https://doi.org/10.21603/2073-4018-2024-1-4

УДК 637.333: 637.3.057

Обзорная статья

О проблемах рисунка в сырах с участием пропионовокислых бактерий

Валентина Александровна Мордвинова, канд. техн. наук, руководитель направления исследований по технологии сыроделия
E-mail: v.mordvinova@fncps.ru
Григорий Новомирович Рогов, канд. техн. наук, директор
E-mail: g.rogov@fncps.ru
Татьяна Сергеевна Смирнова, аспирант, ведущий инженер
E-mail: t.smirnova@fncps.ru
Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова, г. Углич

Полутвердые сыры с пропионовокислыми бактериями стали очень популярными в нашей стране. В той или иной форме их производят практически все крупные сыродельные предприятия. При производстве этой группы сыров возникают разного рода пороки, которые существенным образом снижают привлекательность сыра для конечного покупателя. Одними из самых распространенных и видимых для потребителя пороков являются пороки рисунка. Попытки сыроделов удешевить производство полутвердого сыра с участием пропионовокислых бактерий, сделав этот сыр наиболее массовым, приводит к появлению еще большего количества причин образования неправильного рисунка. Проведенный анализ позволил определить наиболее часто возникающие пороки рисунка сыра с участием пропионовокислых бактерий. Технологические особенности производства этой группы сыров увеличивают риск развития в них маслянокислых бактерий и образования трещин. Достаточно часто встречается слабое или неравномерное развитие глазков в сырном матриксе. Использование бескоркового созревания приводит к еще двум порокам, практически не встречающимся в сыре при классическом корковом созревании – развитию глазков близко к поверхности сыра, а также к серьезному риску получить рваный рисунок в процессе вакуумной упаковки. Понимание факторов и причин, влияющих на развитие пороков рисунка, дает возможность исследователям сконцентрироваться на поиске эффективных способов управления развитием пропионовокислых бактерий в полутвердых сырах. Изучение механизма правильного формирования рисунка, вкуса и консистенции сыра позволит избежать дефектов, снизить себестоимость производства и повысить конкурентноспособность отечественной продукции на рынке.

Ключевые слова: пороки сыра, пропионовокислые бактерии, качество, рисунок сыра

Для цитирования: : О проблемах рисунка в сырах с участием пропионовокислых бактерий / В. А. Мордвинова, Г. Н. Рогов, Т. С. Смирнова // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 1. С. 34-39. https://www.doi.org/10.21603/2073-4018-2024-1-4

Сыр является обязательным компонентом потребительской корзины и используется в питании людей разных возрастных категорий. В последние годы, в связи со стратегией технологического развития РФ в части обеспечения продовольственной безопасности России и повышения конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, на крупных российских сыродельных предприятиях стали производить сыры премиум-класса, в том числе и сыры швейцарского типа, отличающиеся оригинальным крупным развитым рисунком и вкусовым букетом.

Возрастающий спрос на сыры со стороны потребителей стимулирует переработчиков молочной отрасли к увеличению объемов производства и расширению ассортимента продукции. Аналитики сырного рынка отмечают растущую популярность сыров швейцарской группы. Согласно данным И. В. Ковалевой с соавторами [1], производственная кооперация и интеграция на базе шести маслосырзаводов позволила повысить производственную мощность до уровня 17 тыс. т. Так, ООО «Кипринский МСЗ» начал осуществлять производство сыров «Гран-При» и «Маасдам» с применением инновационных технологий их созревания: выпуск в блочном виде с весом 25 кг и созреванием в специальных камерах (крейтах). Они выделяют этот сыр из ассортимента других видов за особенный сладковато-пряный вкус и ореховый привкус. Формирование вкусового букета данного вида сыра происходит в результате развития комбинации заквасочной микрофлоры, обязательно содержащей пропионовокислые бактерии. Особенность вкуса формируется благодаря активному пропионовокислому брожению, в результате которого накапливаются характерные вкусоароматические вещества: пропионовая, уксусная, янтарная, молочная, глютаминовая кислоты, каждая из которых может быть в свободной форме и/или в виде солей аммония, натрия, калия, магния или кальция [2].

Несмотря на продовольственный интерес привлекательности сыров швейцарской группы, при их изготовлении возникает ряд трудностей. Технология изготовления сыров с участием пропионовокислых бактерий является более сложной по сравнению, например, с сырами голландской группы, и качество сыра зависит от ряда факторов.

