

# Влияние вакуумной упаковки в пленку на протеолиз при созревании сыров с мытой коркой\*

Ольга Валентиновна Лепилкина, д-р техн. наук, ведущий аналитик

E-mail: [ov.lepilkina@fnscps.ru](mailto:ov.lepilkina@fnscps.ru)

Евгений Николаевич Золотарев, аспирант

Григорий Новомирович Рогов, канд. технических наук, директор

Анастасия Игоревна Григорьева, младший научный сотрудник

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

Перспективно снижение трудозатрат по уходу за сырами с мытой коркой при созревании путем вакуумной упаковки в полимерные пакеты. Цель работы – установить влияние продолжительности нахождения сыра в пленке во время созревания на протеолитические процессы в сырах, созревающих с участием сырной слизи. В задачи работы входило установление влияния изменения условий созревания на протеолиз и органолептические показатели сыра. Опытные сыры упаковывали в полимерные пакеты после традиционного созревания с сырной слизью на поверхности в течение 1, 2 и 3 мес. Протеолиз контролировали по степени зрелости сыров, выражаемой отношением водорастворимого азота к общему азоту (в %), количеству небелкового азота и его доле в общем водорастворимом азоте, используя для этого метод Кельдаля, а также по молекулярно-массовому распределению продуктов протеолиза, с применением метода эксклюзионной хроматографии. В сырах, упакованных в пленку после 1–2 мес. созревания по традиционной технологии, выявлено замедление первичного протеолиза. На вторичный протеолиз изменение условий созревания не повлияло. Образцы опытной группы продемонстрировали снижение органолептических показателей вкуса и запаха на 2,0–2,5 балла относительно контроля, что связано с менее выраженным специфическим сырным вкусом и доминированием пептонных нот в ароматическом букете. Несмотря на выявленный дисбаланс, органолептические характеристики опытных сыров сохраняли видовую идентичность и оставались в пределах допустимых значений. Сделан вывод о возможности и целесообразности созревания сыров с мытой коркой в полимерных пакетах на последних стадиях, что существенно снижает трудозатраты по уходу за сыром и позволяет получать сыры стабильного качества.

**Ключевые слова:** сыры с мытой коркой, созревание, упаковка в пленку, протеолиз, вкус и запах

**Для цитирования:** Влияние вакуумной упаковки в пленку на протеолиз при созревании сыров с мытой коркой / О. В. Лепилкина, Е. Н. Золотарев, Г. Н. Рогов, А. И. Григорьева // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 2. С. 74–81. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-2-59>

## Введение

Российское сыроделие, активно развивающееся в последние годы, предлагает потребителю широкий ассортимент сыров, позволяющий удовлетворить различные вкусы. Особую группу в нем составляют сыры, созревающие при участии поверхностной микрофлоры сырной слизи (сыры с мытой коркой) [1, 2], обладающие пикантным, острым вкусом и широким спектром ароматов: от интенсивных до умеренных, часто с аммиачными нотками [3, 4]. Растущий спрос потребителей на сыры с оригинальными органолептическими свойствами стимулирует сыродельные предприятия к увеличению выпуска этих сыров, отражая гибкость рынка и стремление к инновациям в сыроделии.

Следует отметить, что отечественные технологии сыров с мытой коркой (слизневые сыры) были разработаны еще в советское время: Дорогобужский, Смоленский, Медынский, Латвийский, Пикантный, Пятигорский, Каунасский, Клайпедский [5–7]. Ука-

занный перечень включает только мягкие и полутвердые сыры, твердые сыры в нем отсутствуют. Производство этих сыров не было массовым во многом из-за предпочтений потребителей, которые были отданы традиционным полутвердым сырам с низкой температурой второго нагревания. В последние годы в России вновь растет интерес к производству сыров с мытой коркой, и производители ищут, восстанавливают, совершенствуют и создают новые технологии с учетом запроса потребителей. Как правило, это фермерские и авторские сыры, которые обладают необычными характеристиками и привлекают внимание своей аутентичностью. Но и крупные сыродельные предприятия стали включать в ассортимент своей продукции сыры такого типа. Определенная сложность изготовления этих сыров говорит о высоком профессионализме производителей.

