

Голубые сыры: возможности использования натурального красителя хлорофилл

Ирина Леонидовна Остроухова, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

E-mail: i.ostroukhova@fneps.ru

Полина Александровна Кожевникова, аспирант

E-mail: polinaezhkova@yandex.ru

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

Проведены сравнительные исследования физико-химических, биохимических и органолептических показателей развития заквасочной микробиоты контрольных (без красителя) и опытных (с красителем хлорофилл в дозе 0,1 %) плесневых сыров типа Горгонзола в процессе их выработки и созревания. В результате эксперимента установлено, что антибактериальные и противогрибковые свойства хлорофилла не отразились на протекании микробиологических процессов в сырной массе даже при высокой дозе внесения красителя. Сыры, выработанные с использованием хлорофилла, отличались более высокой массовой долей влаги (на 1–2 %) и более низким значением pH (на 0,7–0,8 ед) в сравнении с сырами без красителя. В опытных сырах установлены более интенсивные изменения кислотности жировой фазы за весь период наблюдений (от 45 до 90 суток) и более высокий уровень протеолитических процессов в сырной массе опытных сыров к 45 суткам созревания. Выявленные различия в протекании биохимических процессов в опытных сырах отразились на их вкусе. В сырах опытных вариантов установлена большая степень выраженности перечного и кислomолочного вкусов с отсутствием горечи и менее выраженными аммиачными и грибными привкусами. В запахе опытных сыров присутствовала хорошо различимая «травяная нота»; общая характеристика вкуса – мягкий, сбалансированный. Консистенция опытных сыров более маслянистая и нежная. Использование натурального красителя хлорофилл позволило снизить интенсивность желтого окрашивания сырного теста плесневых голубых сыров.

Ключевые слова: сыр с плесенью, *Penicillium roqueforti*, сыр Горгонзола, сыр с хлорофиллом, качество, безопасность

Для цитирования: Остроухова, И. Л. Голубые сыры: возможности использования натурального красителя хлорофилл / И. Л. Остроухова, П. А. Кожевникова // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 2. С. 55–64. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-2-57>

Введение

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», красителем называется пищевая добавка, предназначенная для придания, усиления или восстановления окраски пищевой продукции. По нормативным и техническим документам на сыр пищевые красители относят к технологическим вспомогательным средствам.

Красители используются в случаях, когда существует необходимость совершенствования технологии для улучшения потребительских свойств пищевой продукции. Их применение не должно вызывать ухудшения органолептических показателей пищевой продукции. Не допускается применение красителей для сокрытия порчи или использования недоброкачественного сырья, для фальсификации готовой продукции и / или с целью введения потребителей в заблуждение.

В Приложениях 2, 10, 11 к ТР ТС 029/2012 приведены перечни пищевых добавок, разрешенных для применения при производстве пищевой продукции, и максимальные уровни содержания красителей в пищевой продукции. Общее количество разрешенных к использованию красителей состоит из 40 наименований. Содержание красителей в пищевой продукции контролируется по закладке (по рецептуре) и / или с применением аналитических методов исследования.



С целью уменьшения степени риска возможного неблагоприятного воздействия красителя на здоровье человека рекомендуется его применение в минимальном количестве, необходимом для достижения технологического эффекта.

При изготовлении сыров, согласно Приложению 2 к ТР ТС 029/2012, допускается применение красителей, приведенных в таблице 1.

Цвет сыра – важный фактор привлекательности продукта для потребителя. Натуральный желтый цвет сырному тесту придают каротиноиды – природные органические пигменты, которые поступают в молоко из свежей травы, их больше в летнем молоке. Производители стараются выпускать сыр одинакового цвета в течение всего года, поэтому добавляют в молоко, предназначенное для выработки сыра, краситель для придания желтого цвета сырному тесту.

Одним из наиболее широко используемых красителей в сыроделии является аннато, который применяется в сыроделии для формирования характерного желто-оранжевого оттенка продукта. Он является натуральным пигментом растительного происхождения, полученным из семян растения *Bixa orellana* L. Основными окрашивающими компонентами служат каротиноидные соединения биксин и норбиксин, представляющие собой апокаротиноиды с сопряженными двойными связями, которые различаются по растворимости и характеру распределения между жировой и водной фазой молока, что определяет эффективность окрашивания сырного сгустка и обуславливает

возможности регулирования окраски сыра и формирование его цветовых характеристик [1, 2].

Наряду с красителями, формирующими желто-оранжевую окраску сырного теста, также применяются пигменты, позволяющие получить иные цветовые характеристики (табл. 1). Краситель хлорофилл (E140) и его медные комплексы (E141 i, ii) используют для окрашивания пищевых продуктов, в том числе сыра, в зеленый цвет. Например, в сыре Дерби с шалфеем зеленый цвет является его визитной карточкой и позволяет замаскировать коричневатый цвет сухой травы. Хлорофилл (от греч. χλωρός – зеленый и φύλλον – лист) – зеленый пигмент, окрашивающий хлоропласты растений в зеленый цвет. При его участии происходит фотосинтез. По химическому строению хлорофиллы – магниевые комплексы различных тетрапирролов. Хлорофиллы имеют порфириновое строение и близки гемму (комплексные соединения порфиринов с двухвалентным железом). Гемы являются одной из разновидностей коферментов¹.

Хлорофилл нашел применение в пищевой промышленности как пищевая добавка, например, успешно используется в качестве натуральной замены синтетических красителей при изготовлении кондитерских изделий. Хлорофилл является одним из наиболее распространенных природных пигментов растительного происхождения, при этом отмечается его чувствительность к кислотности среды, температуре и иным технологическим факторам, его поведение в различных пищевых системах может существенно меняться [3].

