

А. Е. Грязнов, К. С. Козачков, Е. Ю. Егорова

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул, Российская Федерация)*

**Стартовые культуры микроорганизмов
в технологиях квасов брожения**

Аннотация. В обзоре рассмотрены классические и современные подходы к выбору стартовых культур микроорганизмов при реализации технологического процесса производства квасов брожения. Отмечено, что основными видами в составе бродильной микрофлоры «живых» квасов брожения промышленного производства чаще всего являются дрожжи – *Saccharomyces minor* или *Saccharomyces cerevisiae*. При использовании комбинированных заквасок в дополнение к дрожжам в сусло вводят *Lactobacillus paracasei* и *Acetobacter pasteurianus*. В условиях спонтанного брожения квасного сусла и, значительно реже, – в технологически контролируемых условиях, видовой состав молочнокислых бактерий значительно более вариативен и может включать других представителей родов *Lactobacillus* и *Streptococcus*, в том числе попавших в сусло с используемым растительным сырьем. Поскольку решающую роль в формировании потребительских свойств квасов брожения играет видовой состав закваски, для повышения скорости и улучшения качества сбраживания сусла широко задействуются общеизвестные технологические факторы воздействия на симбиоз бродильной микрофлоры.

Ключевые слова: биотехнологии, квасы брожения, ферментация, стартовые культуры

**Starter Cultures of Microorganisms in Fermentation Kvass
Technologies**

Annotation. *The review examines classical and modern approaches to the selection of starter cultures of microorganisms in the implementation of the technological process of fermentation kvass production. It is noted that the main species in the fermentation microflora of "live" fermentation kvasses of industrial production are most often yeast – Saccharomyces minor or Saccharomyces cerevisiae. When using combined starter cultures, Lacticaseibacillus paracasei and Acetobacter pasteurianus are added to the wort in addition to yeast. Under conditions of spontaneous fermentation of kvass wort and, much less often, under technologically controlled conditions, the species composition of lactic acid bacteria is much more variable and may include other representatives of the genera Lactobacillus and Streptococcus, including those trapped in the wort from plant raw materials used. Since the specific composition of the starter culture plays a crucial role in the formation of consumer properties of fermented kvass, well-known technological factors affecting the symbiosis of fermentation microflora are widely used to increase the speed and improve the quality of fermentation of wort.*

Keywords: *biotechnology, fermentation kvass, fermentation, starter cultures*

Введение

Сегмент «квас» вновь вышел в лидеры в ассортименте прохладительных напитков: доля квасов в структуре их товарооборота превысила 5 %, демонстрируя выраженную динамику роста [1, 2]. Вследствие необходимости конкурировать в активно развивающейся индустрии безалкогольных напитков, большинство предприятий при получении хлебных квасов перешло на активное использование концентратов солода и концентратов квасного сусла, позволяющих упростить ход технологического процесса и получать конкурентоспособную по цене продукцию постоянного качества, в том числе благодаря неактивной микрофлоре. Широко представленные в торговых сетях квасы длительного хранения на этапе розлива в потребительскую упаковку подвергаются

пастеризации и искусственно насыщаются диоксидом углерода, оказывающим дополнительное подавляющее действие на микрофлору [3].

Традиционная, но не особенно популярная в наши дни технология квасов брожения предусматривает использование комбинированной закваски из хлебопекарных дрожжей и молочнокислых бактерий. Однако преобладающая часть производителей, работающих в последние десятилетия по технологиям «живого брожения», использует только дрожжи, в том числе чистые культуры пивных дрожжей [4–6]. Массовый переход производителей квасов только на дрожжевые культуры можно объяснить как существенным упрощением производственного процесса, так и аспектами обеспечения санитарного состояния производственного оборудования [6, 7]. Вместе с тем, в последние годы традиционные квасы брожения рассматриваются не только как прохладительный, утоляющий жажду летний напиток, но и как естественный дополнительный источник антиоксидантов и жизнеспособных пробиотиков [3, 8, 9], а последнюю составляющую пищевой ценности квасов большинство промышленно реализуемых технологических схем обеспечить не способно. Таким образом, необходим выбор рациональных условий производства квасов брожения, позволяющих обеспечить не только вкусовые и прохладительные свойства этого напитка, но и пробиотические функции.