Особенностью технологии сыров с мытой коркой является их созревание с участием поверх-

\*Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS-2024-0007 ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

ностной микрофлоры сырной слизи, оказывающей существенное влияние на формирование органолептических свойств благодаря ферментам, накапливающимся на поверхности [8–12].

Регулярное промывание поверхности сыра рассолом способствует проникновению ферментов слизистой микробиоты вглубь сырной массы. Там они работают вместе с ферментами молочнокислых бактерий, остаточным сычужным ферментом и плазмином [13]. При этом образуется каскад реакций, где продукты расщепления от одних ферментов служат субстратом для других. Ферменты сырной слизи в этой совокупности имеют важное значение, они не просто участвуют в протеолизе, а кардинально меняют его направление, скорость и глубину [14].

Процесс созревания сыров с мытой коркой длителен (от 4 мес. и более) и трудоемок, что является основным препятствием для изготовления сыров данной группы. Каждая головка сыра подвергается ежедневному уходу – мойке поверхности соляным рассолом, содержащим культуры микрофлоры сырной слизи. При этом необходимо обеспечить сырам особый микроклимат. В камерах созревания должна поддерживаться температура 12–14 °С и относительная влажность воздуха 95–96 % со скоростью конвекции не более 0,3 м/с. Обеспечение таких условий требует не только существенных затрат, но и дорогостоящего климатического оборудования. Поэтому сыры с мытой коркой являются дорогой и дефицитной позицией в ассортименте сыров на торговых полках.

Для преодоления части барьеров на пути организации производства сыров, созревающих при участии микрофлоры сырной слизи, сделано предположение о возможности перевода процесса их созревания в анаэробные условия путем вакуумной упаковки головок в барьерный термоусадочный полимерный пакет после накопления определенного количества ферментов, получаемых в процессе жизнедеятельности микрофлоры сырной слизи. В этом случае пополнение ферментной базы прекращается, но имеющаяся масса накопленных ферментов будет продолжать действовать в процессе созревания сыра в пленке. Такой подход позволит сократить трудозатраты, связанные с необходимостью ежедневно промывать поверхность сыров рассолом и переворачивать их. После упаковки в пленку сыры могут созревать в обычной холодильной камере при температуре 10–12 °С, что экономит площадь в специализирован-

ной камере созревания. Такое изменение технологии созревания ожидаемо снизит себестоимость сыров и сделает их более доступными массовому потребителю. Вместе с тем упаковка сыров в пленку во время созревания может повлиять на органолептические характеристики из-за возможного влияния анаэробных условий развития микрофлоры сырной слизи на протеолиз. Многие исследователи считают протеолиз наиболее сложным и важным процессом из трех основных биохимических процессов (протеолиз, липолиз, гликолиз), происходящих в сыре во время созревания. Он в первую очередь отвечает за изменения текстуры и вносит существенный вклад во вкус и восприятие вкуса сыра за счет образования мелких пептидов и аминокислот, которые затем подвергаются катаболизму с образованием ряда вкусовых и ароматических веществ (аминов, аммиака, серосодержащих соединений и др.) [1, 15, 16].

По-видимому, степень выраженности органолептических изменений будет зависеть от продолжительности нахождения сыра в пленке во время созревания.

**Цель работы** – установить влияние продолжительности нахождения сыра в пленке во время созревания на протеолитические процессы в сырах, созревающих с участием сырной слизи.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования была экспериментальная партия твердых сыров, изготовленная в условиях промышленного производства на крупном сыродельном заводе Российской Федерации. Партия сыров была изготовлена в закрытом сыроизготовителе объемом 15 м<sup>3</sup> из нормализованного по жиру молока с соотношением жир/белок = 1,1, пастеризованного при температуре 74 °С с выдержкой 20 с.

В молочную смесь вносили раствор хлористого кальция из расчета 0,2 кг сухой соли на тонну смеси и лиофилизированный концентрат мезо-термофильной закваски DCC-260 (Chr. Hansen, Дания). После активизации закваски в течение 50 мин в молочную смесь вносили раствор молокосвертывающего фермента CHY MAX M1000 (Chr. Hansen, Дания) с концентрацией 9 % в количестве 38 см<sup>3</sup>/т. После образования геля проводили его разрезку и постановку зерна размером 3,5–5 мм с последующим вымешиванием 15 мин без нагрева смеси.