Попытки производить сыр с участием пропионовокислых бактерий по стандартной технологии приводят к нестабильным результатам с многочисленными проблемами качества готового продукта. Основными пороками в сырах с пропионовокислыми бактериями, с которыми сталкиваются производители, являются проблемы, связанные с вкусом и запахом сыра, консистенцией и текстурой, дефектами рисунка: переразвитый рисунок, колющаяся консистенция (самокол), раннее и позднее вспучивание сыров, отсутствие рисунка («слепой» сыр), губчатый рисунок, глазки у поверхности сырной головки, горький и жгучий вкус и другие [3, 4].

Причинами появления пороков в сыре могут быть различные факторы: несоответствие состава и свойств молока предъявляемым сыроделием требованиям, нарушение технологии и санитарных правил производства, низкое качество функционально необходимых компонентов (заквасок, молокосвертывающих энзимов и других), нарушение правил эксплуатации технологического оборудования и другие [3, 5].

Одним из распространенных пороков является раннее и позднее вспучивание во время созревания. Раннее вспучивание сыров обусловлено интенсивным развитием газообразующей микрофлоры, возбудителями которой могут являться бактерии групп кишечной палочки, реже дрожжи и лейконостоки.

Главной причиной раннего вспучивания в сырах является снижение активности закваски, причиной которого может служить наличие ингибиторов в молоке и активное развитие бактериофага, особенно на начальных стадиях производства сыра [6, 7]. Развитию бактерий групп кишечной палочки могут способствовать грубые нарушения режимов пастеризации и санитарно-гигиенических условий производства сыра. Дрожжи и лейконостоки могут вызывать ранее вспучивание головок сыра только при высоком уровне развития, что бывает достаточно редко [3].

Наиболее острой проблемой на предприятиях является позднее вспучивание сыров. Оно происходит во второй половине созревания и заключается в резком увеличении объема и даже разрыве головок сыра из-за интенсивного газообразования. Данный порок вызывают маслянокислые бактерии видов *Clostridium tyrobutyricum*, реже *Clostridium butyricum* (рис. 1).

Это происходит потому, что между пропионовокислыми и маслянокислыми бактериями возникают конкурентные отношения за продукты питания, так как они используют одинаковые источники органических соединений.

Кроме того, к этому времени в сыре накапливается достаточное количество продуктов гидролиза белка, что является наилучшей формой связанного азота для этих бактерий, а также несколько повышается активная кислотность сырной массы. Прорастание спор клостридий, которые не погибают при пастеризации, приводит к переработке лактата с образованием масляной и уксусной кислот, водорода и углекислого газа в избыточном количестве. Сыры, которые подвергаются позднему вспучиванию, имеют нетипичный, слащаво-прогорклый вкус с резким запахом масляной кислоты, мажущуюся консистенцию, рваный рисунок. Позднее вспучивание может привести даже к разрыву головок [8].

Когда в сыре количество маслянокислых бактерий достигает 2×10^5 КОЕ/г, начинают проявляться признаки брожения, а интенсивное вспучивание наступает, когда их количество достигнет нескольких млн в 1 г. Поэтому от количества спор клостридий может зависеть спектр пороков, который достаточно широк и не ограничивается только сильным газообразованием в сырной головке [8].

Для профилактики позднего вспучивания сыров необходимо соблюдать меры, направленные на предотвращение заражения молока спорами маслянокислых бактерий как на фермах, так и на самом сыродельном заводе. Существует множество способов предотвращения развития маслянокислых бактерий в сырах. Самым эффективным из них является отбор на производство сыра молока, не содержащего спор

Рисунок 1. Маслянокислое брожение в сыре Маасдам

лактатсбраживающих маслянокислых бактерий, а одним из широко применяемых – бактофугирование и микрофильтрация: удаление спор маслянокислых бактерий из молока. При данных процессах удаляется более чем 90–95 % бактерий и спор, важным фактором в данном случае является начальное количество содержания спор в молоке-сырье [8].

Еще одним из способов борьбы с маслянокислыми бактериями является внесение нитратов калия или натрия. В странах Таможенного союза нитраты разрешены к применению как консерванты в сырах твердых и полутвердых. Их количество не должно превышать 50 мг/кг (приложение № 8 к ТР ТС 029/2012), а их использование должно обязательно указываться на этикетке. Однако количество нитратов, разрешенное в сыроделии и введенное в сыры с высокой температурой второго нагревания, распадается примерно в течение 10–15 сут., поэтому использование их не дает желаемого эффекта [9]. Исследованиями было доказано, что внесение лизоцима в сырную массу позволяет подавить развитие лактатферментирующих клостридий и предупредить появление пороков, связанных с развитием и жизнедеятельностью этих микроорганизмов [10]. В связи с этим, в настоящее время наиболее эффективным в применении является натуральный консервант – лизоцим, полученный из яичного белка. Действие лизоцима основано на разрушении полисахаридов клеточной стенки нежелательных микроорганизмов, приводящего к гибели клеток. Лизоцим при внесении в смесь для производства сыра действует избирательно, подавляя развитие маслянокислых бактерий, но щадяще относится к основной заквасочной микрофлоре, в том числе пропионовокислым бактериям [9]. При всех положительных свойствах компонента, лизоцим относится к аллергенам и при индивидуальной непереносимости яичного белка может стать причиной аллергии [10].