Целью настоящего обзора является обобщение-систематизация информации о классических и современных подходах к организации биотехнологий производства квасов брожения в части выбора стартовых культур микроорганизмов и условий их активации.

Материалы и методы исследования

Основные принятые в работе методы – методы систематизации и анализа литературных данных. При написании научного обзора использованы материалы публикаций из рецензируемых научных изданий (базы данных Elibrary, Scopus и Web of Science) за последние 20 лет.

Результаты и обсуждение

Согласно принятой классификации, квасы относятся к напиткам с незавершенным процессом смешанного спиртового и молочнокислого брожения. На процесс сбраживания-ферментации квасного сусла влияет целый ряд факторов, важнейшими из которых являются биохимический состав используемого сырья (воды, ингредиентов кваса) и состав внесенной-стартовой микрофлоры, предполагающий необходимость соблюдения специфичных для неё условий брожения.

Общеизвестно, что результативность биотехнологических процессов сбраживания квасного сусла определяется, прежде всего, свойствами используемых микроорганизмов [10]. Производство квасов брожения по классической технологии предполагает использование дрожжей *Saccharomyces minor*, выделенных в 1939 г. из ржаного теста и известных в квасной отрасли как раса М [11]. Однако в последние годы преобладающими видами в составе симбиоза бродильной микрофлоры хлебных («кислых») квасов являются *Saccharomyces cerevisiae* – в свежем или сухом виде, обычные или инстантные штаммы, *Lactocaseibacillus paracasei* (согласно прежней таксономии и номенклатуре лактобактерий – *Lactobacillus paracasei*) и *Acetobacter pasteurianus*. Безусловна целесообразность использования при сбраживании квасного сусла смешанных заквасок, при этом в отношении выбора молочнокислых бактерий отмечается, что наилучшие результаты достигаются при использовании видов с относительно невысокой скоростью сбраживания сахаров [5].

Для направленного ведения процессов осахаривания сырья и брожения сусла, в том числе с целью предотвращения возможной сукцессии микробиоты квасного сусла случайной микрофлорой добавленного плодово-ягодного сырья, из молочнокислых бактерий используются преимущественно виды *Lactiplantibacillus plantarum* (ранее *Lactobacillus plantarum*), *Levilactobacillus brevis* (*Lactobacillus brevis*), *Limosilactobacillus fermentum* (*Lactobacillus fermentum*) и *Lactobacillus helveticus* [12, 13]. Как произвольные участники процесса, поступающие в квасное сусло с ржаными

хлебопродуктами, часто также указываются виды *Lactiplantibacillus plantarum* и *Lacticaseibacillus casei* (*Lactobacillus casei*) [12]. Для получения квасов смешанного спиртового и молочнокислого брожения используются даже специализированные комплексные закваски, применяемые для промышленного производства кисломолочных продуктов и включающие *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus cremoris*, *Lactobacillus diacetylactis* и *Streptococcus thermophilus* [5, 14]. Кроме перечисленных видов, в качестве возбудителей молочнокислого брожения в производстве хлебных квасов могут быть также использованы и *Streptococcus diacetylactis*, не только сохраняющие свою жизнеспособность в непривычных условиях, но и активно сбраживающие моно- и дисахариды квасного суслу с образованием характерных органических кислот и ароматических компонентов [15]. И, если использование сухих дрожжей в производстве кваса не представляет особенных сложностей [7], то подбор оптимальных технологических параметров и дозировок сухих препаратов молочнокислых бактерий – значительно более трудоемкий [16], поэтому сегодня молочнокислые бактерии могут использоваться на производстве и в форме замороженных концентратов одно- или мульти-штаммовых заквасок [17, 18].