Таблица 1. Красители, разрешенные для использования в сыроделии в странах Таможенного союза

Пищевая продукция	Пищевая добавка	Максимальный уровень в продукции
Некоторые виды сыров, изготовленных по рецептурам, согласованным с уполномоченным органом	Аннато (E160b, биксин, норбиксин)	50 мг/кг
	Кармины (E120)	125 мг/кг
	Антоцианы (E163)	согласно технической документации
	Каротины (E160a)	согласно технической документации
	Экстракт паприки, капсантин, капсорубин (E160c)	согласно технической документации
	Уголь растительный (E153)	согласно технической документации
	Хлорофилл (E140) и его медные комплексы (E141 i, ii)	согласно технической документации

¹Билич, Г. Л. Биология для поступающих в вузы / Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский. – М.: Издательство Оникс, 2008. – 1088 с.

Поэтому изучение стабильности хлорофилла и оценка возможности его применения в конкретных продуктах требует дальнейших исследований.

Производное хлорофилла – медный комплекс хлорофиллина (тринатриевая соль) – также получил распространение в качестве пищевого красителя. В отличие от нативного хлорофилла, медный комплекс устойчив в кислой среде, сохраняет изумрудно-зеленый цвет при длительном хранении, растворим в воде и водно-спиртовых растворах. Американская и Европейская медицинские организации относят хлорофиллин меди к пищевым красителям, однако вводят лимит на концентрацию свободной и связанной меди.

Хлорофилл как вещество зеленого цвета способно маскировать натуральный желтоватый цвет сырного теста, создавая эффект «отбеливания» сырной массы [4]. В зарубежной практике он используется для «отбеливания» сырной массы голубых сыров.

Цвет молочных продуктов зависит от присутствия каротиноидов, поступающих в молоко из рациона животных [5]. При этом различные виды сельскохозяйственных животных по-разному метаболизируют данные пигменты: коровы частично накапливают каротиноиды в молочном жире, что придает молоку и сырам желтоватый оттенок, тогда как козы и овцы практически полностью превращают каротин в витамин А, вследствие чего их молоко имеет более белый цвет. Эти особенности сырья оказывают существенное влияние на окраску сырного теста и должны учитываться при производстве сыров, для которых внешний вид и цвет продукта имеют важное технологическое и потребительское значение.

Изначально голубые сыры вырабатывали из овечьего молока (Рокфор). Овечье молоко традиционно белого цвета со слабым сероватым оттенком, что объясняется отсутствием в молочном жире из овечьего молока пигмента каротина. Поэтому сырное тесто из овечьего молока имеет белый цвет. Считая, что зелено-голубые прожилки плесени более выигрышно выглядят на белом фоне, производители европейских голубых сыров из коровьего молока используют осветление желто-оранжевого цвета каротина.

На отечественном рынке присутствует хлорофилл тайского происхождения, который изготавливается из ростков пшеницы. Хлорофилл является 100 % натуральным растворимым порошком, не содержит

консервантов, красителей, сахара и других веществ, обладает сильными противовоспалительными, антибактериальными и противогрибковыми свойствами. В нем содержится множество витаминов и микроэлементов.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что использование пищевых красителей, в том числе и при изготовлении сыров, является достаточно распространенной практикой, направленной на расширение ассортиментной линейки так называемых «окрашенных сыров», имеющих оригинальный цвет сырного теста, и удовлетворение возрастающего интереса покупателей к таким продуктам.

При этом эффективность применения пищевых красителей в сыроделии определяется особенностями их взаимодействия с компонентами молока [6]. Установлено, что поведение пигментов связано с их взаимодействием с белковой и жировой фазой, при этом авторы подчеркивают необходимость специальных исследований, направленных на оценку технологической совместимости натуральных красителей с сырной матрицей, а также их влияние на свойства продукта. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение возможностей применения натуральных красителей.

Современные научные исследования утверждают, что натуральные пищевые красители, в том числе хлорофилл, рассматриваются как перспективная альтернатива синтетическим благодаря их возможным биологически активным свойствам и природному происхождению, что положительно воспринимается потребителями [7]. При этом, несмотря на растущий интерес к таким красителям, они часто уступают синтетическим ввиду своей неустойчивости. Поэтому применение натуральных пигментов в сырах требует оценки их стабильности, поскольку они влияют не только на цвет продукта, но и на его физико-химические свойства и структуру. Особое значение это имеет при производстве голубых сыров, где цвет сырного теста играет важную роль в визуальном восприятии продукта.

В связи с этим **целью данного исследования** являлось изучение влияния натурального красителя хлорофилл на органолептические, физико-химические, биохимические и микробиологические характеристики голубых сыров из коровьего молока в процессе выработки, созревания и хранения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили:

- молоко коровье (сырье, молочная смесь после пастеризации и после внесения бактериальной закваски);
- сыры после прессования и в процессе созревания.

Для исследований в качестве красителя использовали хлорофилл из ростков пшеницы (Тайланд), который является натуральным растворимым порошком, не содержит консервантов, красителей, сахара и других веществ и обладает противовоспалительными, антибактериальными и противогрибковыми свойствами. Хлорофилл зарегистрирован в качестве пищевой добавки E140. Доза красителя выбрана заведомо большая (0,1 %) для установления влияния антибактериальных и противогрибковых свойств, свойственных этой добавке по заявлению производителя. Краситель вносили в молочную смесь перед внесением закваски, предварительно растворив в кипяченой и охлажденной до температуры 34 °С воде. Смесь молока и красителя перемешивали в течение 3–5 мин.