Одним из биологических способов борьбы с пороком позднего вспучивания является применение культур, обладающих антагонистической активностью к возбудителям маслянокислого брожения в сырах. Исследования ученых Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия на базе Экспериментальной биофабрики позволили выделить из коллекции штаммов Lactiplantibacillus plantarum, который обладает антагонистическими свойствами к бактериям группы кишечной палочки. Также ведутся исследования в области применения защитных культур молочнокислых бактерий таких как: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* для подавления патогенной микрофлоры, в том числе борьбы со споровыми бактериями [3]. Основным отличием биокультур является их способность выделять вещества, обладающие антимикробными свойствами, такими как бактериоцины (белковые соединения, которые замедляют и подавляют рост споровых микроорганизмов). Применение биологического способа экономически выгодно для предприятий, и в дальнейшем его популярность к применению защитных культур будет только расти [8].

Еще одним из распространенных пороков сыра с участием пропионовокислых бактерий является «самокол» или трещины в сыре. Трещинами называют разрывы в разных частях сырной головки, приводящие к неправильному формированию рисунка в сыре и влияющие на его внешний вид. Они могут быть как совсем маленькими (микротрещины) по всей массе сырного теста, так и глубокими и разрозненными. Сыроделы такие трещины называют «самоколом». Их образование может быть связано с нежелательным брожением, причем не только посторонней микрофлорой, и с недостаточной пластичностью сырного матрикса [11, 12]. Часто такой порок не приводит к изменению вкуса, а сыр может иметь достаточно пластичную консистенцию (рис. 2). Серьезная проблема возникает, когда трещины выходят на поверхность сыра.

Когда трещины образуются в углах бруска сыра, это приводит к отсутствию замкнутости поверхности, попаданию плесневых грибов в открытые участки сыра и ухудшению качества. Данный порок играет негативную роль при фасовании сыра, особенно при слайсерной нарезке и приводит к большим потерям и браку [5].

Рисунок 2. Трещины в сыре Маасдам

По мнению А. В. Гудкова, осовными причинами возникновения самокола являются технологические факторы, такие как излишняя кислотность молока и слишком интенсивное кислотообразование в сырной ванне [13].

Эластичная консистенция – основное условие образования глазков правильной формы. В связи с этим технологические режимы при производстве данного вида сыра должны быть направлены на достижение оптимальных условий как для развития пропионовокислых бактерий, так и для получения необходимой структуры сырного теста. Одним из технологических приемов является раскисление сыворотки пастеризованной водой для снижения концентрации лактозы и торможения молочнокислого процесса. Количество вносимой воды регулируют, исходя из значения pH сыворотки в процессе производства сыра.

Часто к самоколу относят щелевидный рисунок сыра, при котором глазки имеют размер менее 1 см. Данный порок связывают с низким содержанием кальция и фосфора в сыре, что может быть обусловлено высокой скоростью кислотообразования во время выработки с низким минимальным значением pH [3, 2, 11]. Высокие концентрации соли также способствуют возникновению трещин на поверхности сырной головки. Самокол сильнее выражен в поверхностных слоях головки, где концентрация соли выше, а снижение связности сырной массы объясняется проникновением соли в сырную голову, протеолизом и гликолизом [2, 12].

А. А. Майоровым отмечено, что одной из причин образования самокольных трещин в сыре являются технологические этапы процесса производства, такие как формование и прессование. Если на этапе формования происходит изменение формы бруска за счет перемещения его из формовочного аппарата в форму, то это может вызвать появление трещин. Это можно подтвердить тем, что при формовании сыра в колонне, где процесс замкнут и заканчивается автоматическим наполнением формы сырным зерном, практически полностью отсутствует данный порок. Чтобы предотвратить образование самокола в сыре необходимо дополнительно контролировать процессы прессования, самопрессования, формования, посолки и созревания сыра [11].