Видовой состав закваски играет решающую роль в формировании потребительских свойств квасов. Как правило, именно сочетанием результатов работы молочнокислых бактерий и хлебопекарных дрожжей объясняются характерный вкус и аромат квасов естественного брожения. Случайная или технологически подобранная вариативность видового состава микрофлоры, и в том числе молочнокислых бактерий, является одним из ведущих факторов, обуславливающих специфичность состава и содержания специфичных органических кислот (молочной, уксусной, винной, янтарной и др.) и характеристичных ароматических соединений (в частности, высших спиртов, простых альдегидов и сложных эфиров) в квасах брожения, приготовленных разными производителями: в разных условиях из разных видов углеводов-содержащего сырья [2, 4]. В условиях сбраживания

компонентов квасного сусла гетероферментативные лактобациллы синтезируют, хоть и в относительно небольших количествах, не только молочную, но и уксусную кислоту, этиловый спирт, диоксид углерода и ряд ароматических компонентов [2–4, 19].

В процессе сбраживания углеводов квасного сусла формируется особое сообщество микроорганизмов, в котором каждая культура играет свою роль. Доказано, что разные штаммы молочнокислых бактерий утилизируют углеводы квасного сусла с разной скоростью и эффективностью, в связи с чем использование в комбинированной закваске (дрожжи + молочнокислые бактерии) лишь одного штамма молочнокислых бактерий считается нецелесообразным, в то время, как при ассоциативном росте микроорганизмов возможно проявление стимулирующих эффектов симбиотического развития [15, 20]. В частности, известна подобная стимуляция при сосуществовании в комбинированных заквасках представителей родов *Lactobacillus* и *Streptococcus* [20], в то время как от сосуществования дрожжей и молочнокислых бактерий больше выигрывают дрожжи. В комбинированных заквасках отмечается более интенсивный прирост дрожжевых клеток [11], при этом симбиотические взаимоотношения дрожжей и молочнокислых бактерий проявляются в увеличении концентрации в сусле и готовых квасах продуктов обмена веществ микроорганизмов, в том числе характерных ароматобразующих летучих соединений [20].

Многokратно отмечалось, что участие молочнокислых бактерий ускоряет процесс созревания хлебных квасов, а состав видов молочнокислой микрофлоры может быть значительно более произволен и разнообразен благодаря использованию в технологиях кваса самого разного сахаросодержащего сырья, способствующего активизации работы микроорганизмов и ферментов, – солода, ржаных или ржано-пшеничных сухарей, сахара, меда, замороженных или сушеных ягод можжевельника и клюквы, различных плодово-ягодных соков и другого [8, 9, 21].

В производственных условиях повышения результативности работы броидильной микрофлоры квасов добиваются оптимизацией соотношения микрофлоры и сухих веществ в квасном сусле, регулированием соотношения дрожжевой и молочнокислой микрофлоры (включая подбор оптимального соотношения разных видов молочнокислых бактерий, и в этом случае эффективность сбраживания сухих веществ объясняется синергетическими эффектами взаимодействия дрожжевой и бактериальных культур), изменением температуры (один из ведущих факторов, определяющих изменчивый состав симбиотической микробиоты квасного сусла) и кислотности сусла, внесением необходимых для развития микроорганизмов витаминов и аминокислот, иными физическими или механическими приемами воздействия на сусло [5, 6, 16]. Каждый из перечисленных способов воздействия, включая комбинирование этих приемов, способен привести к активации микроорганизмов и сокращению продолжительности созревания кваса.

