

Дрожжи – одна из причин появления пятен на поверхности сыров

Галина Михайловна Свириденко, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, руководитель направления микробиологических исследований
E-mail: g.sviridenko@fncps.ru

Марина Борисовна Захарова, канд. техн. наук, научный сотрудник, руководитель направления исследований по средствам микробиологического контроля
E-mail: m.zakharova@fncps.ru

Евгения Евгеньевна Волкова, младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочной продукции
E-mail: e.volkova@fncps.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова, г. Углич

В настоящее время распространенной причиной снижения качества сыров, вплоть до их забраковки, является поверхностная порча, связанная с образованием цветных пятен. Анализ литературных источников и многолетний опыт работы с промышленностью говорят о том, что одной из реальных причин данного порока может быть развитие дрожжей. Образование пятен различных оттенков красного, желтого, оранжевого цвета характерно для пигментообразующих дрожжей, продуцирующих каротиноиды. Дрожжи попадают в сыр либо из молока, либо из рассола, либо с объектов производственной среды. Условия выработки, температурные режимы созревания и хранения сыров не являются ограничивающим фактором для развития дрожжей и процесса пигментообразования. В статье приведены результаты исследований сыров промышленного изготовления, имеющих пороки внешнего вида – образование пятен различных оттенков красного цвета на поверхности. В задачи исследований входил анализ микрофлоры из области цветных пятен и определение микробиологических рисков появления пороков внешнего вида. Объектами исследования являлись мягкие и полутвердые сыры кондиционной зрелости, выработанные в разных регионах России, в частности, в Мордовии, Краснодарском и Алтайском краях и Московской области, с наличием пороков внешнего вида в виде поверхностных пятен красного и красновато-бурого цвета. Для анализа состава поверхностной микрофлоры и выявления микроорганизмов, способных образовывать поверхностные пятна на сыре, исследования проводили, используя стандартизованные микробиологические методы анализа. В результате проведенных исследований установлено, что преобладающей микрофлорой в области красных пятен являются дрожжи, развитие которых на поверхности сыра в процессе созревания обеспечивает появление пороков внешнего вида. Проведенные исследования подтвердили, что причиной образования цветных пятен красного и красно-бурого цвета, как на мягких, так и полутвердых сырах, являются пигментообразующие дрожжи. Однако, формирование окраски от белой к красной и красно-бурой чаще всего происходит во времени под действием освещения при относительно низкой температуре созревания и хранения сыров.

Ключевые слова: сыр, дрожжи, порча, пигментообразование, пороки внешнего вида

Для цитирования: Свириденко, Г. М. Дрожжи – одна из причин появления пятен на поверхности сыров / Г. М. Свириденко, М. Б. Захарова, Е. Е. Волкова // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 4. С. 60–67. <https://www.doi.org/10.21603/2073-4018-2024-4-3>

Введение

Развитие нежелательной микрофлоры на стадии выработки, созревания и хранения сыров может вызывать различные пороки, что приводит к снижению качества и хранимоспособности молочных продуктов. Одним из значимых микроорганизмов порчи молочной продукции являются дрожжи. Для сыров с низкой и высокой температурой второго нагревания дрожжи являются причиной пороков вкуса (нечистый, горький, дрожжевой), рисунка (сетчатый, рваный, броженный или губчатый), внешнего вида (появление цветных пятен на поверхности). Наиболее часто вызывающими порчу мягких, полутвердых и твердых сыров являются виды дрожжей *Debaryomyces hansenii*, *Candida famata*, *Candida lipolytica*, *Pichia membranaefaciens*, *Pichia fermentans*, *Kluuyveromyces marxianus* и др. [1–5].

В последнее время пороки внешнего вида, связанные с появлением цветных пятен, достаточно часто выявляются в процессе созревания сыров,

что приводит к забраковке продукции и снижению экономической эффективности производства. По имеющимся в литературе данным, однозначного ответа о причинах появления пятен в процессе созревания или хранения сыров нет. Предполагаемые причины пороков внешнего вида сыров могут быть различны. В их числе можно рассматривать использование натуральных красителей, таких как аннато; образование в процессе созревания сыра окрашенных продуктов в результате реакции Майяра при накоплении галактозы; развитие посторонней поверхностной микрофлоры, включая дрожжи [6–8].

