

Влияние начального pH сыра Российский на протеолиз при его созревании*

Ольга Валентиновна Лепилкина, д-р техн. наук, главный научный сотрудник

E-mail: ov.lepilkina@fncps.ru

Анастасия Игоревна Григорьева, младший научный сотрудник

E-mail: a.grigoriyeva@fncps.ru

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

Целью работы было установление влияния pH сыра Российский в начале созревания на последующее протекание протеолиза и органолептические показатели готового продукта. Объектами исследования были образцы сыра Российский. Образцы отличались уровнем pH после прессования. Контрольный образец имел начальный pH $5,28 \pm 0,06$, отвечающий требованиям ТИ ГОСТ 32260-2013. Опытными были сыры с pH $5,54 \pm 0,06$ (выше регламентированного уровня) и с pH $5,17 \pm 0,06$ (на уровне минимальных значений регламентированного диапазона). В результате было установлено, что отклонение pH в сторону низких значений вызывает ощутимые изменения в ходе процесса его созревания. Так, гидролиз лактозы завершился быстрее, накопление водорастворимых продуктов протеолиза происходило медленнее, а пептидные профили, полученные методом гель-фильтрации высокого разрешения, отличались наличием крупных пептидов в составе высокомолекулярной, среднемолекулярной и низкомолекулярной фракций. Отклонение начального pH как в сторону низких, так и в сторону высоких значений оказывало влияние на органолептические показатели готового продукта. В первом случае в сырах отмечались излишняя кислотность во вкусе и появление пластичности в консистенции, во втором случае во вкусе были более выражены сырные оттенки без кисловатого привкуса, консистенция была более мягкой и пластичной, нехарактерной для сыра Российский. Результаты исследования подтверждают необходимость строгого контроля pH после прессования при производстве сыра Российский с целью обеспечения высокого качества и получения необходимых идентификационных характеристик.

Ключевые слова: сыр, активная кислотность, созревание, гидролиз лактозы, протеолиз, пептидный профиль, вкус, консистенция

Для цитирования: Лепилкина, О. В. Влияние начального pH сыра Российский на протеолиз при его созревании / О. В. Лепилкина, А. И. Григорьева // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 2. С. 36–43. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-2-18>

Введение

Среди сыров отечественного ассортимента особое место занимает сыр Российский, отличительной особенностью технологии которого является направленное достижение повышенного уровня процесса молочнокислого брожения для того, чтобы готовый продукт после созревания приобрел характерный вкус с выраженной «кислинкой». С этой целью увеличивается продолжительность процессов обработки сырного зерна, самопрессования и прессования, во время которых происходит накопление молочной кислоты вследствие сбраживания лактозы молочнокислыми организмами закваски. В результате после завершения процесса прессования сыр должен иметь повышенную кислотность (pH = 5,15–5,35), а после созревания приобрести характерную эластичную консистенцию, в которой не должна присутствовать «ломкость при изгибе», допускаемая в других полутвердых сырах. Консистенция сыра Российский приобретает эластичность вследствие струк-

турных перестроек, происходящих в результате деминерализации параказеинаткальцийфосфатного комплекса (ПККФК) под влиянием молочной кислоты, а также в результате протеолиза, вызывающего деградацию белковой матрицы сыра.

Слегка кисловатый вкус и эластичная консистенция являются идентификационными признаками этого сорта. Но в последние годы эти признаки утрачиваются. Одной из основных очевидных причин является несоблюдение требований технологии, предписывающих достижение необходимого pH сыра после прессования, из-за чего нарушаются основные био- и физико-химические процессы, протекающие при его созревании. В первую очередь к ним относятся ферментативные процессы гидролиза лактозы и белка.

