из актуальных направлений является разработка заквасочных культур с пониженной постферментативной активностью, в том числе селекция из природных источников без применения генетических модификаций [17]. Пониженная постферментативная активность культур способствует сохранению стабильности ферментированных молочных продуктов на протяжении всего срока годности. В этом направлении в настоящее время проводится работа во ВНИИМС, включающая комплексный скрининг коллекционных штаммов лактококков и термофильных стрептококков по постферментативной активности, способности к структурообразованию (по динамической вязкости) и газообразованию при моделировании многоступенчатых температурных режимов производства.

Исследования в области селекции микроорганизмов с использованием методов генной инженерии в производстве заквасочных культур для сыроделия на сегодняшний день остается перспективным направлением. Генная инженерия в промышленном производстве заквасочных культур для сыроделия может быть использована для улучшения характеристик микроорганизмов, используемых в процессе ферментации. Например, для повышения устойчивости микроорганизмов к условиям производства, ускорения процесса ферментации, улучшения вкусовых и ароматических свойств сыра.

Компаниями – производителями заквасок из Европейского союза широко используются процедуры получения «не-ГМО» штаммов микроорганизмов с использованием методов, обладающих природными аналогами. К ним относятся индуцированный мутагенез с последующей селекцией штаммов, направленная эволюция, а также конъюгация, трансдукция и трансформация. С помощью этих и других ме-

тодов были получены новые штаммы молочнокислых бактерий [18, 19, 20]. Например, методом конъюгативного переноса были получены устойчивые к бактериофагам штаммы молочнокислых бактерий [21, 22, 23]. Но все же предпочтение отдается методам, не вызывающим генетической модификации штаммов: трансдукция бактериофагами, естественная трансформация и конъюгация [24].

Законодательство Евросоюза определяет конкретные генетические технологии, которые могут использоваться для получения «не-ГМО» организмов. В нашей стране эта деятельность подчинена требованиям Федерального закона № 86-ФЗ «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности».

Таким образом, основными трендами развитие производства заквасок для сыроделия в настоящее время являются: расширение видового спектра микроорганизмов, введение неспецифической для ферментированной молочной продукции микробиоты; использование дополнительных и пробиотических культур; разработка заквасок для ферментированных молочных продуктов с пониженным содержанием лактозы; создание заквасок для производства крафтовых и фермерских сыров; разработка заквасок, обладающих дополнительными специальными свойствами, в частности, с низкой постферментативной активностью, а также генетические методы улучшения промышленных штаммов. Одним из самых перспективных направлений развития производства заквасок для сыроделия является улучшение штаммов путем направленной селекции, позволяющее получать сыры с улучшенными органолептическими свойствами и стабильными качественными показателями в течение всего срока годности.

Список использованной литературы:

1. **Гудков, А.В.** Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – С. 804.
2. **Hutkins, R.W.** Metabolism of starter cultures // Food science and technology. 2001. № 2. P. 207-242
3. **Королёв, С.А.** Основы технической микробиологии молочного дела / С.А. Королёв // М.: Государственное издательство сельскохозяйственной и колхозно-кооперативной литературы, 1932. – 592 с.
4. **Рамзайцева, Л.Н.** Современные закваски для производства молочных продуктов / Л.Н. Рамзайцева, Т. А. Иванова. СПб.: Профессия, 2009. – 288 с.
5. **Северин, С.А.** Чистые культуры в русском сыроварении / С.А. Северин // Молочное хозяйство, вып. 13. – 1913.
6. **Войткевич, А.Ф.** Микробиология молока и молочных продуктов / А.Ф. Войткевич, Л.П. Старыгина. М.: Пищепромиздат, 1935. – 146 с.
7. **Шалыгина, А.М.** Общая микробиология: учебник / А.М. Шалыгина. – М.: КолосС, 2006. – 256 с.
8. **Рябцева, С.А.** Роль дрожжей в сыроделии, их источники и разнообразие / С.А. Рябцева, А.Г. Храмов, А.А. Везирян, В.С. Альмухамедова // Сыроделие и маслоделие. 2020. № 3. С. 23–26. <http://doi:10.31515/2073-4018-2020-3-23-26>
9. **Скотт, Р.** Производство сыра / Р. Скотт, Р. Робинсон, Р. Уилби. – СПб.: Профессия, 2012, С. 51.
10. **Горбатова К.К.** Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 312 с.
11. **Зарицкая, В.В.** Микробиология молока и молочных продуктов / В.В. Зарицкая, Ю.И. Держапольская. – Благовещенск: ДальГАУ, 2017. – 89 с.
12. **Келяшова, Ю.** Опыт применения защитных культур в производстве полутвердых сыров / Ю. Келяшова // Сыроделие и маслоделие. 2017. №4. С. 38–39.
13. **Свириденко, Г.М.** Использование защитных культур. Теоретические аспекты / Г.М. Свириденко, Н.П. Сорокина // Молочная промышленность. 2018. № 8. С. 25–28.