Различные виды дрожжей широко распространены в окружающей среде. Существенная численность дрожжей характерна для мест обитания с высоким содержанием легкодоступных питательных веществ (сахаров, органических кислот и др.), таких как сладкие плоды и ягоды, нектароносные цветы, выделяющийся сок деревьев. Обитающие



Источник изображения: L.me/handcraftcheese

в цветочном нектаре дрожжи очень разнообразны и представлены родами *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Candida*, *Pichia*, *Hanseniасpora*, *Debaryomyces*, *Metschnikowia* и др. Дрожжи также присутствуют в природных субстратах с низким содержанием сахаров, включая почву, растения, разнообразные растительные остатки, природные воды. Численность дрожжей на зеленых листьях растений колеблется в пределах 10^3 – 10^5 КОЕ/г с возможным увеличением на стадии отмирания листьев; в почве их количество снижается до 10^2 – 10^3 КОЕ/г¹ [9]. Таким образом, сухие и сочные корма являются основным источником обсеменения ферм, а, соответственно, и производимого молока, дрожжами. Во ВНИИМС проводились исследования сырого молока от хозяйств Центрального региона России на предмет оценки общей бактериальной обсемененности и содержания отдельных групп микроорганизмов, значимых для производства сыра. В результате исследований получены следующие

данные (N = 58): при общем уровне бактериальной обсемененности $(2,2 \pm 6,1) \times 10^5$ КОЕ/см³ содержание дрожжей в среднем составляет $(1,2 \pm 4,2) \times 10^3$ КОЕ/см³. Интервальная оценка среднего получена в результате математической обработки данных без учета выпадающих крайних значений. Однако в отдельных образцах молока содержание дрожжей выявлялось как наличие единичных клеток в 1 см³, так и $3,0 \times 10^4$ КОЕ/см³. Полученные результаты согласуются с данными, приведенными в источниках [4, 5, 10]. Ввиду применения низкотемпературной термической обработки сырого молока при изготовлении сыра, остаточное количество дрожжей в пастеризованном молоке может быть значимым. Допустимый уровень содержания дрожжей в молоке для сыроделия в соответствии с СТО ВНИИМС 019-2019 составляет не более 10^2 КОЕ/см³. Присутствие дрожжей в сборном сыром молоке на уровне 10^3 – 10^4 КОЕ/см³ свидетельствует о наличии высоких микробиологических рисков появления пороков, связанных с дрожжами, при изготовлении сыра.

Для некоторых видов дрожжей характерно образование пигментов, что приводит к формированию пятен на твердых субстратах или образованию колоний в посевах на плотных питательных средах, окрашенных в различные цвета. Окраска может быть обусловлена как пигментацией самих клеток, так и выделением веществ, придающих среде ту или иную окраску. Пигментообразование дрожжей служит характерным признаком и используется при их диагностике. Пигменты класса каротиноидов придают колониям дрожжей красную, розовую, оранжевую или желтую окраску. «Красные дрожжи», продуценты каротиноидов, относятся к родам *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Rhodosporeidium*, *Sporobolomyces*, *Cryptococcus*, *Rhodosporeidiobolus* [11, 12]. Некоторые дрожжи образуют диффундирующие в среду красно-вишневые железосодержащие пигменты из группы пиразина, например *Metschnikowia pulcherrima* (выявляются в микрофлоре растений и растительных остатков как лесной, так и степной зоны). «Черные дрожжи» *Aureobasidium pullulans*, развивающиеся в большом количестве на листьях растений в степных районах, формируют темноокрашенные оливковые, коричневые или черные колонии за счет накопления меланиноподобных пигментов^{1,2}. При этом исследо-

¹Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.

²Бабьева, И. П. Методы выделения и идентификации дрожжей. Справочное пособие / И. П. Бабьева, В. И. Голубев. – М.: Пищевая промышленность, 1999. – 120 с.



