

ЗАКВАСОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ

ШУЛЬГА Н. М., ст. н.с. отдела биотехнологии ТИММ, к.т. н.

Сыроделие принадлежит к отрасли, где микробиологические процессы играют важную роль. Без сомнения, молокосвертывающие ферменты являются незаменимыми элементами производства сыров. Однако асептически полученный сычужный сгусток во время созревания не приобретает качества сыра. Полноценным продуктом он становится благодаря микрофлоре. Уже на начальных этапах производства и на протяжении созревания сыров молочнокислые бактерии 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. Расщепление белков происходит под действием протеолитических ферментов микроорганизмов с образованием широкого спектра органических соединений (водорастворимых белков, пептидов разной молекулярной массы, свободных аминокислот и их производных). Именно благодаря наличию этих веществ создается вкусовой фон зрелого сыра, формируется его “букет” и текстура. Следует отметить, что частичный гидролиз белка и жира, который осуществляется микрофлорой во время созревания сырной массы, не только способствует формированию специфических органолептических характеристик продукта. В результате улучшается усвоение сыра организмом, он относится к продуктам с высокой биологической ценностью за счет накопления свободных аминокислот (в т.ч. и незаменимых), биологически активных белковых соединений, витаминов и других веществ.

В условиях промышленного производства сыров существует вероятность загрязнения продукта посторонними микроорганизмами, что может привести к его

порче и представлять опасность для здоровья потребителей. Одна из важных функций лактобактерий - угнетение развития условно-патогенной и патогенной микрофлоры в продукте, т.е. антагонизм. Молочнокислые бактерии подавляют рост технически вредных микроорганизмов благодаря активному сбраживанию лактозы (одного из самых доступных источников питания для большинства возбудителей порчи сыра) и кислотообразованию в сырной массе. Кроме того, некоторые виды заквасочных культур способны синтезировать широкий спектр соединений специфического и неспецифического антибактериального действия, оказывая антагонистическое влияние на рост других групп микроорганизмов. Таким образом, заквасочные культуры выполняют следующие функции:

- образование молочной кислоты в результате сбраживания молочного сахара. Это приводит к снижению рН сырной массы, от чего зависят безопасность продукта, его вкусовые качества, текстура, а также направление других биохимических процессов;

- являются источниками протеолитических ферментов. Они принимают участие в расщеплении белков, накоплении низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот, которые определяют степень зрелости сыра, его органолептические характеристики;

- являются источниками липолитических и других ферментов, под влиянием которых во время созревания продукта осуществляется гидролиз жиров и другие биохимические преобразования, в результате чего формируется оригинальная вкусо-ароматическая композиция сыров (образование свободных жирных кислот, диацетила, спиртов, эфиров и т.п.);

- продуцирование газа гетероферментативными бактериями, вследствие чего происходит формирование рисунка сыра (размер, форма и расположения глазков);

- осуществление антагонистического действия по отношению к технически-вредной микрофлоре (бактерий группы кишечной палочки, плесеней и дрожжей, маслянокислых бактерий и др.);

- обуславливают пищевую и биологическую ценность продукта.

Необходимость применения для производства сыров заквасочных культур не вызывает сомнений. Вопрос же влияния микрофлоры заквасок на биохимические

преобразования и показатели качества сыров, вызванные тем или иным составом бактериальной композиции, является предметом постоянных научных исследований.

Видовой состав отечественных и импортных заквасочных культур для производства сыров разнообразен, при этом круг промышленно-ценных штаммов бактерий, которые включают в состав бактериальных композиций, постоянно расширяется. Во-первых, это связано со стремлением интенсифицировать созревание сыров, повысить стойкость к фаговым атакам и контаминации посторонней микрофлорой. Во-вторых, использование в составе традиционных заквасочных композиций новых видов и штаммов микроорганизмов открывает перспективы создания сыров с новыми свойствами.