Голубые сыры вырабатывали по технологическому регламенту голубых сыров типа Горгонзола. Варианты проведения выработок приведены в таблице 2.

Физико-химические и микробиологические показатели сырого молока приведены в таблице 3. Для проведения выработок использовали молоко, отвечающее требованиям сыропригодности в соответствии с СТО ВНИИМС 019-2019.

Сырные головки после посолки в рассоле и обсушки прокалывали и помещали на созревание при температуре 8–9 °С и относительной влажности воздуха 89 ± 1 %. По прошествии 45 суток сырные головки зачищали, упаковывали и переносили на дозревание в камеру с температурой 5 ± 1 °С и относительной влажностью воздуха 79 ± 1 % до конца наблюдений (90 суток).

В сырах в процессе выработки и созревания исследовали развитие заквасочной микробиоты, физико-химические, биохимические и органолептические показатели.

В работе применяли следующие методы исследований:

- микробиологические – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и количество заквасочных микроорганизмов, сычужную пробу определяли по ГОСТ 32901-2014; количество дрожжей и плесеней – по ГОСТ 33566-2015; количество спорных анаэробных лактатсбраживающих микроорганизмов (МАНЛМо) – по ГОСТ 32012-2012; количество соматических клеток – по ГОСТ 23453-2014; ингибирующие вещества – по ГОСТ 23454-2016; антибиотики – по ГОСТ 32219-2013;
- физико-химические – массовую долю жира и белка в молоке – прибором «Лактоскан»; массовую долю жира в сыре – по ГОСТ 5867-2023; массовую долю влаги в сыре – по ГОСТ 3626-73; массовую долю поваренной соли в сыре – по ГОСТ 3627-81; активную кислотность сырной массы – по ГОСТ 32892-2014;

Таблица 2. Варианты проведения выработок

Варианты	Наименование заквасочной микрофлоры		Доза внесения хлорофилла, %
	Бактериальная культура <i>Streptococcus thermophilus</i> (невязкий)*	Плесневая культура <i>Enicillium roqueforti</i> **	
Контроль	+	+	–
Опыт	+	+	0,1

Примечание: * – бактериальная культура Экспериментальной биофабрики ВНИИМС (Углич, Россия), ** – плесневая культура PRS компании SASSO (Италия).

Таблица 3. Показатели безопасности и сыропригодности молока-сырья

Показатель	Экспериментальные данные
Массовая доля жира, %	$4,0 \pm 0,1$
Массовая доля белка, %	$3,12 \pm 0,10$
Количество соматических клеток, тыс. клет./см ³	198 ± 48
Ингибирующие вещества	Отсутствуют
Антибиотики	Отсутствуют
Сычужная проба, класс	I–II
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	$(4,6 \pm 1,2) \times 10^4$
Количество спор МАНЛМо, НВЧ спор/см ³	$2,5 \pm 0,7$
Дрожжи, КОЕ/см ³	$(2,9 \pm 1,1) \times 10^2$
Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Не обнаружено

Источник изображений: Getty.com



- биохимические – массовую долю общего азота по Кьельдалю с пересчетом на массовую долю белка – по ГОСТ Р 54669-2011; массовую долю общего водорастворимого белкового азота – методом Кьельдаля по МВИ ВНИИМС (свидетельство № 1-01-16-90); массовую долю растворимого небелкового азота – методом Кьельдаля по МВИ ВНИИМС (свидетельство № 1-02-36-93); кислотность жировой фазы сыра – титриметрическим методом по МВИ ВНИИМС (свидетельство № 2-02-12-03).

Для оценки степени («ширины») протеолиза применялся расчетный способ, основанный на анализе количественного соотношения водорастворимых фракций белка в сыре к общему количеству белка. Для оценки «глубины» протеолиза приме-

няли расчетный метод, основанный на анализе количественного соотношения растворимого небелкового азота в общем растворимом азоте.

Молекулярно-массовое распределение продуктов протеолиза (пептидные профили) в водорастворимой фракции сыров на разных стадиях созревания определяли методом гель-фильтрации высокого разрешения на приборе АКТА pure 25 (Швеция) с использованием хроматографической колонки Superose 6 Increase 10/300 GL (Cytiva, Швеция), диапазон разделяемых масс от 1 до 5000 кДа. Элюент – водный раствор 0,05 М Na_2HPO_4 + 0,15 М NaCl , скорость подачи элюента – 0,5 мл/мин; длина волны детектора – 280 нм. Полученные хроматограммы интерпретировали, сравнивая с хроматограммами контрольного образца с известным пептидным профилем (рис. 1) [8].

Количественное содержание отдельных фракций пептидов определяли путем обработки хроматограмм методом внутренней нормализации, определяя площади пиков отдельных фракций и их долю в сумме площадей всех пиков в процентах.

Органолептическая оценка сыров проводилась аттестованной дегустационной комиссией ВНИИМС по 5-балльной шкале.