Перед вторым нагреванием из сыроизготовителя отбирали 20 % сыворотки с последующей заменой таким же количеством пастеризованной воды. Второе нагревание проводили при температуре 45 °С в течение 20 мин. Формование в формах вместимостью 10 кг проходило наливом в автоматическом режиме. Подпрессовку сырной массы в формах проводили под слоем сыворотки 20 мин, после чего сыворотку удаляли и сыры прессовались еще 2 ч до достижения pH = 5,35. После этого сыры извлекали из форм, охлаждали и направляли на посолку, которая осуществлялась в соляном бассейне в течение 40 ч.

Из общего количества изготовленных головок для эксперимента было отобрано 16 штук, которые были разделены на 4 группы по 4 головки в каждой. Первая группа – контрольная (К) созревала по традиционной технологии в аэробных условиях с ежедневной обработкой поверхности головок рассолом и переворачиванием на протяжении 4 мес. Аэробные условия способствовали развитию на поверхности головок сыра микрофлоры сырной слизи, являющейся частью производственной микрофлоры производства. Основными источниками слизи микрофлоры были рассол из соляного бассейна, стеллажи для созревания сыра и воздушная атмосфера сырохранилища.

Вторая группа опытных сыров (В1) первый месяц созревала в аэробных условиях с ежедневной обработкой поверхности головок рассолом. После этого головки сыров были упакованы в барьерный термоусадочный полимерный пакет Cryovac® BK3550 BAG (SealedAir, США) на камерной вакуум-упаковочной машине с остаточным давлением в камере 0,6 кПа и следующие три месяца созревали в анаэробных условиях. Третью группу опытных сыров (В2) переводили на анаэробный режим путем упаковки в барьерный термоусадочный полимерный пакет через 2 мес. созревания в аэробных условиях. Четвертую опытную группу (В3) помещали в термоусадочный полимерный пакет через 3 мес. созревания в аэробных условиях.

В процессе созревания определяли:

- степень протеолиза методом Кьельдаля по доле водорастворимого белка в общей массовой доле белка, %;
- массовую долю небелкового азота в общем водорастворимом азоте методом Кьельдаля, %;

- пептидные профили сыров методом эксклюзионной хроматографии на приборе АКТА pure 25 (Швеция) с использованием хроматографической колонки Superose 6 Increase 10/300 GL (Cytiva, Швеция).

Количественную оценку образующихся пептидов проводили по площадям пиков на полученных хроматограммах. Площади пиков выражали в условных единицах min·mAu, представляющих собой произведение единиц времени (min, ось X) на единицы оптического поглощения (mAu, ось Y). Молекулярно-массовое распределение, %, рассчитывалось компьютерной программой исходя из количества каждой фракции, полученной после разделения в колонке.

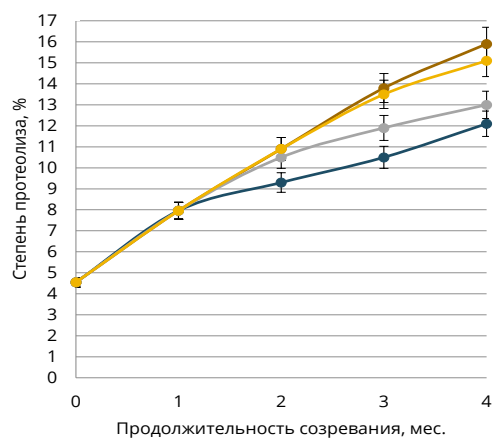
Органолептическую оценку вкуса и запаха сыров оценивала дегустационная комиссия, состоящая из аттестованных экспертов-дегустаторов.

Математическую обработку результатов проводили с использованием методов описательной статистики в программе Microsoft Excel 2010.

## Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 показано изменение степени протеолиза в исследованных сырах.