Источник изображения: Freepik.com

В крупных сырах самокол также появляется при переносе их из бродильной камеры созревания в прохладную. Это объясняется тем, что сырное тесто после бродильной камеры еще эластичное, в нем активно происходит процесс развития пропионовокислых бактерий. Затем при переносе в прохладную камеру, частично отвердевают триглицериды, тем самым уменьшая эластичность сырной массы [11, 12]. Поэтому контролировать развитие данного порока можно методом подбора штаммов пропионовокислых бактерий и регулированием технологии производства сыра.

Отсутствие типичного рисунка в сырах является следствием слабого развития пропионовокислых бактерий, так как они чувствительны к высо-

ким концентрациям соли, низким значениям pH и присутствию меди. Все перечисленные факторы значительно снижают развитие пропионовокислого брожения и, соответственно, рисунка сыра. Также важным фактором является основная заквасочная микрофлора, в том числе наличие в закваске лейконостоков. Они обладают газообразующей активностью, поэтому способны провоцировать более активный рост глазков, помогая пропионовокислым бактериям.

Важными показателями качества сыра с участием пропионовокислых бактерий являются размеры, количество и распределение глазков в сырном тесте. При наличии данных отклонений, сыр в нарезке будет существенно различаться по массе, а при отсутствии глазков по всей поверхности, не будет соответствовать типу швейцарского сыра. Недостаточное и неравномерное образование глазков связано именно с правильным развитием пропионовокислых бактерий во время созревания сыра в бродильной камере [12]. Излишнее газообразование микроорганизмов может привезти к другому пороку – чрезмерному образованию глазков.

На предприятиях часто встречаются случаи неравномерного распределения глазков в сырном тесте и образования глазков у поверхности сырной массы (рис. 3). Неравномерное распределение глазков чаще всего связано с технологическим процессом формования, когда происходит захват воздуха сырной массой [9]. Нарушение технологии при посолке сыра также может способствовать развитию глазков у поверхности, что приводит к разрыву сырного теста и нарушению поверхности сыра. При проведении исследований сыра такого качества специалисты зачастую приходят к выводу, что технологически сыр имеет отклонения, такие как: консистенция сырного теста слишком твердая, сухая, недостаточно эластичная, при формовании происходит недостаточное слияние сырных зерен и другое [14].

Рисунок 3. Образование глазков пропионовокислыми бактериями у поверхности сырной головки

Классическое производство полутвердых сыров с участием пропионовокислых бактерий предусматривает корковое созревание. Для сокращения потерь сыра и уменьшения затрат по уходу за сыром в процессе созревания, большинство производителей сыра Маасдам пытаются делать его по бескорковой технологии, имитируя тем самым процессы твердых сыров типа Швейцарского. Однако разница в содержании влаги в созревающих сырах приводит к активному развитию пропионовокислых бактерий в полутвердых сырах близко к поверхности, что в свою очередь является причиной неправильного развития рисунка сыра [15]. Еще одной проблемой неправильного рисунка в сыре, связанного с бескорковым созреванием, может быть несколько поздняя упаковка созревающего сыра с использованием несоответствующей технологии вакуумирования. Это приводит к разрывам сырного теста и сжатию глазков (рис. 4)

К сожалению, все описанные выше пороки, при дегустации снижают сортность сыров данной группы и приводят к большим финансовым потерям производителя. Так как сыры с участием пропионовокислых бактерий формуются из пласта, то отсутствие правильного рисунка входит в перечень пороков и иногда сочетается с такими органолептическими характеристиками сыра, как кислый и горький вкус, крошливая консистенция, недостаточно выраженный вкус и другие.

Поскольку данный вид сыра востребован потребителем, и его популярность растет, во ВНИИМС ведется работа по изучению и улучшению

Рисунок 4. Разрывы сырного теста и сжатие глазков

качества данной группы сыров. Изучение механизма правильного формирования рисунка, вкуса и консистенции сыра позволит избежать дефектов и повысит конкурентноспособность отечественной продукции на рынке.

Просим откликнуться технологов и производителей сыра, сообщить о проблемах, возникающих у вас на предприятиях с сырами, в которых участвуют пропионовокислые бактерии, для дальнейших исследований и помощи в их решении.