Эксперименты проводились в идентичных условиях, не менее чем в трехкратной повторности. Результаты математической обработки выполнены с достоверной вероятностью $p = 0,95$. Статистическую

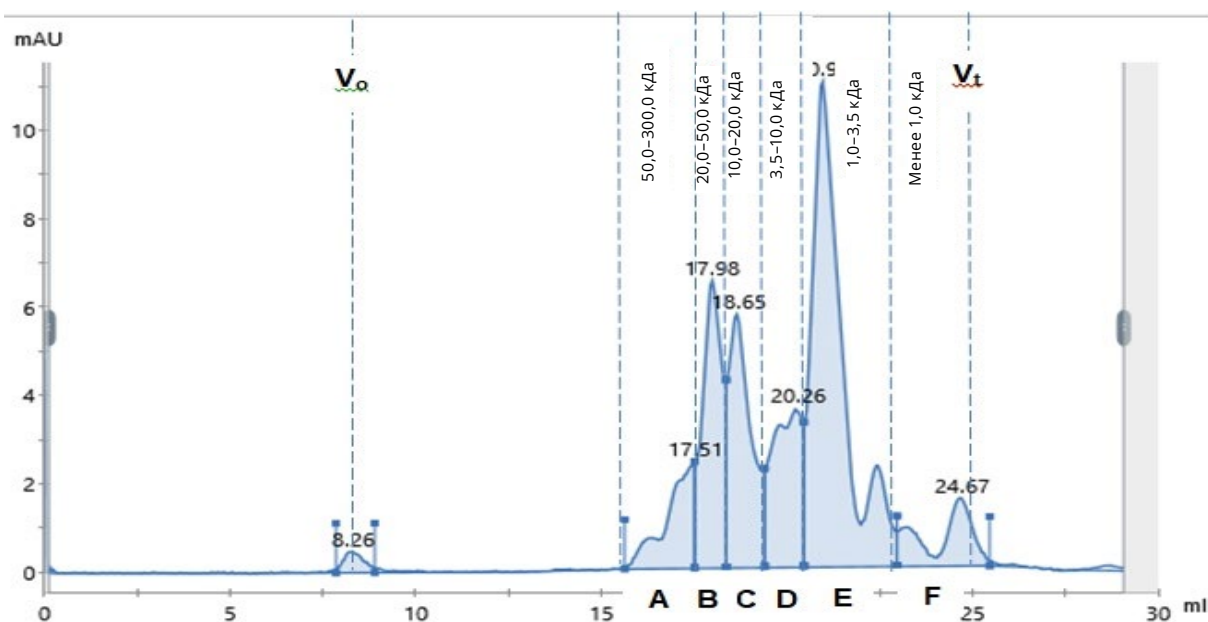


Рисунок 1. Контрольная хроматограмма с обозначением пиков [8]

обработку полученных данных и построение графиков проводили с использованием программы Microsoft Excel. Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n = 3).

Результаты и их обсуждение

Результаты физико-химических исследований сыров – сыра перед посолкой, по достижении кондиционного возраста (45 суток) и в хранении (до 90 суток) – показали значимую разницу (2 %) в массовой доле влаги после самопрессования в сырах с хлорофиллом. Значения более высокой влаги в сырах сохранились на протяжении всего периода испытаний (рис. 2). Можно предположить, что внесенный краситель обладает влагоудерживающими свойствами, как многие растительные пищевые добавки.

Значимая разница в динамике активной кислотности сырной массы между вариан-

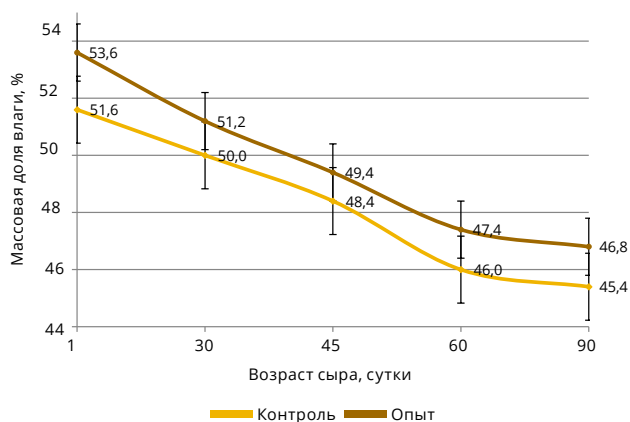


Рисунок 2. Динамика массовой доли влаги в сырах

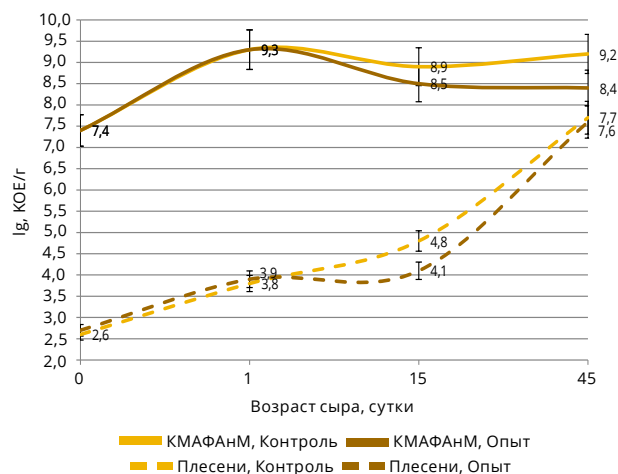


Рисунок 4. Динамика микробиологических процессов до 45 суток созревания

тами прослеживается с 60 суток (рис. 3). При этом в сыре с хлорофиллом выявлены меньшие значения показателя pH в сравнении с сыром без красителя на 0,7–0,8 ед. pH.

Изучение микробиологических процессов в динамике (рис. 4) показало идентичные закономерности в процессах жизнедеятельности микробной и плесневой микробиоты в контрольных и опытных сырах. Выявлено незначительное (на 0,5 порядка), но более быстрое вымирание заквасочных микроорганизмов в сырах с хлорофиллом. Таким образом, присущие хлорофиллу антибактериальные и противогрибковые свойства не отразились на протекании микробиологических процессов в сырной массе даже при высокой дозе внесения красителя (0,1 %).