Источник и изображение: <https://www.instagram.com/foodstagram>

ватели отмечают, что доля пигментообразующих дрожжей в южной степной зоне существенно выше по сравнению с северными лесными районами³.

Выраженная каротиноидная пигментация, характерная для дрожжей, которые входят в группу фитобионтов, является специфической физиологической особенностью для обеспечения защиты клеток от воздействия синглетного кислорода и избыточного излучения видимого и УФ-спектра света³ [13].

Каротиноидные пигменты являются наиболее распространенной группой природных пигментов. Они различаются структурно и функционально и придают окраску от желтой до красной значительной части живой природы [14]. Каротиноидные пигменты синтезируются дрожжами и плесневыми грибами и во всех фотосинтезирующих организмах, от бактерий и микроводорослей до высших растений [15]. Эти соединения хорошо растворимы в жирах и не растворяются в воде. По литературным данным обнаружено и идентифицировано порядка 750 различных каротиноидов [11, 13, 16]. По химической природе каротиноиды относятся к соединениям терпенового ряда, углеродный скелет которых построен из восьми C₅-изопреновых фрагментов [14, 16–18].

Каротиноиды, молекулы которых имеют чисто углеводородное строение (ликопин, α - и β -каротин), называются каротинами и окрашены в оранжевый цвет. Для другой группы каротиноидов характерно наличие в составе кислородсодержащих функциональных групп. Эти каротиноиды называются ксантофиллами (зеаксантин, лютеин, лактукаксантин) и окрашены в цвета от желтого до красного [15].

Пигментообразующие красные дрожжи способны к синтезу широкого спектра каротиноидов: α -каротин, β -каротин (предшественник витамина А), у-каротин, торулен, торулародин, астаксантин, лютеин, зеаксантин, ликопин, фитоин, β -криптоксантин, виолоксантин, флавоксантин, нейроспорин [11, 14, 16, 18]. Причем для определенного вида дрожжей характерен свой набор каротиноидных пигментов как в качественном, так и в количественном соотношении.

На развитие дрожжей и пигментообразование оказывает влияние ряд факторов окружающей среды, таких как наличие доступных питательных веществ и факторов роста (минералов и витаминов), pH, аэрация, температура, свет, облучение и др. [11, 13, 19, 20].

Воздействие света стимулирует биосинтез каротиноидных пигментов, обладающих антиоксидантными свойствами и оказывающих фотозащитное действие на клетки. В работе О. П. Червяковой и др. [19] показано, что облучение белым холодным, синим и зеленым светом повышает продукцию каротиноидов дрожжами *Rhodotorula rubra*, при этом максимальный выход наблюдается при синем освещении (470 нм). Использование ультрафиолетового облучения в сырохранилищах может провоцировать выработку пигментов дрожжами на поверхности сыров как защитное действие на неблагоприятный фактор среды.

Температура является важным параметром, регулирующим биосинтез каротиноидов, так от нее зависит активность ферментов, участвующих в процессе их продукции. У большинства видов дрожжей минимальная температура роста находится в пределах 0–5 °С, и синтез β -каротина *Rhodotorula glutinis* возможен при 5 °С [13]. Поскольку пониженная температура не является ограничивающим фактором для развития дрожжей, то при температурах созревания и хранения сыров они могут развиваться и продуцировать пигменты при наличии соответствующих условий.

³Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.

Активная кислотность (значение pH) оказывает влияние как на продуцирование каротиноидов, так и на нарастание биомассы дрожжей. В сырах значения активной кислотности колеблются в интервале от 6,5 до 4,5 ед. pH, что соответствует оптимальным значениям пигментообразования [20].

Процесс синтеза каротиноидов у дрожжей происходит в присутствии кислорода. Режим аэрации оказывает влияние на количественный и качественный состав синтезируемых пигментов, а эффект аэрации зависит от видовой принадлежности дрожжей. Установлено, что совместное культивирование дрожжей *Rhodotorula rubra* и бактерий *Lactobacillus casei* в лактозной среде, в условиях интенсивной аэрации, приводит к гиперпродукции β -каротина⁴.