Eye Formation in Cheese with Propionic Acid Fermentation

Valentina A. Mordvinova, Grigorii N. Rogov, Tatiana S. Smirnova
All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Uglich

Semi-hard cheeses with propionic acid bacteria have gained popularity in Russia: almost all major cheese plants produce this or that variety. However, semi-hard cheeses with propionic fermentation are notorious for certain defects that emerge during production. Irregular eye formation is one of the most common and visible defects that reduce product appeal for the end consumer. In an effort to reduce production cost and increase production volumes, cheese makers only aggravate improper eye formation. This article introduces the most frequent defects of propionic cheeses. For instance, butyric acid bacteria often appear as a result of production technology and cause surface cracks. Poor or irregular eye formation in the cheese matrix is another popular defect. Rindless cheese ripening leads to two more defects, which hardly ever occur during traditional rind cheese maturation. First, eyes may develop too close to the cheese surface. Second, vacuum packaging process may trigger ragged eye formation. A comprehensive understanding of factors that affect eye formation allows cheese makers and food scientists to concentrate their efforts on efficient methods to control the development of propionic acid bacteria in semi-hard cheeses. In-depth studies of eye formation, taste, and texture make it possible to avoid defects, reduce production cost, and make domestic products more competitive.

Key words: cheese defects, propionic acid bacteria, quality, cheese eye formation

Список литературы

1. **Ковалева, И. В.** Анализ и перспективы развития отрасли сыроделия: региональный аспект / И. В. Ковалева, М. Г. Кудинова // Сыроделие и маслоделие. 2023. № 4. С. 10–13. https://doi.org/10.21603/2073-4018-2023-4-5; https://elibrary.ru/bqzikr

2. **МакСуини, П. Л. Г.** Практические рекомендации сыроделам / П. Л. Г. Мак Суини. Пер. с англ. Под ред. канд. тех. наук И. А. Шергиной – СПб.: Профессия, 2011. – С. 243–262.

3. **Гудков, А. В.** Сыроделие: технологические, биохимические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков. – М.: ДеЛи принт, 2003. – С. 803.

4. **Bergere, J. L.** Cheese manufacturing accidents and cheese defects / J. L. Bergere [et al.] // Cheesemaking from Science to Quality Assurance – 2nd ed. – Paris: Technique et Documentation. 2000. – P. 477–508.

5. **Заболоцкая, Т. А.** Особенности формирования рисунка сыров Швейцарского типа / Т. А. Заболоцкая, Е. А. Давыдова, А. Н. Лилишенцева // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2012. № 1 (15). С. 20–23. https://elibrary.ru/uimneu

6. **Frohlich-Wyder, M. T.** Cheeses with propionic asid fermentation / M. T. Frohlich-Wyder, H. P. Bachmann, P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, T. P. Guinee, eds. // Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. V. 2. Major Cheese Groups – 3nd ed. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. – P. 139-156.

7. **Chamba, J. F.** Contribution of propionic acid bacteria to lipolysis of Emmental cheese / J. F. Chamba, E. Perreard // Lait. 2002. Vol. 82. P. 33–44. https://doi.org/10.1051/lait:2001003

8. **Горина, Т. А.** Проблема позднего вспучивания сыров и пути ее решения / Т. А. Горина // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 1. С. 27–29. https://elibrary.ru/vvhhue

9. **Мордвинова, В. А.** Факторы, влияющие на качество сыров типа «Маасдам» / В. А. Мордвинова, Г. М. Свириденко // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 3. С. 28–30. https://elibrary.ru/twrpkl

10. **Шергина, И. А.** Использование перекисно-каталазной обработки молока и лизоцима при производстве твердых сычужных сыров с низкой температурой второго нагревания: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04: защищена 09.01.1990 / Шергина Ирина Александровна. – Вологда, 1989. – С. 162.

11. **Майоров, А. А.** Самокол в сыроделии: анализ причин / А. А. Майоров // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 1. С. 18–20. https://elibrary.ru/yiclhr

12. **Майоров, А. А.** Исследование процессов образования глазков и трещин в советском сыре: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Майоров Александр Альбертович. – Барнаул, 1979. – С. 187.

13. **Гудков, А. В.** Микробиологические аспекты управления качеством сычужных сыров: дис. ... док-ра. техн. наук: 05.18.04: защищена 25.11.1993 / Гудков Анатолий Васильевич. – М., 1993. – С. 312.

14. **МакСуини, П. Л. Г.** Сыр. Научные основы и технологии. Т. 2. Технологии основных групп сыров / П. Л. Г. МакСуини, П. Ф. Фокс, П. Д. Коттер, Д. У. Эверетт. Перев. с англ. – СПб.: Профессия, 2019. – С. 287–308.

15. **Frohlich-Wyder, M. T.** Interaction between propionibacteria and starter/non- starter *lactis* acid bacteria in Swiss-type cheese / M. T. Frohlich-Wyder, H. P. Bachmann, M. G. Casey // Lait. 2002. Vol. 82. P. 1–15. https://doi.org/10.1051/lait:2001001