Гидролиз лактозы происходит под влиянием ферментов молочнокислых бактерий. Он начинается с момента внесения в молоко закваски,

*Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2024-0007 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН

продолжается с разной степенью интенсивности во время последовательно осуществляемых технологических операций получения и разрезки молочного геля, во время обработки сырного зерна, формования и прессования сырной массы и заканчивается в первые дни созревания сыра, когда вся лактоза сбраживается молочнокислыми бактериями. Основным продуктом гидролиза лактозы является молочная кислота. Кроме нее образуется небольшое количество уксусной и пропионовой кислот, а также углекислого газа и диацетила [1].

Количество молочной кислоты, являющейся основным продуктом метаболизма молочнокислых бактерий, влияет на величину активной кислотности сыра – pH, от которой зависят многие физико-химические и биохимические процессы, протекающие при его изготовлении. В первую очередь это процессы дестабилизации коллоидной белковой системы молока, агрегации дисперсных белковых частиц, образования пространственной структуры сгустка, его синерезис. Структурные изменения белков под действием молочной кислоты продолжаются и на последующих этапах изготовления сыра. Так, при его созревании происходит деминерализация ПККФК: от него отщепляется коллоидный фосфат кальция, вследствие чего белковая основа структуры сыра претерпевает существенные изменения, оказывающие влияние на структуру и консистенцию продукта [2, 3].

Помимо действия молочной кислоты, во время созревания сыра белки подвергаются ферментативному протеолизу под влиянием переходящих в сыр нативных ферментов молока (в первую очередь плазмина), сычужного фермента, а также ферментов, продуцируемых заквасочными микроорганизмами [4].

Протеолитические процессы играют важную роль в формировании органолептических показателей продукта вследствие высвобождения коротких пептидов и аминокислот, многие из которых имеют характерный вкус. Свободные аминокислоты являются предшественниками летучих ароматических соединений, образующихся из-за ряда катаболических реакций [5]. В результате протеолиза происходит перестройка белковой матрицы и снижение активности воды за счет связывания молекул воды новыми ионизированными карбоксильными и аминокислотными группами, высвобождаемыми в результате разрыва



пептидных связей, что отражается на консистенции продукта [6]. При этом имеет значение скорость, с которой расщепляются различные пептидные связи. Замедление этого процесса становится причиной формирования более твердой консистенции [1]. Протеолиз зависит от оптимума протеолитической активности фермента, который проявляется при определенном значении pH. При более низких значениях pH ускоряется расщепление α_1 -казеина химозином из сычужного фермента, оптимум протеолитической активности которого проявляется при pH = 4,9–5,0 [7]. При более высоких значениях pH быстрее происходит гидролиз β -казеина, который расщепляется в основном плазмином, имеющим оптимум протеолитической активности при pH = 6,5–6,8 [6]. При этом изменение pH среды влияет на конформацию и функциональную активность белков вследствие изменения заряда их молекул [8, 9], что также должно отразиться на ходе течения протеолитических процессов.

Многообразие сыров, отличающихся технологией изготовления и условиями созревания, предполагает достижение различных уровней протеолиза. Это было подтверждено исследованиями турецких [10] и российских [7] ученых.

В технологии сыра Российский важную роль играет активная кислотность, влияние которой на протеолитические процессы, протекающие при созревании сыра, явно недооценивается. И это является одной из основных причин получения продукта, не соответствующего требуемым органолептическим характеристикам.

Исходя из вышеизложенного, **целью работы** было установление влияния pH сыра Российский в начале созревания на последующее протекание протеолиза и формирование органолептических показателей готового продукта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были образцы сыра Российский, изготовленные в экспериментальном цехе по производству сыров ВНИИМС из одной партии сырья по ТИ ГОСТ 32260-2013. При изготовлении контрольного и опытных сыров использовали сычужный препарат ФС-90 «Экстра» с составом: химозин – 90 %, говяжий пепсин – 10 % (ООО «Завод эндокринных ферментов», Россия); бактериальную закваску Биоантибут (Экспериментальная биофабрика ВНИИМС – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, Россия).