Ионы металлов (железа, магния, марганца, кальция, цинка, кобальта, алюминия) активируют специфические ферменты, участвующие в биосинтезе пигментов, что обеспечивает сложные эффекты воздействия этих факторов на продукцию каротиноидов [11]. Химические факторы вызывают окислительный стресс, сопровождающийся повышенным синтезом каротиноидов в дрожжевой клетке. При этом каротиноиды выполняют роль антиоксидантов и защищают клетку дрожжей от разрушающего воздействия химических агентов. На основе литературных данных установлено, что добавление в питательную среду этанола (10 г/л) или уксусной кислоты (5 г/л) при культивировании дрожжей *Xanthophyllomyces dendrorhous* приводит к увеличению продукции каротиноида астаксантина, а также биомассы дрожжей. Другим агентом выступала перекись водорода, которая в концентрации (4–6 г/л) вызывала гиперпродукцию каротиноидов у дрожжей рода *Rhodotorula* [19]. Кроме того, к агентам, вызывающим окислительный стресс и сверхсинтез пигментов, относится хлорид натрия. При культивировании дрожжей вида *Rhodotorula glutinis* добавление 3 % NaCl в питательную среду на основе подсырной сыворотки приводило к повышенному продуцированию каротиноидов, а при культивировании *Rhodotorula mucilagenosa* стимулирующий эффект оказывало добавление в питательную среду 6 % NaCl [11].

Необходимо отметить, что образование каротиноидных пигментов дрожжами происходит при доступе кислорода, что на первый взгляд

не соответствует условиям созревания и хранения сыров, упакованных в полимерные пакеты под вакуумом. Однако, как отмечают производители сыров, красноватые пятна появляются в конце или после созревания на этапах хранения. К этому моменту минимальные критические концентрации кислорода, зависящие от внешних условий, в том числе температуры, вида упаковочного материала и его проницаемости, становятся доступны для пигментообразования.

Таким образом, целью исследования являлось изучение пятен красного цвета на поверхности мягких и полутвердых сыров на предмет выявления причины появления данного порока и взаимосвязи с пигментообразующими дрожжами.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись мягкие и полутвердые сыры кондиционной зрелости, выработанные в промышленных условиях в разных регионах России, в частности в республике Мордовии, Краснодарском и Алтайском краях и Московской области, с наличием пороков внешнего вида в виде поверхностных пятен красного и красновато-бурого цвета.

Для анализа состава поверхностной микрофлоры и выявления микроорганизмов, способных образовывать поверхностные пятна на сыре, исследования проводили в несколько этапов по следующей схеме:

- микроскопирование соскоба из области пятен по ГОСТ 32901-2014;
- поверхностный посев материала из области пятен на питательные среды КМАФАММ по ГОСТ 32901-2014 и Сабуро по ГОСТ 33566-2015 и визуальная оценка выросших колоний с последующим микроскопированием;
- размножение микрофлоры из области пятен в среде накопления (питательном бульоне) – исследуемый биологический материал из области пятен снимали бактериологической петлей и переносили в питательный бульон, культивировали при температуре 30 °С в течение 72 часов;
- анализ состава микрофлоры в культуральной жидкости – выполнение посевов из культуральных жидкостей на среды КМАФАММ по ГОСТ 32901-2014 и Сабуро по ГОСТ 33566-2015 с последующей морфологической оценкой и микроскопическими исследованиями выросших колоний.

⁴Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.



Источник изображения: <http://handicraftsnews.net>

Микроскопические исследования фиксированных и окрашенных метиленовым голубым микропрепаратов проводились с микроскопом PZO SK14 при увеличении 1250 ($100 \times 1,25 \times 10$).

Для выявления пигментообразования чашки с посевами, полученными на разных этапах исследований, после термостатирования посевов, выдерживали в условиях естественной освещенности при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5–10 суток до появления окрашенных колоний.

Результаты и их обсуждение

Внешний вид мягких сыров «Рикотта» и «Моцарелла» с наличием пятен красного цвета на поверхности и результаты исследований поверхностной микрофлоры из области пятен представлены на рисунках 1 и 2.