Из представленных данных следует, что контрольный сыр, созревший без пленки (К), показал к концу созревания наибольшую степень проте-



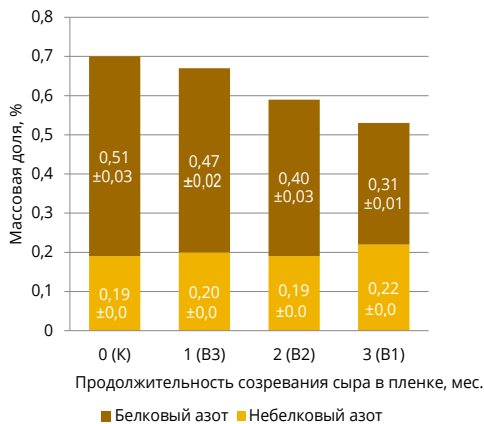
- К – созревание без пленки (контроль)
- В1 – упакован в пленку после 1 мес. созревания
- В2 – упакован в пленку после 2 мес. созревания
- В3 – упакован в пленку после 3 мес. созревания

Рисунок 1. Изменение степени протеолиза при созревании сыров

олиза – 16 %. Ближе всего к контрольному сыру по этому показателю был опытный сыр В3, созревший сначала в течение 3 мес. без пленки, после чего 1 мес. – в пленке. В конце созревания в нем отмечалась небольшая тенденция к снижению степени протеолиза по сравнению с контролем. В опытном сыре В2, который созревал вторую половину срока в пленке, было отмечено значимое замедление протеолиза после упаковки его в пленку. Наибольшее отличие от контроля наблюдалось у опытного сыра В1, созревавшего наиболее продолжительное время в пленочном покрытии (3 мес.). В нем увеличение степени протеолиза после 1 мес. созревания без пленки замедлилось, и к концу созревания этот показатель был на уровне 12 %.

В состав водорастворимых продуктов протеолиза, по количеству которых оценивается степень протеолиза, входят как белковые, так и небелковые азотистые вещества. Белковую часть водорастворимой фракции составляют крупные фрагменты казеиновых белков, высокомолекулярные пептиды, а также небольшое количество сывороточных белков, не удаленных из сырной массы с сывороткой. Небелковая часть представлена средне- и низкомолекулярными пептидами, свободными аминокислотами и азотсодержащими продуктами их катаболизма. Количество образующихся небелковых азотсодержащих соединений характеризует глубину прошедшего протеолиза.

На рисунке 2 представлены результаты измерений массовой доли небелкового азота и массовой доли белковой части водорастворимой фракции сыров, определенной по раз-



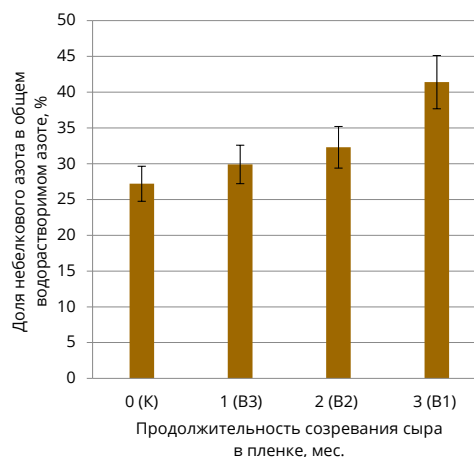
**Рисунок 2. Распределение небелковых и белковых азотистых веществ в водорастворимой фракции сыров**

ности между массовыми долями общего водорастворимого азота и небелкового азота.

Из полученных результатов следует, что массовая доля небелкового азота во всех исследованных сырах была одинакова и не зависела от продолжительности нахождения сыра в пленке при созревании. Уменьшение общего количества водорастворимых продуктов протеолиза было связано с уменьшением белковой части азотистых веществ, включающей в себя низкомолекулярные белки и высокомолекулярные пептиды, образующиеся в результате первичного протеолиза под действием остаточного сычужного фермента и плазмина, перешедшего из молока в сыр. Это говорит о замедлении первичного протеолиза при созревании сыра в пленке, в то время как вторичный протеолиз, вызываемый ферментами молочнокислых микроорганизмов и микробиомом сырной слизи, в этих условиях не ингибировался.

В результате этого при неизменном количестве небелкового азота его доля в общем водорастворимом азоте увеличивалась (рис. 3). Значимые изменения по сравнению с контролем были отмечены в сырах, созревших в пленке 2 и 3 мес.