Образцы отличались уровнем pH после прессования. Контрольный имел начальный pH = $5,28 \pm 0,06$, отвечающий требованиям ТИ ГОСТ 32260-2013 «Сборник технологических инструкций по производству полутвердых сыров». Опытными были образцы с начальным pH = $5,54 \pm 0,06$ (выше регламентированного уровня) и с pH = $5,17 \pm 0,06$ (на уровне минимальных значений регламентированного диапазона). Указанные уровни pH достигались изменением продолжительности самопрессования сыров.

Контрольные и опытные сыры созревали при одинаковых условиях в течение 60 суток. В пробах сыров в процессе созревания через каждые 5–10 суток измеряли: активную кислотность потенциометрическим методом по ГОСТ 32892-2014; массовую долю общего и водорастворимого белка – методом Кьельдаля по ГОСТ Р 54662-2012.

Степень протеолиза рассчитывали как отношение массовой доли водорастворимого белка к массовой доле общего белка (в процентах).

Разделение и анализ пептидов, образующихся в процессе протеолиза во время созревания сыров, проводили методом гель-фильтрации высокого разрешения на приборе AKTA pure 25 (Cytiva, Швеция) с использованием хроматографической колонки Superose 6 Increase 10/300 GL (GE Healthcare, Швеция). По полученным хроматограммам определяли молекулярную массу отдельных фракций пептидов, используя калибровочную кривую, и их количество по площадям соответствующих пиков.

Органолептическую оценку сыров проводила комиссия экспертов по ГОСТ 33630-2015. Визуализацию и статистическую обработку данных проводили с помощью программы Excel-2010.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлено изменение активной кислотности в процессе созревания сыров, имеющих различный начальный pH.

Как видно из представленных данных, кривые, описывающие изменение pH сыров при созревании, однотипны и имеют характерный минимум, который следует рассматривать как момент завершения гидролиза лактозы.

Примечательно, что минимальная активная кислотность у сыра с начальным значением pH = $5,17 \pm 0,06$ приходилась на более ранний срок созревания (10–12 суток). Более высокие значения стартового pH сдвигали минимум на более поздние сроки

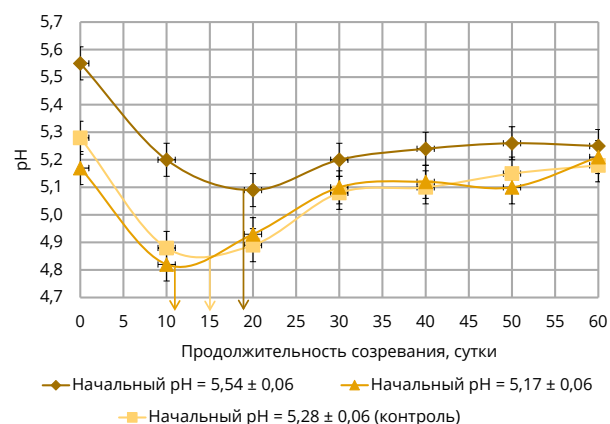


Рисунок 1. Изменение активной кислотности при созревании сыров

созревания: у контрольного сыра с начальным $pH = 5,28 \pm 0,06$ – на 14–16 сутки, у сыра с начальным $pH = 5,54 \pm 0,06$ – на 18–20 сутки. Это можно объяснить тем, что у сыров с более высокой активной кислотностью гидролиз лактозы прошел в большей степени перед поступлением сыра на созревание и остаточное количество лактозы на момент начала созревания было меньше. Поэтому ее гидролиз в первые дни созревания прошел быстрее.

Вполне логичным было то, что органолептическая оценка вкуса сыров в конце созревания показала наиболее выраженный кисловатый привкус на фоне умеренно выраженного сырного вкуса в сыре с начальным $pH = 5,17 \pm 0,06$. В контрольном сыре с начальным $pH = 5,28 \pm 0,06$ наряду с сырным вкусом отмечалась легкая кислинка, характерная для сыра Российский. В сыре с начальным $pH = 5,54 \pm 0,06$ преобладал выраженный сырный вкус без кисловатого привкуса.