Биохимические процессы протеолиза (рис. 5) выявили большее накопление общего водорастворимого азота в сыре с хлорофиллом в возрасте 45 суток. Дальнейшие процессы проте-

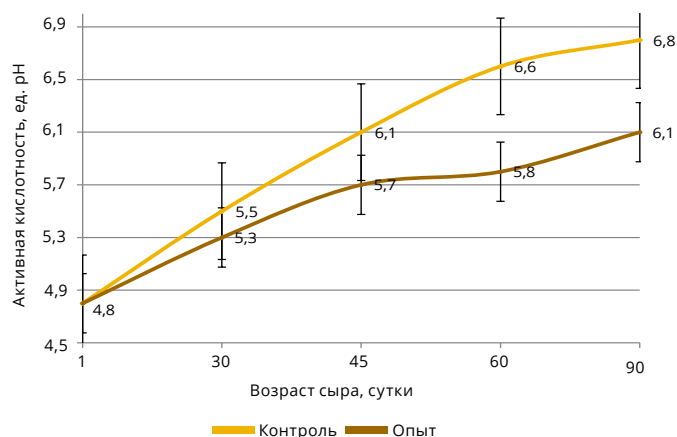


Рисунок 3. Динамика активной кислотности в сырах

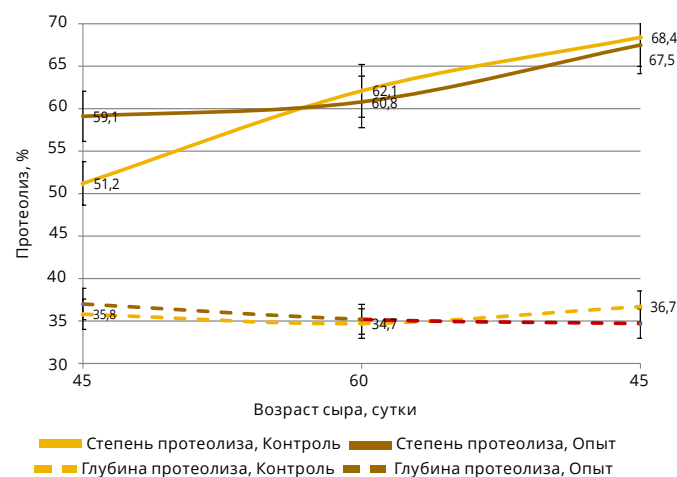


Рисунок 5. Динамика протеолитических процессов в сыре в процессе созревания

олиза, оцениваемые по «ширине» и «глубине» протеолиза, в сырах контрольного и опытного вариантов проходили идентично.

Продукты протеолиза оказывают значимое влияние на органолептическую оценку сыра, поэтому в контрольных и опытных образцах плесневых сыров было исследовано молекулярно-массовое распределение продуктов протеолиза в водорастворимой фракции сыров на разных стадиях созревания методом гель-фильтрации высокого разрешения. Диаграммы молекулярно-массового распределения представлены на рисунках 6–8.

За основу для обработки результатов хроматографических исследований была взята контрольная хроматограмма с обозначением пиков (рис. 1), представленная в статье А. И. Григорьевой [8].

Для представленных на рисунках 6–8 хроматограмм, в соответствии с контрольной хроматограммой, характерно наличие семи фракций, обозначаемых латинскими буквами V0, A, B, C, D, E, F:

- фракция V0 – свободный объем, сюда входят высокомолекулярные белки и белковые комплексы, прошедшие через мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм, имеющие молекулярную массу более 1000 кДа;
- фракция A включает в себя белки с молекулярной массой от 50 до 300 кДа, в том числе иммуноглобулины и бычий сывороточный альбумин;
- фракция B содержит белки (β -лактоглобулин) и высокомолекулярные пептиды с молекулярной массой от 20 до 50 кДа;
- фракция C – белки (α -лактальбумин) и полипептиды с молекулярной массой от 10 до 20 кДа;
- фракция D образована полипептидами (протеозопептоны) с молекулярной массой от 3,5 до 10,0 кДа;
- фракция E – представлена среднмолекулярными пептидами с молекулярной массой от 1,0 до 3,5 кДа;
- фракция F объединяет азотистые соединения с молекулярной массой менее 1 кДа (низкомолекулярные пептиды, свободные аминокислоты).

Для наглядного представления изменения количества отдельных фракций в процессе созревания сыров были рассчитаны их массовые доли в общем количестве всех фракций, соответствующие доле площади каждого пика в сумме площадей всех пиков (в процентах). Результаты приведены на рисунке 9.

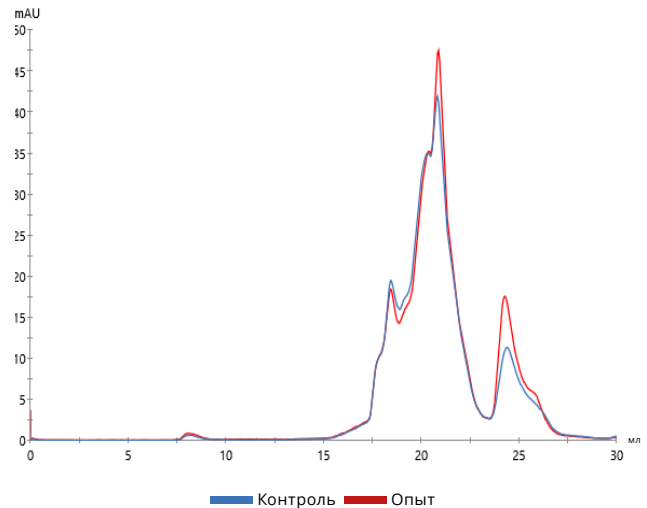


Рисунок 6. Диаграммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза в образцах сыра в возрасте 45 суток