В контрольном сыре (К), созревавшем без упаковки в пленку в течение 4 мес., доля небелкового азота в общем водорастворимом азоте составляла  $27,2 \pm 2,4$  %. В сыре В3 этот показатель находился на уровне  $29,9 \pm 2,7$  %. В сыре В2 доля небелкового азота в общем водорастворимом азоте была больше и составила  $32,3 \pm 2,9$  %. Наибольшее значение этого показателя отмечено в сыре В1, созревавшем наиболее продол-



**Рисунок 3. Доля небелкового азота в общем количестве водорастворимого азота в сырах**

жительное время в пленке, доля небелкового азота составила  $41,4 \pm 3,7$  %.

Методом эксклюзионной хроматографии получены пептидные профили водорастворимой фракции сыров, результаты анализа которых представлены в таблице 1 и на рисунке 4.

Из данных таблицы 1 следует, что пептидный пул всех исследованных сыров включал в себя высокомолекулярные пептиды в диапазоне молекулярных масс от 23 до 58 кДа, среднемолекулярные пептиды с молекулярными массами от 2 до 3,5 кДа и фракцию, содержащую низкомолекулярные пептиды и аминокислоты с молекулярными массами менее 2 кДа.

Высокомолекулярные пептиды являются продуктами первичного протеолиза, вызываемого оставшимся в сыре молокосвертывающим ферментом, а также ферментами микроорганизмов сырной слизи, которые постепенно проникают с поверхности вглубь сырной массы. Данные, представленные в таблице 1, показывают, что при увеличении продолжительности нахождения сыра в пленке количество продуктов первичного протеолиза уменьшается.

К среднемолекулярным пептидам относятся пептиды с молекулярными массами от 2 до 10 кДа. В исследованных сырах присутствуют только пептиды, близкие к нижней границе этого диапазона: от 2 до 3,5 кДа. Отсутствие пептидов с молекулярными массами более 3,5 кДа говорит об активном вторичном протеолизе, вызываемом ферментами заквасочных микроорганизмов и ферментами микробиома сырной слизи. Количество среднемолекулярных пептидов,

так же как и количество высокомолекулярных, уменьшается при увеличении продолжительности созревания сыра в пленочном покрытии.

Очевидно, это связано с замедлением миграции ферментов, вырабатываемых микробиомом сырной слизи, вглубь сырной массы из-за прекращения поступления влаги, которая при обычном созревании проникает в сыр при обмывании его поверхности рассолом. Кроме того, отсутствие этой процедуры после упаковки сыра в пленку останавливает развитие микробиома сырной слизи, следовательно, прекращается выработка новых ферментов. В сырной массе остаются только те ферменты, которые были продуцированы во время созревания сыра без пленочного покрытия, когда сырная слизь на поверхности активно функционировала. Уменьшение их количества при увеличении продолжительности нахождения сыра в пленке, отражается на протеолизе, который замедляется.

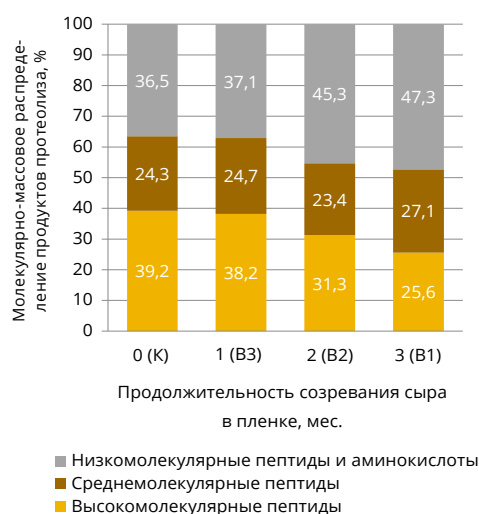


Рисунок 4. Молекулярно-массовое распределение продуктов протеолиза

Таблица 1. Количественное распределение продуктов протеолиза в водорастворимой фракции сыров, min·mAU