Очевидно, что наблюдаемый характер изменения pH сыра во время созревания является следствием баланса между образованием молочной кислоты при гидролизе лактозы и буферизацией за счет замещения в параказеинаткальций-фосфатном комплексе (ПККФК) Ca^{2+} на H^+ [11]. В первые дни созревания, когда происходит снижение pH до достижения минимума, преобладает процесс образования кислоты. По мере роста кислотности коллоидный фосфат кальция в ПККФК переходит в ионную форму. Высвободившийся ионный кальций участвует в построении новой структуры в виде неорганического фосфата. Повышение pH после прохождения минимума, по-видимому, происходит из-за солюбилизации связанного неорганического фосфата и возникающей в результате буферизации. В связи с этим после 30 суток созревания pH сыров практически не изменялся.

Следует отметить, что начальное значение $pH = 5,17 \pm 0,06$ находилось в области изоэлектрической точки параказеина ($pH = 5,0–5,2$), сыры с начальным значением $pH = 5,28 \pm 0,06$ переходили эту область в первые 5 суток созревания, а сыры с начальным значением $pH = 5,54 \pm 0,06$ достигали изоэлектрической точки параказеина на 15–20 сутки.

Переход через область изоэлектрического состояния влечет за собой перезарядку белка. В общем заряде белка начинают преобладать

положительно заряженные функциональные группы, которые не взаимодействуют с катионами кальция. То есть связанного с белками ионного кальция становится меньше, в результате чего новая структура обладает меньшей жесткостью, поэтому сыр приобретает эластичность [12]. Это подтвердилось результатами органолептической оценки консистенции. Контрольный образец с начальным $pH = 5,28 \pm 0,06$ обладал умеренно эластичной консистенцией, характерной для сыра Российский. В образце с начальным $pH = 5,17 \pm 0,06$ наряду с эластичными свойствами была отмечена легкая пластичность. В образце с начальным $pH = 5,54 \pm 0,06$ также была отмечена пластичность и более мягкая консистенция по сравнению с контролем.

Очевидно, что изменение заряда белков сказывается и на способности отзываться на действие протеолитических ферментов. Это подтверждается результатами исследования изменения степени протеолиза сыров в процессе созревания, представленными на рисунке 2.

Полученные результаты показывают, что при созревании сыра с начальным значением $pH = 5,54 \pm 0,06$ накопление водорастворимых продуктов протеолиза проходило более интенсивно: на 45 суток они составляли 25 % от общего количества азотистых веществ, а на 60 суток – 30 %. Такая степень протеолиза характерна для перезрелых сыров. Контрольный образец с начальным значением $pH = 5,28 \pm 0,06$ показал на 45 суток созревания степень протеолиза, близкую к 20 %, а на 60 суток – 25 %. Эти значения характерны для сыров с низкой температурой второго нагревания с необходимой степенью зрелости.

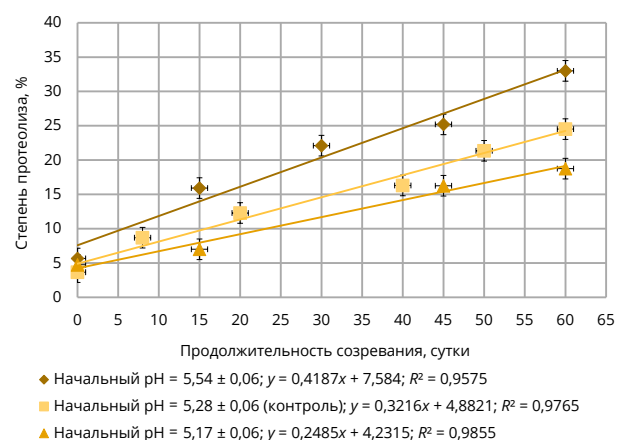


Рисунок 2. Изменение степени протеолиза сыров при созревании



Источник изображения: freepik.com

Сыр с повышенным начальным уровнем активной кислотности ($\text{pH} = 5,17 \pm 0,06$) продемонстрировал торможение протеолиза по сравнению с контролем. На 45 суток созревания он был явно недозрелым (степень протеолиза – 15 %). И только на 60 суток этот показатель приблизился к 20 %.

