

<https://doi.org/10.67290/2026.dw.9>

УДК 637.136.5

Нинель Петровна Сорокина, канд. техн. наук

Елена Сергеевна Масежная

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

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАКВАСКИ – ЭВОЛЮЦИЯ ОТ ТРАДИЦИОННОГО ПОНИМАНИЯ К КОНЦЕПЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

Современное промышленное производство кисломолочных продуктов и сыров требует от бактериальных заквасок решения многих проблем с качеством и безопасностью продукции. Развитие молекулярной биологии, совершенствование биохимических и генетических методов исследований позволило разносторонне и целенаправленно оценивать потенциал заквасочных микроорганизмов. В результате расширения ассортимента заквасок с различными технологически значимыми свойствами традиционное понимание закваски, вызывающей исключительно молочнокислое брожение, эволюционировало в концепцию «функциональной культуры».

Ключевые слова: закваски, молочнокислое брожение, функциональная культура

UDC 637.136.5

Ninell Petrovna Sorokina, Candidate of Technical Sciences

Elena Sergeevna Masezhnaya

VNIIMS – Branch of Gorbатов Research Center for Food Systems, Uglich

BACTERIAL STARTERS – EVOLUTION FROM THE TRADITIONAL UNDERSTANDING TO THE CONCEPT OF FUNCTIONAL CULTURE

Modern industrial production of fermented milk products and cheeses requires bacterial starters to address many quality and safety issues of the product. The development of molecular biology and the improvement of biochemical and genetic research methods have enabled comprehensive and targeted assessment of the potential of starter microorganisms. As a result of expanding the assortment of starters with various technologically significant properties, the traditional understanding of a starter causing exclusively lactic acid fermentation has evolved into the concept of a "functional culture."

Keywords: starters, lactic acid fermentation, functional culture

Как следует из положений таможенного регламента ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» к закваскам для производства продуктов переработки молока относят специально подобранные и используемые для производства продуктов переработки молока непатогенные, нетоксигенные микроорганизмы и (или) ассоциации микроорганизмов (преимущественно молочнокислых).

Кроме молочнокислых бактерий для производства кисломолочных продуктов и сыров используются и другие микроорганизмы: пропионовокислые и бифидобактерии, дрожжи и плесневые грибы.

В последние годы понятие закваски эволюционировало в концепцию функциональной культуры, которое подразумевает возможность заквасочных микроорганизмов не только вносить свой вклад в микробиологическую безопасность в результате молочнокислого брожения, но обеспечивать и другие эффекты – технологические, органолептические, диетологические, пробиотические. Эта трансформация нашла отражение в ТР ТС 033/2013, в котором дано не только определение заквасок, но они отнесены к «функционально необходимым компонентам при производстве продуктов переработки молока», без которых невозможно его производство.

Понятие «функциональный» применяется в различных документах с разной целью и имеет разный смысл. Например, согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные» **функциональным пищевым продуктом** считается пищевой продукт, который, помимо традиционной пищевой ценности, имеет дополнительные свойства за счёт содержания физиологически функциональных ингредиентов. Его цель – положительно влиять на здоровье: снижать риск заболеваний, восполнять дефицит питательных веществ и оптимизировать работу организма при регулярном употреблении. Функциональные продукты должны:

- иметь **научно обоснованную и подтверждённую пользу** для здоровья (на основе исследований, в идеале – рандомизированных плацебо-контролируемых);
- содержать **функциональные ингредиенты** в количестве от 10 % до 50 % от суточной физиологической потребности (в одной порции);
- быть **безопасными** и подходить для систематического употребления всеми возрастными группами.

К функциональным ингредиентам относят вещества (или их комплексы) животного, растительного, микробиологического или минерального происхождения, а также живые микроорганизмы.

Однако в отношении бактериальных заквасок, которые относятся к **функциональным ингредиентам**, нельзя применять требования, перечисленные в отношении функциональных пищевых продуктов. Функциональность бактериальных заквасок при изготовлении ферментированных молочных продуктов в первую очередь заключается в том, чтобы начать быстрое сбраживание лактозы и подкисление молока, которое является гарантией безопасности молочных продуктов. Именно молочная кислота играет важную роль в качестве консерванта. В результате образования молочной кислоты, а также продуцирования других метаболитов при развитии в молоке молочнокислые бактерии позволяют получить большое разнообразие ферментированных продуктов со своей собственной органолептической «идентичностью». Естественно, что для производства разнообразных кисломолочных продуктов и сыров требуются различные бактериальные закваски, главным отличием которых в первую очередь является видовой состав и свойства входящих в них микроорганизмов.