14. **Nicosia, F.D.** Technological characterization of lactic acid bacteria strains for potential use in cheese manufacture / F. D. Nicosia, A. Pino, G.L.R. Maciel, R.R. Sanfilippo // *Foods*. 2023. № 12(6). P. 1154. <https://doi.org/10.3390/foods12061154>
15. **Мордвинова, В.А.** Безлактозные сыры — миф или реальность? / В.А. Мордвинова, О.В. Лепилкина // *Сыроделие и маслоделие*. 2016. №1. С. 38–40
16. **Бельмер, С.В., Мухина Ю.Г., Чубарова А.И. и др.** Непереносимость лактозы у детей и взрослых / С.В. Бельмер, Ю.Г. Мухина Ю.Г., А.И. Чубарова и др. [Электронный ресурс] URL: <http://www.lvrach.ru/> (дата обращения: 15.05.2025 г).
17. **Vinicius, D.M.** A review of selection criteria for starter culture development in the food fermentation industry/ D. M. Vinicius, G. Pereira et al // *Food reviews international*. 2020. № 36(2). P. 135–167. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.163063>
18. **Johansen, E.** Genetic engineering. Modification of bacteria. In R. Robinson, C. Batt, & P. Patel (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology* Academic Press. 1999. P 917–921.
19. **Johansen, E.** Challenges when transferring technology from Lactococcus laboratory strains to industrial strains / E. Johansen // *Genetics and Molecular Research*. 2003. № 2(1). P. 112–116.
20. **Pedersen, M.B.** The long and winding road from the research laboratory to industrial applications of lactic acid bacteria/ M.B. Pedersen, S.L. Iversen, K.I. Sørensen, E. Johansen// *FEMS Microbiology Reviews*. 2005. № 29(4). P 611–624. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.006>
21. **Ахвердян, В.З.** Получение рекомбинантных фагорезистентных культур лактококков, модифицированным методом конъюгативного переноса и изучение их свойств / В.З. Ахвердян, А.О. Лобанов, И.С. Протасова, Г.Д. Перфильев// *Вклад науки в развитие сыроделия и маслоделия*. – Углич, 1994. – С. 213.
22. **Ахвердян, В.З.** Модификация методики получения фагоустойчивых эксконъюгантов лактококков / В.З. Ахвердян, И.С. Протасова, Г.Д. Перфильев // *Вклад науки в развитие сыроделия и сыроделия*. Углич: Угличская типография Россельхозакадемии, 1994. – С. 213.
23. **Derkx, P.M.** Stuer-Lauridsen B., Johansen E. The art of strain improvement of industrial lactic acid bacteria without the use of recombinant DNA technology/ P.M. Derkx, T. Janzen, K.I. Sørensen, J.E. Christensen // *Microbial Cell Factories*. 2014. № 5. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S>
24. **Derkx, P.M.** The art of strain improvement of industrial lactic acid bacteria without the use of recombinant DNK technology / P.M. Derkx, T. Janzen, K.I. Sørensen et al // *Microbial Cell Factories*. 2014. № 13(1). <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S5>