Как известно, влияние pH на протеолиз в сыре связано с оптимумами протеолитической активности ферментов. Так, действие химозина, составляющего основу ФС-90 «Экстра», наиболее активно проявлялось в диапазоне $\text{pH} = 4,9\text{--}5,0$, т. е. при более низких значениях pH . Но его протеолитическая активность при созревании сыра в силу специфичности (разрыв связи $105_{\text{Phe}}\text{--}106_{\text{Met}}$ в молекуле κ -казеина) ограничивалась первичным протеолизом и резко падала при превышении $\text{pH} = 5,0$ [13]. Следовательно, главную роль в протеолитических процессах при созревании сыра будут играть ферменты молочнокислых бактерий закваски и в меньшей степени плазмин, оптимум действия которого лежит в диапазоне $\text{pH} = 6,5\text{--}6,8$.

Но увеличение кислотности среды может ингибировать протеолитические ферменты молочнокислых микроорганизмов и, как следствие, замедлять протеолиз. Очевидно, что с этим было связано наблюдаемое торможение протеолиза в сыре с начальным значением $\text{pH} = 5,17 \pm 0,06$.

Протеолиз является одним из особых физиологических свойств молочнокислых бактерий, протеолитическая система которых состоит из протеиназ, пептидаз и специфических транспортных белков. Протеиназы расщепляют параказеин на пептиды, затем пептидазы расщепляют пептиды до аминокислот и более мелких пептидов [14]. Общая картина продуктов гидролиза белка с различной молекулярной массой представляет собой так называемый пептидный профиль сыра, позволяющий оценить их молекулярно-массовое распределение.

На рисунке 3 представлены пептидные профили исследованных сыров в начале созревания (после прессования), в возрасте 45 и 60 суток.

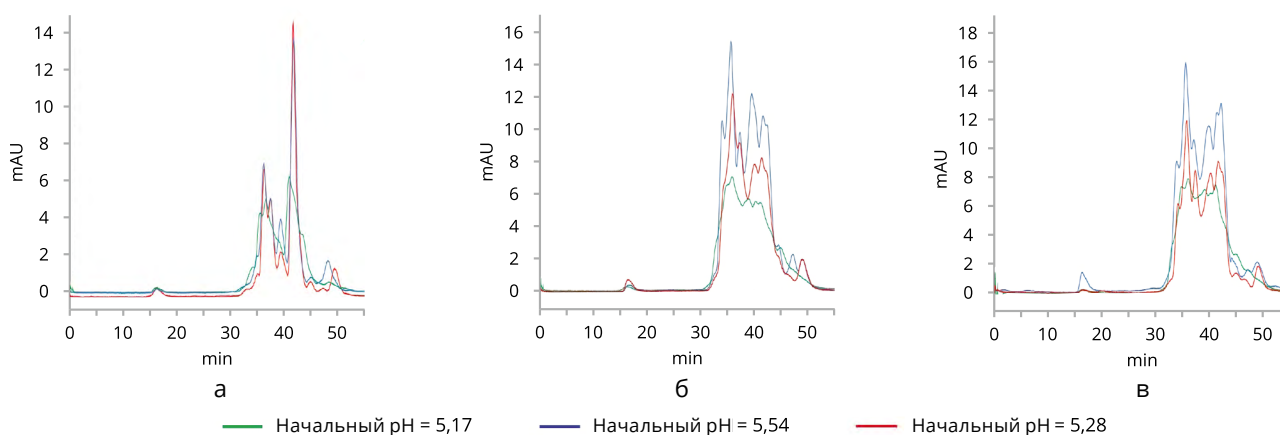


Рисунок 3. Изменение пептидных профилей сыров при созревании: а) в начале созревания (после пресса); б) в возрасте 45 суток; в) в возрасте 60 суток