Российский рынок отличается широким разнообразием заквасок как отечественного, так и зарубежного производства. В ассортиментах многочисленных производителей заквасок можно найти закваски разного назначения, видового состава, обладающие разными технологически значимыми свойствами, формой выпуска и способами применения. Эффективность использования бактериальных заквасок в производственных условиях зависит от целого комплекса условий и факторов: качества молока, правильного подбора коммерческих заквасок для различных продуктов, организации мероприятий по защите заквасочных микроорганизмов от бактериофагов, широко распространенных на молокоперерабатывающих предприятиях и т.д.

Действительно, традиционное понимание закваски в качестве культуры, вызывающей исключительно молочнокислое брожение для сквашивания молока и сливок, а также снижение активной кислотности сырной массы, в настоящее время значительно расширилось. Эволюция к концепции «**функциональной культуры**» (functional starter culture) произошла потому, что учёные и производители акцентировали свое внимание на том, что молочнокислые бактерии могут делать гораздо больше, чем просто вырабатывать кислоту. Необходимо отметить, что это понимание формировалось на протяжении довольно длительного времени.

В чем заключаются ключевые аспекты, которые поясняют эту эволюцию, и что такое функциональная культура?

В первую очередь, это более широкая концепция, чем классическая бактериальная закваска. Функциональная культура – это заквасочные микроорганизмы (не только молочнокислые, но и, например, бифидобактерии или пропионовокислые бактерии), которые целенаправленно используются при производстве ферментированных молочных продуктов не просто для выработки стандартной продукции, но и для придания продуктам **дополнительных свойств** по разным направлениям.

Микробиологическая безопасность (биоконсервирование) является одним из главных и первых направлений в заквасочном деле в целом. Это очень важный момент. Раньше считалось, что закваска просто подкисляет среду и за счет этого ограничивает рост патогенных бактерий. В настоящее время уже хорошо известен механизм действия молочной кислоты на грамотрицательные бактерии. Но сегодня существуют культуры, которые специально отбирают за способность продуцировать различные **бактериоцины** (природные антибиотики, например, низин). Они точечно подавляют рост *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* или *Bacillus cereus* без изменения вкуса. Это позволяет снижать количество химических консервантов и повышать безопасность выпускаемой продукции.

Органолептические преимущества при изготовлении любых пищевых продуктов можно назвать классической задачей, поскольку пища должна не только удовлетворять потребность человека в питательных веществах и энергии, но и доставлять удовольствие – то есть быть вкусной и даже оригинальной. В связи с этим молочнокислое брожение целенаправленно дополняется и другими метаболическими возможностями различных видов и штаммов микроорганизмов.

Аромат и вкус продуктов можно обогатить путем отбора штаммов, которые вырабатывают специфические вкусо-ароматические продукты метаболизма: диаце-

тил (маслянистый вкус), ацетоин, сложные эфиры, аминокислоты или даже фенольные соединения (для копченых сыров без копчения).

Консистенция кисломолочных продуктов корректируется с помощью штаммов, продуцирующих экзополисахариды. Бактерии, синтезирующие экзополисахариды, улучшают консистенцию йогурта, простокваши, сметаны. В сырах консистенцию можно регулировать за счет подбора культур с разной протеолитической активностью.

Технологические преимущества: с точки зрения упрощения и ускорения процесса за счет направленного отбора штаммов возможно снижать риск «медленного сквашивания», обеспечивать стабильность качества продукции, повышать фагоустойчивость заквасок.

Диетологические и пробиотические преимущества (польза для здоровья) – самый современный аспект функциональных культур, который реализуется за счет использования определенных уникальных микроорганизмов, т.е. конкретных пробиотических штаммов, выживающих в молочных продуктах и кишечнике; штаммов, продуцирующих биоактивные пептиды (например, ингибиторов АПФ для мягкого снижения давления) и др.

Примером для понимания может служить сравнение двух заквасок для кисломолочных напитков. Классическая лактококковая закваска для простокваши позволит получить простой продукт с чистым кисломолочным вкусом. Но функциональная культура, в которой к лактококкам будут добавлены штамм *Lactiplantibacillus plantarum* – продуцент бактериоцина «plantaricin A» против листерий и штамм термофильного стрептококка, образующего экзополисахариды, обеспечит выработку безопасного, густого кисломолочного продукта с хорошим вкусом без химии. Безусловно, и лактококковую закваску можно превратить в функциональную культуру путем особого подбора штаммов, например, используя штаммы с низкой постферментативной активностью; штаммы, обладающие антагонистическим действием на технически вредные и патогенные бактерии, продуцирующие гамма-аминомасляную кислоту и т.д. Скрининг штаммов заквасочных микроорганизмов с целью выявления культур с уникальными полезными свойствами и в целом более детальное изучение продуктов метаболизма бактерий, расширение диапазона характеристик коллекционных культур будет играть все большую роль в заквасочном деле.