Заключение

Анализ опубликованных научных данных показывает, что ведущая роль в формировании потребительских характеристик квасов брожения отводится подбору культур и штаммов микроорганизмов броидильной микрофлоры. В соответствие с задействованными штаммами, активация стартовых культур или заквасок реализуется посредством регулирования температуры и кислотности сусла, содержания в нем сухих веществ, добавлением в сусло необходимых микроорганизмам витаминов и аминокислот.

Список литературы

1. Сергеева, И.Ю.; Унщикова, Т.А.; Рысина В.Ю. Направления совершенствования технологии кваса брожения на основе анализа современных научно-технических разработок // Техника и технология пищевых производств. 2014, 3, 69-78.

2. Кобелев, К.В. Исследование сравнительных характеристик кваса // Пиво и напитки. 2018, 2, 38-41.
3. Gambuś, H.; Mickowska, B.; Bartoń, H.J.; Augustyn, G.; Zięć, G.; Litwinek, D.; Szary- Sworst, K.; Berski, W. Health benefits of kvass manufactured from rye wholemeal bread // The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2015, 4 (Sp. Iss. 3), 34-39. doi:10.15414/jmbfs.2015.4.special3.34-39.
4. Кобелев, К.В.; Селина, И.В.; Созинова, М.С.; Зенина, М.А. Разработка критериев идентификации квасов. Исследование влияния различных микроорганизмов на накопление органических кислот в квасах // Пиво и напитки. 2010, 6, 30-33.
5. Orobchuk, O.; Fedotova, O.; Bohoslavets, Z.; Melnyk, S.; Dzinyak, B. Fermentation of kvass wort by industrial strains of microorganisms // Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series New solutions in modern technologies. 2023, 72-78. 10.20998/2413-4295.2023.04.10.
6. Иванова, Е.Г.; Киселева, Л.В.; Ленец, Н.Г. Технология квасов брожения // Пиво и напитки. 2006, 4, 46-47.
7. Миллер, Ю.Ю.; Киселева, Т.Ф.; Помозова, В.А. Использование сухих микроорганизмов в производстве кваса // Вестник ВГУИТ. 2024, 86 (1), 189-195. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-189-195.
8. Kaszuba, J.; Jańczak-Pieniążek, M.; Migut, D.; Kapusta, I.; Buczek, J. Comparison of the antioxidant and sensorial properties of kvass produced from mountain rye bread with the addition of selected plant raw materials // Foods. 2024, 13 (3): 357. doi:10.3390/foods13030357.
9. Wang, P.; Wu, J.; Zhang, Y.; Yao, X.; Li, J.; Xin, W.; Lü, X. Fermentation process optimization, chemical analysis, and storage stability evaluation of a probiotic barley malt kvass // Bioprocess and Biosystems Engineering. 2022, 45 (5), 1175-1188. doi:10.1007/s00449-022-02734-8.

10. Прибыльский, В.Л.; Косминский, Г.И.; Цед, Е.А.; Якиревич, Л.М.; Хотомцева, Л.А. Изучение технологических свойств новой расы квасных дрожжей // Известия вузов. Пищевая технология. 2000, (4), 46-47.
11. Кобелев, К.В.; Филимонова, Т.И.; Борисенко, О.А. Дрожжи и молочнокислые бактерии в производстве хлебного кваса // Пиво и напитки. 2011, 2, 30-32.
12. Пат. 2447141 РФ, МПК С12G3/02. Способ производства концентрированной сброженной основы для кваса, не содержащего этанола, и напитков на зерновой основе (Россия). Заявл. 10.12.2010; опубл. 10.04.2012.
13. Pisponen, A.; Andreson, H. The impact of lactic acid bacteria and yeasts ratio on fermentation and taste of kvass // Agronomy Research. 2024, 22 (S1), 513-522. doi:10.15159/AR.24.026.
14. Коротких, Е.А.; Новикова, И.В.; Агафонов, Г.В.; Коротких, Н.В.; Криваносов, И.Н. Интенсификация биотехнологии кваса с применением нетрадиционных видов сырья // Вестник ВГУИТ. 2020, 82 (3), 123-130. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-123-130.
15. Косминский, Г.И.; Цед, Е.А.; Якиревич, Л.М. Изучение свойств ароматобразующего стрептококка *Streptococcus diacetylactis* применительно к квасному производству // Известия вузов. Пищевая технология. 1996, (3-4), 29-30.
16. Киселева, Т.Ф.; Кузив, Е.М.; Помозова, В.А. Совершенствование технологии слабоалкогольных сброженных напитков // Пиво и напитки. 2005, 2, 38-39.
17. Fonseca, F.; Béal, C.; Corrieu, G. Operating conditions that affect the resistance of lactic acid bacteria to freezing and frozen storage // Cryobiology. 2001, 43(3), 189-98. doi: 10.1006/cryo.2001.2343.
18. Китаевская, С.В. Исследование резистентности молочнокислых бактерий к низкотемпературной обработке // Вестник КТУ. 2014, 17 (23), 214-217.