Микрофлора твердых сычужных сыров с низкой температурой второго нагревания, как правило, представлена несколькими видами микроорганизмов: мезофильными гомо- и гетероферментативными молочнокислыми бактериями, а также термофильными стрептококками. Лактобактерии видов *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* (принадлежат к группе активных кислотообразователей) и *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* sp. (представляют группу ароматобразующих цитратсбраживающих бактерий) является доминирующей микрофлорой многих видов сыров этого типа. Характеристика и основные технологические свойства мезофильных молочнокислых микроорганизмов представлены в таблице 1. Определенное количество в заквасочной композиции кислотообразующих молочнокислых микроорганизмов обеспечивает интенсивное сбраживание лактозы и, соответственно, необходимый уровень кислотности в сырной массе. Ароматобразующие бактерии имеют важное значение в формировании вкусовых качеств, рисунка сыра благодаря гетероферментативному расщеплению лактозы и цитратов молока с образованием летучих органических соединений и CO₂. Сыры, изготовленные с применением таких заквасок, отличаются более выраженным вкусом, ароматом и характерным рисунком с глазками правильной формы. Особенно эти свойства присущи микроорганизмам рода *Leuconostoc* ssp., которые способны к активному продуцированию углекислого газа, диацетила, уксусной

кислоты и других вкусо-ароматических компонентов. В пользу применения лейконостоков в составе заквасок для сыров голландской группы свидетельствуют данные относительно более высокой стойкости этих микроорганизмов к бактериофагам, а также трансформирования ими ацетальдегида в этанол, что предупреждает образование резкого, терпкого привкуса.

Наличие же рисунка в сыре зависит от доли ароматообразователей в общем объеме заквасочной микрофлоры, ее газообразующей активности, состава молочной основы, физико-химических свойств сырной массы, температурных условий производства и созревания сыра, поражения бактериофагом, индивидуальных особенностей используемых штаммов и т.д.

Таблица 1 – Свойства мезофильных молочнокислых бактерий

Название показателя	<i>L. lactis ssp. lactis</i>	<i>L. lactis ssp. cremoris</i>	<i>L. lactis ssp. diacetylactis</i>	<i>Leuconostoc sp.</i>
Отношение к кислороду	Факультативные анаэробы			
Температура роста: оптимальная	28-32°C	28-32°C	26-30°C	22-30 °C
предельная	10-42°C	10-38°C	10-42°C	10-42 °C
Продолжительность сквашивания молока	4-12 ч.	5-16 ч.	8-48 ч.	12-72 ч.
Предельная кислотность в молоке	110-130 °Т	100-120°Т	80-110°Т	60-110 °Т
Максимальный % NaCl	4-6%	2-4%	4%	2-3%
Продукты метаболизма	молочная кислота (гомоферментативные)		молочная кислота, CO ₂ , диацетил, ацетоин (гетероферментативные)	

Часто в состав бактериальных препаратов для производства сыров с низкой температурой второго нагревания привлекают мезофильные лактобациллы (*Lactobacillus casei ssp. casei*, *Lactobacillus casei ssp. rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum* и т.п.), особенностью которых является высокая биологическая активность. Эти культуры характеризуются достаточно сильной протеолитической системой, они способны к расщеплению горьких пептидов, провоцирующих пороки вкуса зрелого продукта. Они являются стойкими в весенний период, т.е. хорошо

растут на биологически неполноценном молоке, что, в свою очередь, положительно влияет на качество и повышает безопасность продукта.

Микрофлора твердых сычужных сыров с высокой температурой второго нагревания сыра представлена несколькими видами микроорганизмов: мезофильными и термофильными молочнокислыми микроорганизмами с гомо- и гетероферментативным типами метаболизма и пропионовокислыми бактериями. Среди термофильных лактобактерий, которые зачастую вводят в состав заквасок, следует выделить термофильные стрептококки *Streptococcus thermophilus* и молочнокислые палочки видов *Lactobacillus helveticum*, *Lactobacillus lactis*. Данные термофильные лактобациллы владеют высокой протеолитической активностью, благодаря чему в сырах этой группы накапливается много свободных аминокислот и низкомолекулярных пептидов, придающих продукту «зрелый» вкус. Основные технологические свойства термофильных стрептококков и лактобацилл представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства термофильных стрептококков и лактобацилл

Название показателя	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus lactis</i>	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>
Отношение к кислороду	Факультативные анаэробы		
Температура роста:			
оптимальная	37-42 °С	40-42 °С	30-37°С
предельная	15-52 °С	22-53 °С	15-43°С
Продолжительность сквашивания молока	3,5-7,0 ч.	4-6 ч.	12-72ч.
Предельная кислотность в молоке	110-120°Т	200-300 °Т	160-180 °Т
Максимальный % NaCl	3-4%	4%	до 6,5%
Протеолитическая активность	+	+++	++
Продукты метаболизма	молочная кислота (гомоферментативные)		молочная кислота, частично СО ₂ , диацетил, (гетероферментативные)

Видовой состав заквасочных культур для обозначенных групп сыров довольно условный, и производители бактериальных препаратов постоянно ведут работу по созданию новых композиций, сочетая разные виды и штаммы микроорганизмов.