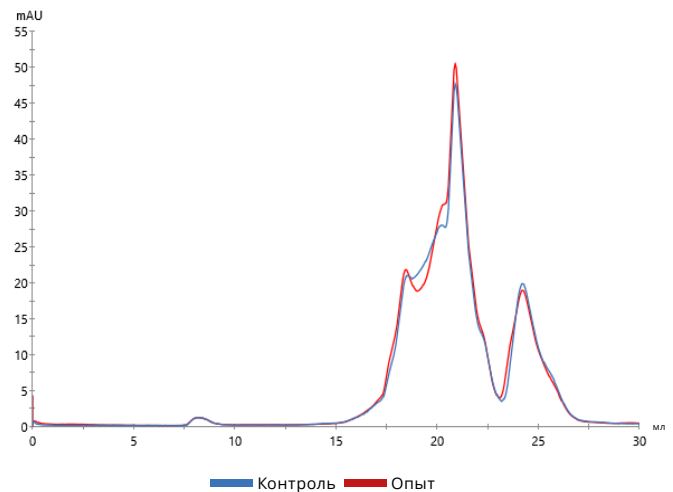


Рисунок 7. Диаграммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза в образцах сыра в возрасте 60 суток

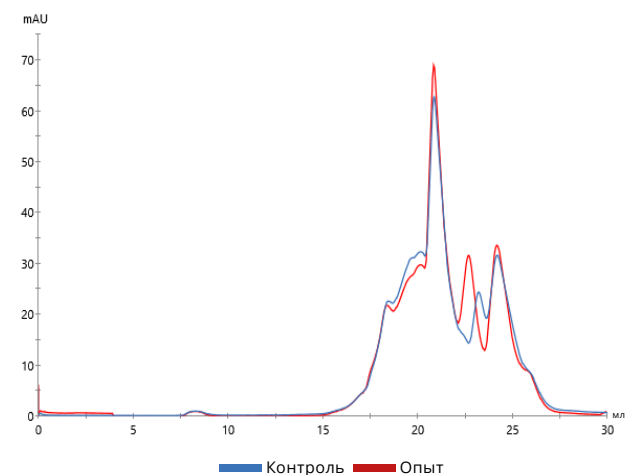


Рисунок 8. Диаграммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза в образцах сыра в возрасте 90 суток

Анализ полученных результатов не выявил различий в пептидных профилях контрольных и опытных сыров:

- в области V0 количество пептидов данной группы за весь период наблюдений не превышало 3 %;
- во фракции С количество пептидов находилось на уровне 10–12 % без изменения объема за исследуемый период;
- в зоне Е сосредоточилась основная (большая) часть пептидных фракций в контрольных и опытных сырах, массовая доля их в начале наблюдения составляла около 37 %, к концу созревания и хранения снизилась до 32 %;
- во фракции F происходило непрерывное накопление низкомолекулярных продуктов протеолиза, в процессе созревания и хранения их количество увеличилось более чем в 2 раза (с 13 до 30 %).

Основное различие между вариантами наблюдалось в области высокомолекулярных (фракция В) и среднемoleкулярных пептидов (фракция D). Область высокомолекулярных пептидов продемонстрировала различия между вариантами на 45 и 60 сутки с колебаниями от 5 до 12 % и одинаковыми значениями (на уровне 8 %) к концу срока хранения.

Колебания значений во фракции D зеркально противоположны значениям, измеренным для фракции В, но происходили на более высоком уровне, от 15–30 % на 45 сутки до 13–18 % к 60 суткам. В конце наблюдения (90 сутки) разница между вариантами не являлась значимой и составляла в среднем 9 %.

Таким образом, анализ пептидных профилей сыров контрольных и опытных вариантов на разных стадиях процесса созревания (рис. 5–7, 9) показывает, что на протяжении всего периода наблюдения в сырной массе голубого сыра в процессе протеолиза закономерно увеличивается общее количество растворимых азотистых продуктов распада белка и происходит разрушение доминирующих на ранней стадии созревания полипептидов и длинноцепочечных пептидов на короткоцепочечные пептиды и свободные аминокислоты. Основное пополнение фонда низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот (фракция F) происходило в большей степени за счет фракций D и E.

Характер протеолиза в сравниваемых контрольных и опытных вариантах голубых сыров аналогичен. Применение хлорофилла не вызывает значимых изменений в степени накопления про-