При микроскопировании материала, взятого с поверхности сыров из области красных пятен, установлено, что господствующей микрофлорой являются дрожжи, т. е. в поле зрения присутствуют крупные клетки овальной формы, характерные для дрожжей.



Рисунок 1. Развитие дрожжей на поверхности сыра «Рикотта»: внешний вид сыра (а); микроскопическая картина из области красных пятен (б)

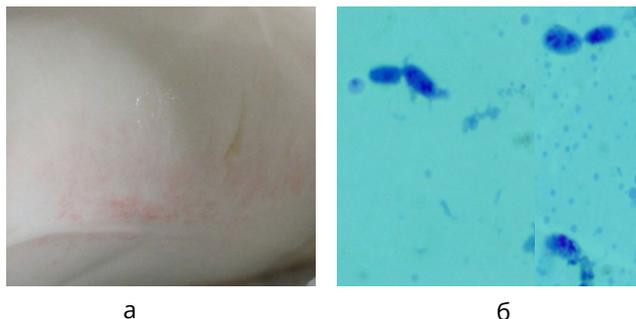


Рисунок 2. Развитие дрожжей на поверхности сыра «Моцарелла»: внешний вид сыра (а); микроскопическая картина из области красных пятен (б)

Результаты микробиологических исследований культуральных жидкостей, полученных при заражении питательного бульона материалом из области пятен с поверхности сыра, представлены в таблице.

На фоне общей бактериальной обсемененности в средах накопления, имеющей уровень 10^8 КОЕ/см³, содержание дрожжей насчитывает не менее 5×10^5 КОЕ/см³, что свидетельствует о значимом присутствии дрожжей на поверхности сыров, давших интенсивное развитие в средах накопления. В посевах культуральных жидкостей как на среду КМАФАММ, так и на среду Сабуро выявлены колонии розового цвета, с ровным краем, блестящие, поверхностные, диаметром $1 \div 2$ мм, характерные для дрожжей, что было подтверждено в результате оценки морфологии клеток при микроскопировании (рис. 3 и 4).

Сыры из группы полутвердых также имеют риски развития пороков внешнего вида. На рисунке 5 показан внешний вид полутвердых сыров с развитием цветных пятен на поверхности. Несмотря на то, что образцы сыра произведены в разных регионах, при исследовании по общей схеме выявлены однотипные причины формирования пороков внешнего вида в виде развития дрожжей. Ниже приведены результаты анализа поверхностной микрофлоры из области красных пятен для полутвердого сыра (рис. 5а).

Микробиологические исследования культуральной жидкости свидетельствуют о развитии мезофильных микроорганизмов (показатель КМАФАММ составляет $(8,0 \pm 0,3) \times 10^7$ КОЕ/см³); качественный состав представлен преимущественно заквасочной микрофлорой и дрожжами, содержание которых составило $(2,5 \pm 0,2) \times 10^5$ КОЕ/см³.

При микроскопировании материала из области пятен с поверхности сыра также выявлены дрожжи и заквасочная микрофлора (рис. 6а). Микроскопирование осадка из среды накопления показывает аналогичную картину (рис. 6б).

Таблица
Результаты микробиологических исследований культуральных жидкостей

Исследуемый образец	КМАФАММ, КОЕ/см ³	Сабуро с антибиотиком, КОЕ/см ³
Сыр «Рикотта»	$(2,6 \pm 0,4) \times 10^8$	$(5,4 \pm 0,3) \times 10^5$
Сыр «Моцарелла»	$(1,3 \pm 0,3) \times 10^8$	$(5,3 \pm 0,3) \times 10^5$