Пропионовокислые бактерии являются незаменимыми микроорганизмами в производстве сыров швейцарской группы, поскольку они отвечают за образование характерного рисунка и специфического вкуса. Важное свойство этих бактерий - образование пропионовой кислоты в результате пропионовокислого брожения, что и дало название данному роду. Конечными продуктами биохимического процесса превращения углеводов, молочной кислоты и ее солей (лактатов) также являются уксусная кислота, углекислый газ, диацетил, ацетоин, другие летучие ароматические соединения. Именно поэтому типичные для сыроделия штаммы *Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii* благодаря способности метаболизировать лактаты используют в симбиозе с молочнокислыми стрептококками и палочками. Такие лактобациллы, как *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*, накапливающие свободные аминокислоты в процессе созревания сыров, стимулируют рост пропионовокислых бактерий. В то же время пропионовокислые микроорганизмы способны расщеплять белковые соединения, образуя достаточно большие количества аминокислоты пролин. Именно благодаря ее накоплению в сырной массе зрелый сыр приобретает специфический сладковатый привкус и утонченный аромат.

Также бактериям рода *Propionibacterium* присуще образование широкого спектра компонентов, незаменимых для жизнедеятельности организма. Прежде всего, эти бактерии известны как продуценты витаминов группы В: цианокобаламина В₁₂, фолиевой кислоты В₉. Кроме того, основные продукты метаболизма пропионовокислых бактерий – пропионовая кислота и бактериоцины – обуславливают антагонистическое действие пропионовокислых бактерий по отношению до многих грамм-положительных бактерий. Основные технологические характеристики производственно-ценных штаммов пропионовокислых микроорганизмов представлены в таблице 3.

Уровень газообразования, как ключевого полезного свойства пропионовокислых бактерий, имеет значение в производстве сыра. Сыроделам

хорошо известно правило, касающееся использования данных бактерий: вреден как недостаток, так и избыток пропионовокислых культур, но без их участия сыр высокого качества изготовить вряд ли удастся. Многие пороки лучших сыров спровоцированы недостаточным ростом данной заквасочной микрофлоры, вследствие чего продукт имеет невыраженный вкус и аромат, отсутствие «глазков». Однако при чрезмерно бурном пропионовокислом брожении готовый продукт тоже непривлекателен: сырные головки становятся вспученными из-за накопления большого количества газа, а вкус приобретает неприятные оттенки. Пропионовокислые бактерии развиваются в сырной массе в период выдерживания в бродильной камере при температуре 18-20°C и относительной влажности 90%, дальнейший рост их продолжается в течение последующей стадии созревания при более низких температурно-влажностных режимах.

Таблица 3 – Свойства пропионовокислых бактерий

Название показателя	<i>Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii</i>
<i>Отношение к кислороду:</i>	Облигатные анаэробы
<i>Температура роста:</i>	
оптимальная	30-32°C
предельная	15-45 °C
<i>pH роста:</i>	
оптимальный	7,0 ед. pH
предельный	4,5-8,0 ед. pH
<i>Максимальный % NaCl</i>	2%
<i>Продукты метаболизма</i>	пропионовая и уксусная кислоты, CO ₂ , ароматические соединения, спирты, витамины группы В

На современном этапе проблемой как всей молокоперерабатывающей области, так и сыроделия, является низкое качество сырья, а именно, ее неудовлетворительные санитарно-гигиенические показатели, присутствие ингибирующих веществ, таких как антибиотики, перекись водорода, формалин и др. В частности, одна из причин, вызывающих снижение объемов производства твердых и полутвердых сыров, - содержание в сборном молоке спор маслянокислых бактерий. Для производства сыров швейцарской группы количество спор мезофильных лактатсбраживающих бактерий в сырье не должно превышать 2,5