Продолжительность созревания сыра в пленочном покрытии	Продукты первичного протеолиза		Продукты вторичного протеолиза
	Высокомолекулярные пептиды с молекулярными массами от 23 до 58 кДа	Среднемолекулярные пептиды с молекулярными массами от 2 до 3,5 кДа	Низкомолекулярные пептиды и аминокислоты с молекулярными массами менее 2 кДа
0 мес. (К)	$73,2 \pm 1,7$	$45,5 \pm 0,9$	$68,3 \pm 1,2$
1 мес. (В3)	$67,5 \pm 1,3$	$43,6 \pm 1,1$	$65,4 \pm 1,5$
2 мес. (В2)	$36,3 \pm 1,6$	$34,6 \pm 1,3$	$67,1 \pm 0,9$
3 мес. (В1)	$34,8 \pm 1,4$	$36,8 \pm 0,8$	$65,8 \pm 1,1$

Наряду с этим количество низкомолекулярных пептидов и аминокислот не показало зависимости от продолжительности нахождения сыра в пленке при созревании. Это согласуется с результатами определения небелкового азота в сырах, представленными на рисунке 2. Но в общем количестве продуктов протеолиза низкомолекулярные пептиды и свободные аминокислоты количественно увеличивались (рис. 4). Увеличивалось и суммарное количество средне- и низкомолекулярных пептидов, которые составляют фракцию небелковых азотистых веществ.

Таким образом, результаты, полученные методом эксклюзионной хроматографии, подтвердили и уточнили результаты, полученные методом Кьельдаля, и позволили сделать вывод об активном вторичном протеолизе, не зависящем от продолжительности нахождения сыра в пленке при созревании. Очевидно, что это связано с приоритетной ролью в этом процессе молочнокислых микроорганизмов закваски, которые, являясь облигатными анаэробами, продолжали работать как обычно.

Низкомолекулярные вещества (небелковый азот) вносят существенный вклад в формирование вкуса сыра. Результаты органолептической оценки вкуса и запаха сыров после созревания в течение 4 мес. представлены в таблице 2.

Наибольшую оценку за вкус и запах получил контрольный сыр, созревавший 4 мес. Его вкус был наиболее гармоничный, с высокой выраженностью сырного букета. Близкий к нему по степени протеолиза (рис. 1) сыр В3, созревавший 3 мес. без пленки и 1 мес. в пленке, показал такой же, как и в контроле, выраженный сырный вкус. Но избыточный пептонный запах нарушил в нем гармоничность восприятия вкуса, поэтому оценка за вкус и запах была понижена на 1 балл.

В сыре В2, созревавшем 2 мес. без пленки и последующие 2 мес. – в пленке, выраженность сырного вкуса несколько снизилась. В нем присутствовал легкий пептонный привкус. По гармоничности и выраженности вкуса он немного уступал контрольному сыру из-за недостаточно выраженного сырного вкуса.

Сыр В1, который 1 мес. созревал без пленки, а 3 мес. – в пленке, как и сыр В2, показал недостаточно выраженный сырный вкус. Во вкусе и запахе присутствовали пикантные ноты, запах был пептонным.

Сырный вкус обусловлен сложнейшим комплексом вкусо-ароматических соединений, образующихся в процессе созревания сыра под действием ферментов, расщепляющих белки, жиры и углеводы. Так, сбраживание лактозы молочнокислыми бактериями закваски приводит к образованию молочной кислоты, которая придает кисломолочный вкус сыру. Липолиз вносит вклад в сырный букет вкусов вследствие расщепления молочного жира на свободные жирные кислоты и продукты их дальнейшего распада – сложные эфиры и кетоны, которые приносят во вкус сыра фруктовые, ореховые, пряные ноты. В сырах с мытой коркой бактерии сырной слизи вырабатывают собственные ферменты и ароматические соединения (аммиак, сероводород в малых дозах), которые, проникая внутрь сыра, участвуют в формировании его уникального вкусового букета.