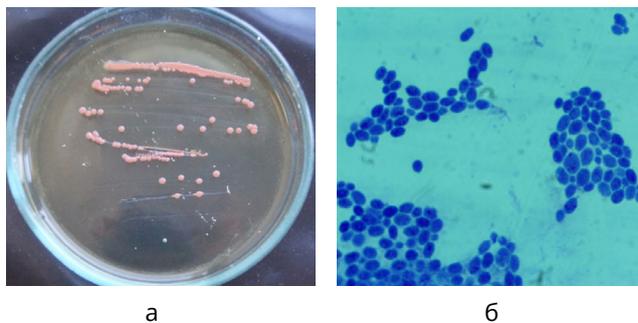


Рисунок 3. Посев культуральной жидкости, полученной при заражении питательного бульона материалом из области пятен с поверхности сыра «Рикотта»: чашка с посевом на среду КМАФАММ через 5 суток выдержки (а); микропрепарат из колонии розового цвета (б)

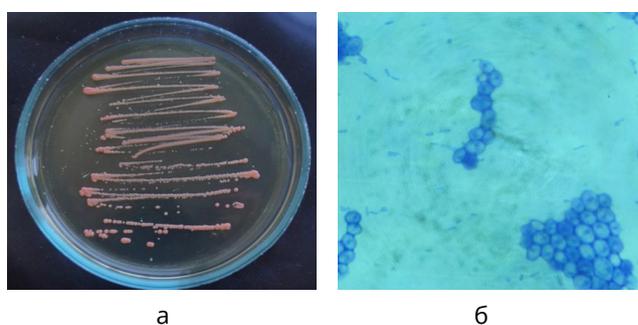


Рисунок 4. Посев культуральной жидкости, полученной при заражении питательного бульона материалом из области пятен с поверхности сыра «Моцарелла»: чашка с посевом на среду КМАФАММ через 5 суток выдержки (а); микропрепарат из колонии розового цвета (б)



Рисунок 5. Внешний вид поверхности сыра с красновато-бурыми пятнами (а) и красными пятнами (б)

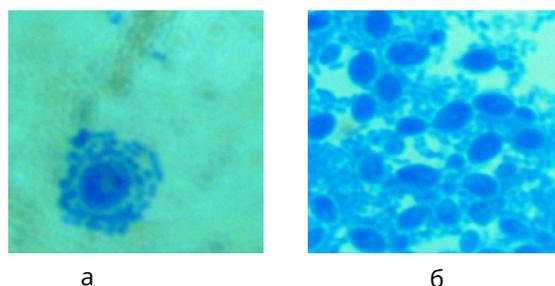
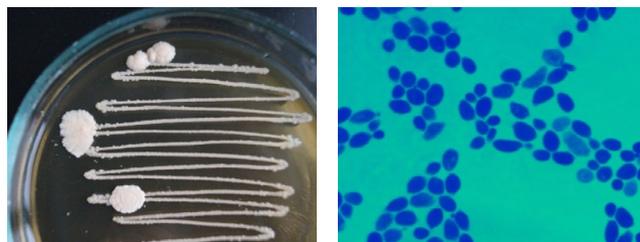


Рисунок 6. Микроскопическая картина материала из области красновато-бурых пятен из соскобов с поверхности сыра (а); из культуральной жидкости (б)

На фотографии микропрепарата, приготовленного из соскоба (рис. 6а), видна клетка дрожжей, окруженная палочковидными и кокковидными бактериями. Они располагаются в капсуле дрожжевой клетки, которая не видна при просмотре фиксированных препаратов в световом микроскопе. Подобные ассоциации встречаются при микроскопировании материала с поверхности сыров. Формирование полисахаридных капсул, способствующих адгезии бактериальных клеток и предохраняющих от высыхания, характерно для пигментообразующих дрожжей. Капсулы способствуют прикреплению клеток к поверхности твердого субстрата, включая сырную корочку⁵.

На рисунке 7 отражены результаты посева на среду КМАФАНМ культуральной жидкости, полученной при заражении питательного бульона материалом из области пятен красновато-бурого цвета. Первоначально колонии в посевах имели белую окраску (рис. 7а), но при выдержке в условиях освещенности, происходило их порозовение. Микроскопическая картина поверхностной колонии с ровным краем диаметром 2 мм свидетельствует о наличии округлых и овальных клеток разного размера, имеющих выраженное ядро, с присутствием почкующихся клеток, что характерно для дрожжей (рис. 7в). В посевах культуральной жидкости от данного образца сыра на среду Сабуро также выявлено развитие пигментообразующих дрожжей.