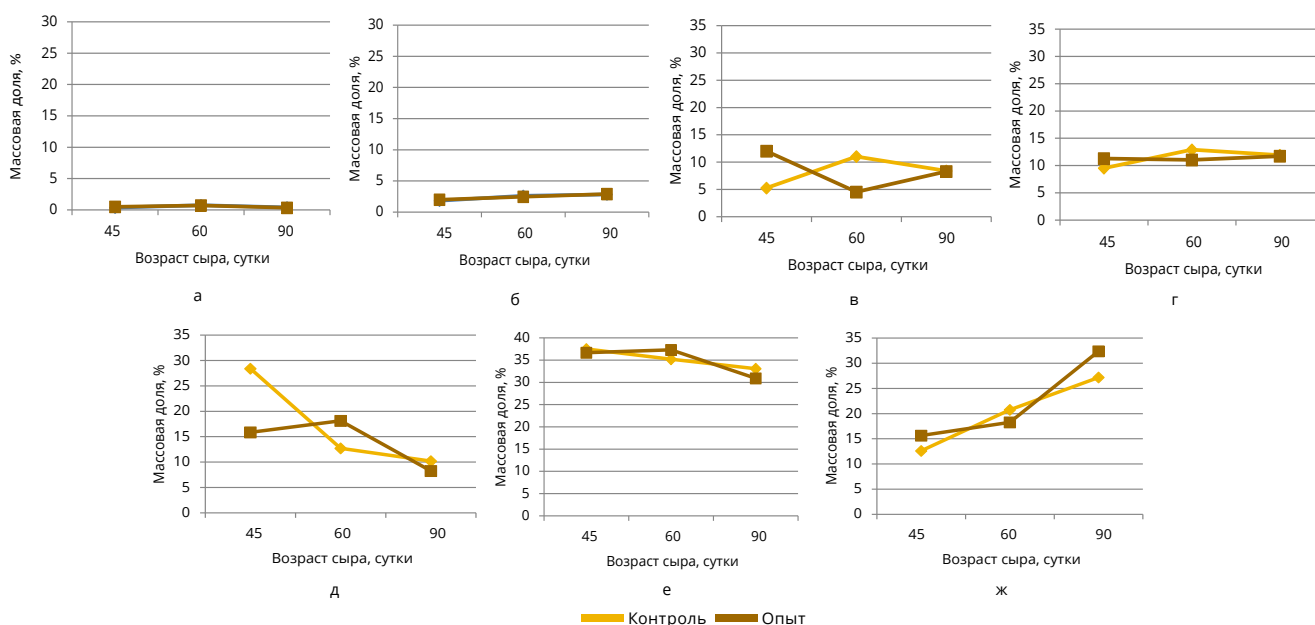


Рисунок 9. Изменение количества отдельных фракций продуктов гидролиза белков при созревании сыра: а) свободный объем (V0); б) фракция А; в) фракция В; г) фракция С; д) фракция D; е) фракция E; ж) фракция F

дуктов протеолиза. Больше (в 2 раза) количество пептидов фракции D в сырах с хлорофиллом в возрасте 45 суток хорошо согласуется с большей степенью протеолиза (на 8 %) опытных сыров в этом возрасте (рис. 4).

На графике (рис. 10) представлено изменение кислотности жировой фазы контрольных и опытных сыров в процессе созревания и хранения. Из рисунка 10 видно, что в процессе созревания и хранения кислотность жировой фазы повышалась, при этом в сыре с хлорофиллом ее значения были на 15–18 % больше. Эти результаты коррелируют с большей выраженностью перечного вкуса в опытных сырах.

Внешний вид контрольных и опытных голубых сыров в головках после посолки и на разрезе в возрасте 90 суток представлен на рисунке 11.

Можно заметить, что цвет теста сыра с хлорофиллом после посолки голубовато-зеленый, по мере созревания сыра преобразуется в серовато-белый, без наличия желтых оттенков, присущих контрольным сырам (без красителя).

Результаты органолептической экспертизы контрольных и опытных голубых сыров приведены на сенсорных профилограммах, представленных на рисунке 12.

Органолептическая оценка сыров контрольного варианта показала, что во вкусе присутствовали все составляющие, характерные для голубых сыров, а именно: выраженный сырный, умеренные перечный, грибной и аммиачный с умеренной горчинкой. Консистенция – слегка творожистая, слегка крошливая.

В сырах опытного варианта установлена большая степень выраженности перечного и кисломолочного, менее выраженная – аммиачного и грибного привкусов. Горечь отсутствовала. В запахе этих сыров присутствовала «травяная нота». Консистенция была более маслянистая, нежная, без крошливости. Для этого сыра был характерен более мягкий, сбалансированный вкус и запах. Сыр проявил способность к более длительному хранению без признаков перезрелости.

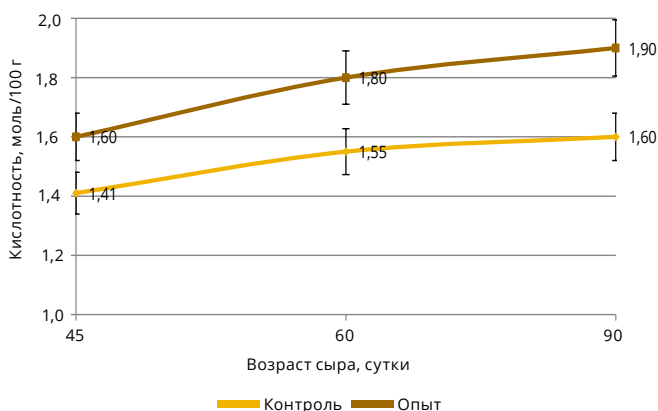


Рисунок 10. Динамика кислотности жировой фазы в сыре в процессе созревания и хранения

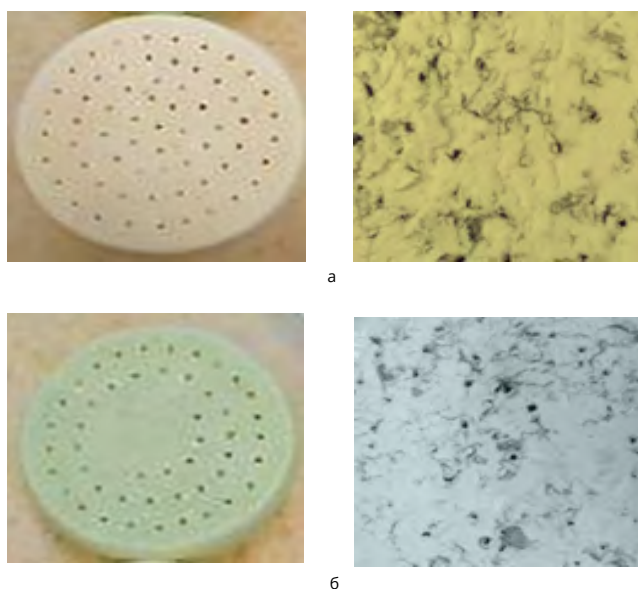


Рисунок 11 – Внешний вид сыра в головке после посолки и на разрезе в возрасте 90 суток: а) Контроль; б) Опыт