Можно сказать, что сегодня термин «закваска» становится архаичным для науки. Уже многие закваски представляют собой многофункциональные консорциумы, где каждый штамм – как специалист: один штамм отвечает за безопасность, второй – за вкус, третий – за пользу для здоровья, четвёртый – за консистенцию. Правда, здесь нужно отметить, что даже один штамм может обладать целым комплексом необходимых и/или желаемых свойств. Система подбора штаммов в состав заквасочных консорциумов усложнилась за счет изучения новых технологически значимых свойств бактерий. И это благодаря развитию биохимических и молекулярно-генетических методов исследований, созданию сложных приборов для определения метаболитного профиля микроорганизмов.

Слово «эволюция» происходит от латинского *evolutio* – развёртывание. В широком смысле это процесс постепенного и необратимого изменения чего либо с течением времени, ведущий к новому качеству. Эволюция заквасочного дела также шла постепенно и необратимо. В частности, первой отечественной функциональной культурой с особым дополнительным свойством помимо ферментации лактозы следует назвать антагонистическую закваску *L. plantarum* против маслянокислых бактерий, выпуск которой был начат во ВНИИМС в начале 1970-х годов. В дальнейшем это направление по созданию биологических средств борьбы с вредными микроорганизмами активно развивалось и были разработаны моновидовая концентрированная закваска прямого внесения БК-Углич-П, поливидовые антагонистические закваски Биоантибут и БК-Углич-5А. Сейчас такие закваски называют защитными.

Концентрированная закваска БК-Углич-5А может служить эталонным примером функциональной закваски в действии. В таблице приведены критерии, подтверждающие, почему состав и свойства этой закваски идеально иллюстрируют эволюцию от «просто закваски» к «функциональной культуре».

Структура функциональной закваски БК-Углич-5А

Компонент	Традиционная роль	Функциональная роль
Лактококки	Основное кислотообразование	Быстрое подкисление для подавления ранней стадии развития нежелательной микрофлоры Технологическое преимущество: антагонистическая активность против БГКП
Лейконостоки	Часто считались «слабой» культурой, но в составе заквасок использовалась	Технологическое преимущество: продуцируют ароматические вещества (диацетил) и CO ₂ , создавая глазки (рисунок). Их синергия с лактококками ускоряет метаболизм цитрата.
<i>L. plantarum</i>	Не использовалась до разработки антагонистической закваски	Микробиологическая безопасность и защита от брака. Активно подавляет маслянокислые бактерии и <i>E. coli</i> . Обладает более высокой протеолитической активностью по сравнению с лактококками и стабилизирует их развитие в сыре.

Почему это именно *функциональная*, а не просто «хорошая» закваска?

В классическом понимании, если бы в ней были только лактококки + лейконостоки, они позволили бы сварить хороший сыр. Но он рисковал бы иметь пороки вкуса и рисунка из-за: развития маслянокислых бактерий или даже стать браком. Кроме того, он мог стать опасным при нарушении гигиены из-за кишечной палочки, вызывающей также и пороки вкуса, рисунка и даже раннее вспучивание. Добавление защитной культуры и подбор лактококков по антагонистической активности к кишечным палочкам переводит заквасочную систему на новый уровень чисто функциональной закваски, когда микроорганизмы берут на себя работу консервантов, стабилизаторов качества и обеспечивают «чистую этикетку».

В портфеле ВНИИМС имеются и другие закваски функционального уровня – моновидовые закваски лактобацилл: созревательная закваска БК-Углич-К (*L. casei*); дополнительные закваски БК-Углич-Р и БК-Углич-Пк для интенсификации созревания и улучшения органолептических показателей сыров; газоароматообазующая закваска лейконостоков БК-Углич-Л; а также поливидовые закваски: Биоантибут с защитным эффектом в отношении маслянокислых бактерий, БК-Углич-№7К, включающая лактобациллу *L. casei* для ускорения созревания сыров и т.д.

Сегодня специалисты заквасочного дела нацелены на более детальное изучение метаболического профиля микроорганизмов, поиск штаммов с новыми технологически значимыми свойствами и на генетическое редактирование существующих коллекционных культур для придания им необходимых свойств. Развивается направление персонализации и регионализации: крупные производители заквасок начинают создавать уникальные микробные композиции «под заказ». Учитываются региональные вкусы для разных стран и регионов, что обусловлено исторически сложившейся культурой питания и вкусовыми предпочтениями в разных странах мира. Складывающиеся тенденции в области заквасок можно охарактеризовать как переход от универсальных решений к высокоточным биотехнологическим инструментам. Современные методы исследований позволяют более тонко понимать возможности привычных видов заквасочных микроорганизмов и открывают широкие возможности в создании новых заквасок, и, наверное, правильнее будет написать: заквасочных консорциумов различной функциональной направленности.

Закваска сегодня – это не просто «бактерия для сквашивания молока», а комплексный инструмент, способный обеспечить уникальный вкус, пользу для здоровья, длительное хранение и экономическую безопасность производителя.