КОЕ в 1 см³, для голландской группы – не более 10 КОЕ в 1 см³. Однако молоко, заготовливаемое в большинстве регионов Украины, характеризуется чрезмерным содержанием спорных микроорганизмов. На отдельных предприятиях, особенно в осенне-зимний период, их численность достигает 500 КОЕ в 1 см³. В последние годы резкое повышение количества спор маслянокислых бактерий в молоке наблюдается также и в летний период. Опасность загрязнения сырья спорами бактерий вида *Clostridium tyrobutyricum* состоит в том, что они являются инициаторами маслянокислого брожения. Клостридии используют лактаты с образованием масляной кислоты, углекислого газа и водорода. Как следствие маслянокислого брожения в сырной массе – порок качества продукта «позднее вспучивание».

Для предупреждения появления этого дефекта в мировой практике сыроделия используется достаточно широкий арсенал средств. К физическим приемам относится бактофугирование молока, позволяющий очистить молоко от спор на 99,5-99,9%. К химическим приемам можно отнести внесение в молоко ингибиторов роста клостридий: нитратов (калия или натрия азотнокислых) в количестве 200-300 г на 1 т молочной смеси или лизоцима. Однако в первом случае использование селитры может привести к побочному эффекту подавления чувствительной к ингибирующим веществам заквасочной микрофлоры, особенно, пропионовокислых бактерий. Это, в свою очередь, непременно приводит к ухудшению качества сыра. Привлекательность же лизоцима как средства предотвращения маслянокислого брожения в сырах по сравнению с другими ингибиторами состоит в его натуральном происхождении и избирательном действии на технически вредную микрофлору. Однако вследствие высокой стоимости этого препарата широкого применения на сыродельных предприятиях Украины он не находит.

Также особую опасность в производстве сыров представляют бактерии группы кишечных палочек – представители санитарно-показательной микрофлоры на предприятии, которые уже на начальных этапах производства сыров могут вызвать образование резинистой вздутой структуры, неправильного рисунка, постороннего привкуса («раннее вспучивание» сыра).

Перспективным способом борьбы как с маслянокислым брожением, так и с другими микробными контаминантами, является использование защитных заквасочных культур антибактериального действия на основе микроорганизмов с выраженными антагонистическими свойствами. Положительный эффект достигается путем привлечения в состав таких бактериальных препаратов видов, биологическая активность которых обеспечивает не только желаемые для сыров органолептические характеристики и степень зрелости, но и определенный уровень безопасности. Эффект действия молочнокислых бактерий как защитных культур может осуществляться за счет образования антагонистических продуктов обмена (органические кислоты, перекись водорода, диацетил, бактериоцины и т.д.), а также за счет конкуренции за питательные вещества. Благодаря суммированию отдельных факторов достигается синергетический эффект подавления роста нежелательной микрофлоры. Спектр микроорганизмов, чувствительных к действию продуктов метаболизма лактобактерий, включает не только клостридии и бактерии группы кишечной палочки, но и сальмонеллы, стафилококки, листерии, протей, некоторые виды дрожжей и плесени. Особенностью продуцируемых заквасочными микроорганизмами бактериоцинов является то, что они воздействуют на узкий круг бактерий, что позволяет целенаправленно применять такие защитные культуры против определенной технически вредной микрофлоры. Предпосылкой их успешного применения также является тот факт, что в сырной массе при определенных значениях кислотности, содержании соли, окислительно-восстановительного потенциала, антагонистическая активность таких культур может усиливаться.

На современном рынке заквасочных культур для сыроделия эта ниша продуктов представлена бактериальными препаратами таких видов бактерий, специфически подавляющих развитие посторонней микрофлоры в молочных продуктах благодаря синтезу бактериоцинов: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*. Их применение дополнительно к основным закваскам дают возможность вырабатывать продукт стабильно высокого качества.

Таким образом, ассортимент заквасочных культур для производства сыров разнообразен, но безоговорочным условием для верного выбора и применения бактериальных концентратов является знание состава и свойств микрофлоры предлагаемых культур. Также необходимо подчеркнуть, что успех определяется не только удачным выбором бакконцентратов и их поставщиком, но в первую очередь, соблюдением санитарно-гигиенических норм и технологического регламента производства сыров, правил применения заквасочных культур, условий их хранения, схемы ротации.