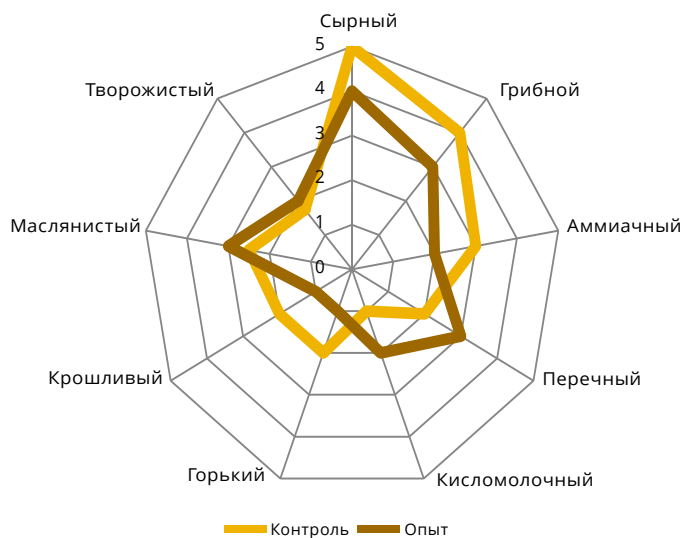


Рисунок 12. Профилограмма вкуса и консистенции плесневых сыров в возрасте 90 суток

Выводы

Использование натурального красителя хлорофилл позволяет снизить интенсивность желтого окрашивания сырного теста плесневых голубых сыров.

В результате проведенного эксперимента установлено, что заявленные производителем антибактериальные и противогрибковые свойства хлорофилла не отразились на протекании микробиологических процессов в сырной массе даже при высокой дозе внесения красителя.

Сыр, выработанный с использованием хлорофилла, отличался более высоким содержанием влаги в сравнении с сыром без красителя. Это согласуется с более низким уровнем

pH в опытном образце и объясняет наличие во вкусе опытных сыров кисломолочной ноты.

В протекании биохимических процессов в контрольных и опытных сырах присутствовали некоторые различия, которые отразились на их вкусе. Так, более интенсивные изменения жировой фазы в сырах опытного варианта выразились в наличии более выраженной «перечной нотой» в их вкусе. Установленный более высокий уровень протеолитических процессов в сырной массе опытных сыров к 45 суткам созревания повлиял на формирование более маслянистой консистенции.

Использование натурального красителя хлорофилл позволяет расширить ассортиментную линейку голубых сыров. ■

Поступила в редакцию: 12.03.2026

Принята в печать: 07.04.2026

Natural Chlorophyll Colorant in Blue Cheese Technology

Irina L. Ostroukhova, Polina A. Kozhevnikova

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich

The article describes the physicochemical, biochemical, and sensory parameters of starter microbiota in control (no colorant) and experimental (0.1% chlorophyll colorant) Gorgonzola cheeses during production and ripening. The antibacterial and antifungal properties of chlorophyll, even at high dosages, had no effect on the microbiological processes in the cheese curd. The experimental samples demonstrated a higher moisture content (by 1–2%) and a lower pH (by 0.7–0.8 units). The changes in the pH of the fat phase were more pronounced through the entire observation period (45–90 days), paralleling the intensification of proteolytic processes in the cheese curd by ripening day 45. These biochemical differences affected the taste of the experimental samples, which was peppery and sour, with no bitterness and muted ammonia and mushroom flavors. The aroma was herbal while the overall taste was soft and balanced. The overall palate remained mellow and balanced. In this research, the natural chlorophyll colorant effectively minimized yellowing in the blue Gorgonzola cheese.

Keywords: blue cheese, *Penicillium roqueforti*, Gorgonzola cheese, cheese with chlorophyll, quality, safety

Список литературы:

1. Sharma, P. Colorants in cheese manufacture: Production, chemistry, interactions, and regulation / P. Sharma [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2020. Vol. 19(4). P. 1220–1242. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12519>
2. Kang, E. J. Invited review: Annatto usage and bleaching in dairy foods / E. J. Kang [et al.] // Journal of dairy science. 2010. Vol. 93(9). P. 3891–3901. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3190>
3. Humphrey, A. M. Chlorophyll as a color and functional ingredient / A. M. Humphrey // Journal of food science. 2004. Vol. 69(5). P. C422–C425. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10710.x>
4. Скотт, Р. Производство сыра. Сырье, технологии, рецептуры / Р. Скотт, Р. Робинсон, Р. Уилби. – СПб.: Профессия, 2005. – 460 с.
5. Fox, P. F. Fundamentals of cheese science / P. F. Fox [et al.]. – Springer, 2017. – 803 p.
6. Coelho, G. Impact of ripening on physico-chemical, lipid oxidation, and sensorial properties of blue-veined cheeses according to geographical origin / G. Coelho [et al.] // International Dairy Journal. 2025. Vol. 175. Art. no. 106526. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106526>
7. Luzardo-Ocampo, I. Technological applications of natural colorants in food systems: A review / I. Luzardo-Ocampo [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10(3). Art. no. 634. <https://doi.org/10.3390/foods10030634>
8. Григорьева, А. И. Особенности протекания протеолиза при созревании сыров «Российский» и «Голландский» / А. И. Григорьева // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. 2023. № 1. С. 77–84. <https://elibrary.ru/fmkvkz>

СЫРОДЕЛИЕ
и
МАСЛОДЕЛИЕ

Подписка
на журнал

podpiska.kemsu@mail.ru