Протеолиз в выдержанных сырах формирует вкус и запах умами с мясными, бульонными, ореховыми и грибными оттенками. При органолептической оценке они характеризуются как пептонные вкус и запах, которые в той или иной степени отмечались во всех сырах. Пептонные вкус и запах свидетельствуют о глубоком протеолизе с образованием свободных аминокислот и продуктов их дальней-

**Таблица 2. Органолептическая оценка вкуса и запаха сыров**

Продолжительность созревания сыра в пленочном покрытии	Характеристика	Оценка, балл
0 мес. (контроль)	Выраженный сырный вкус, приятное послевкусие, легкая кислинка, легкая пикантность, присутствует слабый пептонный привкус	41,5 ± 0,5
1 мес. (В3)	Выраженный сырный вкус с легкой пикантностью, слабый пептонный привкус, пептонный запах	40,5 ± 0,5
2 мес. (В2)	Сырный вкус от умеренно выраженного до выраженного, оригинальное послевкусие, легкий пептонный привкус	39,5 ± 0,5
3 мес. (В1)	Умеренно выраженный сырный вкус, пептонный запах со слегка пикантными нотами	39,0 ± 0,0

шего распада (альдегиды и др. летучие соединения). Присутствие пептонного вкуса и запаха в сырах с длительным созреванием – это желательный и обязательный признак зрелости и высокого качества. Однако если он слишком доминирует и подавляет все другие ароматы, то становится дефектом, т. к. нарушается гармоничность вкусового букета по сочетанию вкусо-ароматических веществ.

Органолептический анализ показал, что применение анаэробного созревания этой группы сыров приводит к незначительному снижению балльной оценки вкуса и запаха в сравнении с контролем. Тем не менее значения не опускались ниже 39 баллов, что подтверждает эффективность данной технологии. Установлено, что сокращение интенсивности протеолиза при нахождении сыров в пленке в течение 2–3 мес. (при общем цикле 4 мес.) не вызывает критических изменений вкусового профиля: продукт сохраняет типичные органолептические признаки, характерные для сыров этого типа.

## Выводы

Доказана возможность использования вакуумной упаковки сыров с мытой коркой в полимерные пакеты во время созревания с целью снижения трудоемкости ухода за ними.

Выявлено влияние упаковки сыра в пленочное покрытие на протеолитические процессы, выражающиеся в замедлении протеолиза. Степень замед-

ления зависит от продолжительности периода нахождения сыра в пленке во время созревания. Значимое замедление протеолиза происходит при упаковке головок сыра в полимерные пакеты после 1–2 мес. созревания по традиционной технологии.

Установлено, что замедление протеолиза в сырах, упакованных в полимерные пакеты, происходит за счет торможения первичного протеолиза, что, по-видимому, связано с окончанием выработки сырной слизи протеолитических ферментов и снижением скорости миграции ранее выработанных ферментов вглубь сырной массы из-за прекращения поступления влаги с поверхности. На вторичный протеолиз изменение условий созревания не повлияло.

Органолептическая оценка вкуса и запаха сыров, созревших в пленочном покрытии в течение 2 и 3 мес., снижалась на 2,0–2,5 балла за счет уменьшения степени выраженности сырного вкуса и нарушения его гармоничности из-за преобладания пептонного вкуса и запаха. Отмечено, что, несмотря на снижение органолептической оценки, вкус и запах этих сыров оставался приемлемым и характерным для сыров этого типа.

Созревание сыров с мытой коркой в полимерных пакетах является современной альтернативой традиционному методу с частым мытьем корки рассолом, которая существенно снижает трудозатраты по уходу за сыром. ■

Поступила в редакцию: 12.03.2026

Принята в печать: 07.04.2026

## Effect of Vacuum Packaging on Proteolysis during Ripening of Washed-Rind Cheeses

Olga V. Lepilkina, Evgeny N. Zolotarev, Grigory N. Rogov, Anastasia I. Grigorieva

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

Ripening in vacuum polymer bags is a promising approach to reducing labor costs in washed-rind cheese production. This article describes the effect of vacuum packaging timing and other factors on proteolytic processes and the sensory profile of cheeses during ripening. The experimental samples were stored in polymer bags for 1, 2, and 3 months following traditional ripening with surface smear. Proteolysis was monitored by the degree of ripening, expressed as the ratio of water-soluble nitrogen to total nitrogen (%), as well as the amount of non-protein nitrogen and its proportion of total water-soluble nitrogen, determined via the Kjeldahl method. The molecular weight distribution of proteolysis products was measured using size-exclusion chromatography. The conventional film-packaged samples demonstrated a slowdown in primary proteolysis after 1–2 months of ripening, while secondary proteolysis remained unaffected by the change in conditions. The taste and aroma of the experimental samples scored 2.0–2.5 points lower than the control due to a less pronounced cheese flavor and the dominance of peptone notes. Despite this imbalance, the sensory properties of the experimental cheeses retained their specific identity and remained within acceptable limits. Final-stage ripening of washed-rind cheeses in polymer bags proved to be both effective and less labor-intensive.