19. Surono, I.S.; Hosono, A. Fermented milks. Starter cultures // In book: Encyclopedia of Dairy Sciences. 2011, 477-482. doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00181-3.

20. Цед, Е.А.; Косминский, Г.И.; Якиревич, Л.М. Оптимизация микробиологического состава комбинированной закваски для производства хлебного кваса // Известия вузов. Пищевая технология. 2000, (4), 47-50.

21. Bati, V.V.; Boyko, N.V. The microbial diversity and its dynamics in the ethnic fermented foods of the Black Sea region // Mikrobiologichnyi zhurnal. 2016, 78 (5), 53-64. doi:10.15407/microbiolj78.05.053.

Грязнов Александр Евгеньевич, магистрант кафедры «Технология хранения и переработки зерна», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, тел.: 8(3852) 29-07-55

Козачков Кирилл Сергеевич, магистрант кафедры «Технология хранения и переработки зерна», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, тел.: 8(3852) 29-07-55

Егорова Елена Юрьевна, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология хранения и переработки зерна», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, тел.: 8(906)9678061, e-mail: egorovaeyu@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4990-943X

References:

1. Sergeeva, I.Yu.; Unshchikova, T.A.; Rysina V.Yu. Directions of improving the technology of fermentation kvass based on the analysis of modern scientific and technical developments // Machinery and technology of food production. 2014, 3, 69-78.

2. Kobelev, K.V. Study of comparative characteristics of kvass // Beer and beverages. 2018, 2, 38-41.

3. Gambus, H.; Mickowska, B.; Barton, H.J.; Augustin, G.; Zench, G.; Litvinek, D.; Sharyvorst, K.; Berski, V. The health benefits of kvass made from rye whole grain bread // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2015, 4 (SP. ISS. 3), 34-39. Dpi:10.15414/jmbfs.2015.4.Special issue 3.34-39.

4. Kobelev, K.V.; Selina, I.V.; Sozinova, M.S.; Zenina, M.A. Development of criteria for the identification of kvass. Investigation of the effect of various microorganisms on the accumulation of organic acids in kvass // *Beer and beverages*. 2010, 6, 30-33.

5. Orobchuk, O.; Fedotova, O.; Bogoslavets, Z.; Melnik, S.; Dzinyak, B. Fermentation of kvass wort by industrial strains of microorganisms // *Bulletin of the National Technical University "KhPI", series "New solutions in modern technologies"*. 2023, 72-78. 10.20998/2413-4295.2023.04.10.

6. Ivanova, E.G.; Kiseleva, L.V.; Lenets, N.G. Fermentation kvass technology // *Beer and beverages*. 2006, 4, 46-47.

7. Miller, G.V.; Kiseleva, T.V.; Pomozova, V.A. The use of a community of microgroups in the production of kvass // *VGUIT Bulletin*. 2024, 86 (1), 189-195. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-189-195.