При исследовании второго образца сыра, имеющего выраженные красные пятна на поверхности (рис. 5б), выявлена аналогичная картина (рис. 8): в посевах культуральной жидкости



а б

Рисунок 8. Посев на среду КМАФАНМ культуральной жидкости, полученной при заражении питательного бульона материалом из области пятен красного цвета: чашка с посевом через 5 сут выдержки (а); микроскопическая картина колонии (б)

на среды КМАФАНМ и Сабуро, после выдержки их в условиях освещенности при комнатной температуре, присутствуют бежевые с розовым оттенком колонии. Микроскопическая картина показывает наличие крупных и средних клеток овальной, округлой, иногда вытянутой формы, с присутствием почкующихся клеток, что подтверждает развитие дрожжей, способных образовывать пигменты.

Выводы

Появление цветных пятен на поверхности сыра является поверхностной порчей, ухудшающей его товарный вид, снижающей хранимостепособность продукта, что отрицательно отражается на эффективности экономической деятельности сыродельного производства. Как показали исследования, причиной образования цветных пятен красного и красно-бурого цвета являются пигментообразующие дрожжи. Однако формирование окраски идет во времени от белой



а б в

Рисунок 7. Посев на среду КМАФАНМ культуральной жидкости, полученной при заражении питательного бульона материалом из области пятен красновато-бурого цвета: чашка с посевом через 72 ч культивирования (а); вид посева после выдержки в течение 7 сут в условиях освещенности (б); микроскопическая картина колонии (в)

⁵Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.

к красной и красно-бурой под действием освещения при относительно низкой температуре созревания и хранения сыров. Следовательно, при производстве сыров с целью снижения рисков образования в процессе созревания и хранения на поверхности сыров цветных пятен красного цвета, необходимо осуществлять контроль молока-сырья на содер-

жание дрожжей в соответствии с требованиями к молоку для сыроделия (СТО ВНИИМС 019-2019); обеспечивать эффективную мойку и дезинфекцию оборудования; контролировать рассол и воздух производственных помещений в соответствии с МР 2.3.2.2327-08⁶ и проводить их обеззараживание при превышении допустимых уровней. ■

Cheese Spoilage by Yeast: Smears on Cheese Surface

Galina M. Sviridenko, Marina B. Zakharova, Evgenia E. Volkova

All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheese Production, Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Uglich

Surface spoilage deteriorates the quality of cheese and may lead to product rejection. Red, yellow, and orange smears are associated with pigment-forming yeasts that produce carotenoids. Yeast enters cheese either with milk and brine, or from contaminated production environment. Production conditions, e.g., ripening or storage temperature, do not prevent yeast development and pigment formation. This research featured ripe soft and semi-hard cheeses produced in Mordovia, Krasnodar, Altai Region, and Moscow Region. All samples had surface defects, i.e., red and reddish-brown smears. The authors used standard methods of microbiological analysis to study the microflora from the colored areas in order to determine the microbiological defect risks and identify the pigment-forming microorganisms. Yeast proved to be the predominating microflora. Its development during ripening caused the formation of red and reddish-brown smears on soft and semi-hard cheeses. The coloration was usually light-induced and occurred during low-temperature ripening and storage.