**Keywords:** washed-rind cheese, ripening, film packaging, proteolysis, taste and smell

## Список литературы

1. **МакСуини, П. Л.** Сыр. Научные основы и технологии. Том 2. Технологии основных групп сыров / П. Л. МакСуини [др.]. – СПб.: Профессия, 2019. – 572 с.
2. **Desmaures, N.** Smear ripened cheeses / N. Desmaures, N. Bora, A. C. Ward // Diversity dynamics and functional role of Actinomycetes on European smear ripened cheeses. Ed. by N. Desmaures, N. Bora, A. C. Ward. – Springer International Publishing, 2015. P. 1–18. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10464-5>
3. **Cogan, T. M.** Biodiversity of the surface microbial consortia from Limburger, Reblochon, Livarot, Tilsit, and Gubbeen cheeses / T. M. Cogan [et al.] // Cheese and microbes. Ed. by C. W. Donnelly. – ASM Press, 2014. – P. 219–250. <https://doi.org/10.1128/9781555818593.ch10>
4. **Корена, К.** Microbial profiling of smear-ripened cheeses: identification of starter cultures and environmental microbiota / K. Korena [et al.] // Applied Sciences. 2025. Vol. 15(7). Art. no. 3787. <https://doi.org/10.3390/app15073787>
5. **Шергина, И. А.** Классификация и особенности производства мягких сыров / И. А. Шергина // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 4. С. 8–10. <https://elibrary.ru/lwvpjd>
6. **Шергина, И. А.** Сыры, созревающие при участии микрофлоры сырной слизи / И. А. Шергина, Г. Д. Перфильев, В. А. Мордвинова // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 2. С. 18–19. <https://elibrary.ru/lpxcmb>
7. **Майоров, А. А.** Производство мягких сыров / А. А. Майоров, В. М. Силаева // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 4. С. 10–14. <https://elibrary.ru/lwvpjx>
8. **Мордвинова, В. А.** Особенности созревания сыров с микрофлорой сырной слизи / В. А. Мордвинова, И. Л. Остроухова, Г. М. Свириденко // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 6. С. 26–27. <https://elibrary.ru/yzkybf>
9. **Золотарев, Е. Н.** Сыры с мытой коркой. Особенности технологии производства / Е. Н. Золотарев, Г. Н. Рогов // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 1. С. 26–33. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2024-1-6>; <https://elibrary.ru/npndej>
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 // Foods. 2024. Vol. 13(2). Art. no. 214. <https://doi.org/10.3390/foods13020214>
11. **Ritschard, J. S.** High prevalence of Enterobacterales in the smear of surface-ripened cheese with contribution to organoleptic properties / J. S. Ritschard [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11(3). Art. no. 361. <https://doi.org/10.3390/foods11030361>
12. **Paillet, T.** Dynamics of the viral community on the surface of a French smear-ripened cheese during maturation and persistence across production years / T. Paillet [et al.] // ASM Journals / mSystems. 2024. Vol. 9(7). P. 1–14. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00201-24>
13. **Cai, H.** Effect of plasmin on casein hydrolysis and textural properties of rennet-induced model cheeses / H. Cai [et al.] // Food Research International. 2023. Vol. 165. Art. no. 112421. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112421>
14. **Fox, P. F.** Fundamentals of Cheese Science / P. F. Fox [et al.] // Microbiology of Cheese Ripening. Ed. by P. F. Fox [et al.]. – Springer, 2017. – P. 333–390. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
15. **Ganesan, B.** Amino acid catabolism and its relationship to cheese flavor outcomes / B. Ganesan, B. C. Weimer // Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology. Ed. by aul L. H. McSweeney [et al.]. – Academic Press, 2017. – P. 483–516. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00019-3>
16. **Khattab, A. R.** Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment / A. R. Khattab [et al.] // Trends in Food Science and Technology. 2019. Vol. 88. P. 343–360. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>



Источник изображения: freerfly.com