8. Kashuba, J.; Yanchak-Penezhek, M.; Migut, D.; Cabbage, I.; Bucek, J. Comparison of antioxidant and sensory properties of kvass obtained from rye bread with the addition of selected vegetable raw materials // *Food products*. 2024, 13 (3): 357. identification number:10.3390/foods13030357.

9. Wang, P.; Wu, J.; Zhang, Y.; Yao, H.; Li, J.; Xin, W.; Liu, H. Optimization of the fermentation process, chemical analysis and assessment of stability during storage of probiotic barley- malt kvass // *Bioprocess and biosystem engineering*. 2022, 45 (5), 1175-1188. Doi:10.1007/s00449-022-02734-8.

10. Pribylsky, V.L.; Kosminsky, G.I.; Tsed, E.A.; Yakirevich, L.M.; Khotomtseva, L.A. Study of technological properties of a new race of kvass yeast // *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2000, (4), 46-47.

11. Kobelev, K.V.; Filimonova, T.I.; Borisenko, O.A. Yeast and lactic acid bacteria in the production of bread kvass // *Beer and beverages*. 2011, 2, 30-32.

12. RF Patent No. 2447141, IPC C12G3/02. Method of production of concentrated fermented base for ethanol-free kvass and grain-based beverages (Russia). Published on 10.12.2010; published on 10.04.2012.

13. Pishponen, A.; Andreson, E. The influence of the complicity of lactic bacteria and yeast on human health and taste. *Astronomical research. research*. 2024, 22 (S1), 513-522. doi:10.15159/AR.24.026.

14. Korotkov, E.A.; Novikova, I.V.; Agafonov, G.V.; Korotkov, N.V.; Krivanosov, I.N. Intensification of kvass biotechnology using non-traditional raw materials // *VGUIT Bulletin*. 2020, 82 (3), 123-130. User ID doi:10.20914/2310-1202-2020-3-123-130.

15. Kosminsky, G.I.; Sed, E.A.; Yakirevich, L.M. Study of the properties of the aromatic streptococcal bacterium *Streptococcus diacetylactis* applied to kvass production // *Science of higher education institutions. Food technology*. 1996, (3-4), 29-30.

16. Kiseleva, T.F.; Kuziv, E.M.; Pomozova, V.A. Improving the technology of low-alcohol fermented beverages // *Beer and beverages*. 2005, 2, 38-39.

17. Fonseca F.; K Beal.; Corrie G. Operating conditions affecting the resistance of lactic acid bacteria to freezing and frozen storage // *Cryobiology*. 2001, 43(3), 189-98. doi identifier: 10.1006/krio.2001.2343.

18. Kitaevskaya, S.V. Investigation of the resistance of lactic acid bacteria to low-temperature treatment // *Bulletin of KTU*. 2014, 17 (23), 214-217.

19. Surono, I.S.; Hosono, A. Fermented milk. Starter cultures // In the book: Encyclopedia of Young Scientists. 2011, 477-482. doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00181-3.

20. Tsed, E.A.; Kosminsky, G.I.; Yakirevich, L.M. Optimization of the microbiological composition of combined starter culture for the production of bread kvass // Izvestiya vuzov. Food technology. 2000, (4), 47-50.

21. Bati V.V., Boyko N.V. Microbiological decomposition and its dynamics in national farm products of the Montenegrin Republic // Microbiological Journal. 2016, 78 (5), 53-64. doi:10.15407/microbiolj78.05.053.

Gryaznov Alexander Evgenievich, Master's student of the Department of "Technology of Grain Storage and Processing", Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, tel.: 8(3852) 29-07-55

Kirill Sergeevich Kozachkov, Master's student of the Department of "Technology of Grain Storage and Processing", Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, tel.: 8(3852) 29-07-55

Egorova Elena Yuryevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Grain Storage and Processing", Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, tel.: 8(906)9678061, e-mail: egorovaeyu@mail.ru , ORCID: 0000-0002-4990-943X