Keywords: cheese, yeast, spoilage, pigmentation, appearance defects

Список литературы

1. Гудков, А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 800 с.
2. Fleet, G. H. Yeasts in dairy products. A Review / G. H. Fleet // Journal of Applied Bacteriology. 1990. Vol. 68. P. 199–211. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb02566.x>
3. Zheng, X. A. Review on the General Cheese Processing Technology, Flavor Biochemical Pathways and the Influence of Yeasts in Cheese / X. Zheng, X. Shi, B. Wang // Frontiers in Microbiology. 2021. Vol. 12. 703284. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703284>
4. Рябцева, С. А. Роль дрожжей в сыроделии, их источники и разнообразие / С. А. Рябцева, А. Г. Храмцов, А. А. Везирян, В. А. Альмухамедова // Сыроделие и маслоделие. 2020. № 3. С. 23–26. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-23-26>;
5. Garnier, L. Diversity and Control of Spoilage Fungi in Dairy Products: An Update / L. Garnier, F. Valence, J. Mounier // Microorganisms. 2017. Vol. 5. № 42. P. 1–33. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030042>
6. Govindarajan, S. Pink discoloration in Cheddar cheese / S. Govindarajan, H. A. Morris // Journal of Food Science. 2006. Vol. 38. № 4. P. 675–678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02843.x>
7. Martley, F. G. Short communications. Pinkish colouration in Cheddar cheese – description and factors contributing to its formation / F. G. Martley, V. Michel // Journal of Dairy Research. 2001. Vol. 68. P. 327–332. <https://doi.org/10.1017/S0022029901004836>
8. Daly, D. F. M. Pink discoloration defect in commercial cheese: A review / D. F. M. Daly, P. L. H. McSweeney, J. J. Sheehan // Dairy Science and Technology. 2012. Vol. 92. № 5. P. 439–453. <https://doi.org/10.1007/s13594-012-0079-0>
9. Чернов, И. Ю. Дрожжи в природе / И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 336 с.
10. Ritschard, J. S. The Microbial Diversity on the Surface of Smear-Ripened Cheeses and Its Impact on Cheese Quality and Safety / J. S. Ritschard, M. Schuppler // Food. 2024. Vol. 13(2). 214. <https://doi.org/10.3390/foods13020214>
11. Савчик, А. В. Каротиноидсинтезирующие дрожжевые грибы и их применение в биотехнологии (обзор литературы) / А. В. Савчик, Г. И. Новик // Пищевая промышленность: наука и технология. 2020. Т. 13, № 3 (49). С. 70–83.
12. Кантерова, А. В. Морфологическая характеристика и молекулярно-генетическая идентификация выделенных из природных источников каротинсинтезирующих дрожжевых грибов / А. В. Кантерова, С. И. Леонович, А. В. Савчик [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технология. 2019. Т. 12, № 4 (46). С. 59–64.
13. Kot, A. M. Rhodotorula glutinis—potential source of lipids, carotenoids, and enzymes for use in industries / A. M. Kot [et al.] // Appl Microbiol Biotechnol. 2016. Vol. 100/ P. 6103–6117. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7611-8>
14. Дейнека, В. И. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения / В. И. Дейнека, А. А. Шапошников [и др.] // Научные ведомости. 2008. № 6-2(46). С. 19–25.
15. Ладыгин, В. Г. Пути биосинтеза, локализация, метаболизм и функции каротиноидов в хлоропластах различных видов водорослей / Вопросы современной альгологии. 2014. № 2(6). С. 1–15.
16. Cardoso, L. A. de C. Microbial production of carotenoids – A review / L. A. de C. Cardoso, K. Y. F. Kanno, S. G. Karp // African journal of biotechnology. 2017. Vol. 16(4). P. 139–146. <http://doi.org/10.5897/AJB2016.15763>
17. Hernández-Almanza A. Rhodotorula glutinis as source of pigments and metabolites for food industry / A. Hernández-Almanza [et al.] // Food Bioscience. 2014. Vol 5. P. 64–72. <http://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.007>
18. Завьялова, А. Н. Физиологическая роль природных каротиноидов / А. Н. Завьялова, А. В. Суржик // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 6. С. 145–149.
19. Червякова, О. П. Исследование каротиногенеза дрожжами Rhodotorula rubra / О. П. Червякова, С. С. Караулова // Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 23. № 10 (103). С. 117–120.
20. Latha, B. V. Influence of growth factors on carotenoid pigmentation of Rhodotorula glutinis DFR-PDY from natural source / B. V. Latha [et al.] // IJBT 2005. Vol. 4. P. 353–357.

⁶Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов) МР 2.3.2.2327-08 (в редакции 2015 г.). Том I. – ФГБУ ВНИИМС, 2015. – 174 с.