Их визуальное сравнение показывает явные отличия в количестве образующихся пептидов в сырах с разным уровнем pH в начале созревания. Наименьшее количество демонстрирует сыр с начальным pH = $5,17 \pm 0,06$, что согласуется с результатами определения степени протеолиза, представленными на рисунке 2.

По мере созревания сыров общий вид пептидных профилей меняется. Для оценки молекулярно-массового распределения все выявленные пептиды были разделены по молекулярным массам на три фракции. К высокомолекулярным были отнесены пептиды с молекулярными массами более 30 кДа, к среднимолекулярным – от 5 до 30 кДа. В низкомолекулярную фракцию вошли пептиды и свободные аминокислоты – менее 5 кДа. Распределение пептидов по указанным фракциям представлено в таблице.

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что перед началом созревания (0 суток) пептидный профиль контрольного сыра с pH = $5,28 \pm 0,06$ был представлен набором пептидов с молекулярными массами от 0,1 до 66 кДа. В процессе созревания проходили изменения в пептидном составе высокомолекулярной фракции (исчезли пептиды с молекулярной массой = 44,4 кДа) и низкомолекулярной фракции (появились пептиды с молекулярной массой = 2,4 кДа).

В сыре с pH = $5,54 \pm 0,06$ по сравнению с контролем в начале созревания отсутствовали крупные пептиды с молекулярной массой около 60 кДа, но на 45 и 60 сутки созревания они появились. Низкомолекулярная фракция этого сыра по мере созревания обогащалась пептидами с различной молекуляр-



ной массой: на 45 сутки дополнительно появились пептиды с молекулярной массой ~ 2 кДа, на 60 сутки – 0,2 и 0,8 кДа. По сравнению с контрольным сыром с pH = $5,28 \pm 0,06$, а также с сыром с более низким начальным pH = $5,17 \pm 0,06$ низкомолекулярная фракция этого сыра была более разнообразной по пептидному составу.

Более заметные отличия в пептидном составе как от контроля, так и от сыра с начальным pH = $5,54 \pm 0,06$ были выявлены при созревании сыра с начальным pH = $5,17 \pm 0,06$.

Таблица. Распределение пептидов по молекулярным массам, кДа

Молекулярные массы фракций пептидов	Начальный pH сыров								
	5,54 ± 0,06			5,28 ± 0,06 (контроль)			5,17 ± 0,06		
	0 суток (после пресса)	45 суток	60 суток	0 суток (после пресса)	45 суток	60 суток	0 суток (после пресса)	45 суток	60 суток
более 30 кДа (высокомолекулярные)	44,4 30,9	62,4 35,5	64,9 37,2	65,9 44,4 30,0	53,8 31,7	60,2 34,4	98,3 52,1 38,2	58,4 39,6 33,2	48,2 31,8
от 5 до 30 кДа (среднимолекулярные)	19,2 8,9	19,0 7,7	21,1 6,7	18,9 8,8	19,5 6,2	18,9 5,9	26,3	9,9 5,8	9,4 6,2
менее 5 кДа (низкомолекулярные пептиды и свободные аминокислоты)	3,0 0,5 0,1	2,9 2,1 0,7 0,1	3,4 2,3 0,8 0,2 0,1	3,1 0,6 0,1	3,3 2,4 0,9 0,1	3,0 2,4 0,5 0,1	4,4 1,6 0,1	3,7 0,6	3,9 2,1 0,8 0,2

В начале созревания в нем во всех выделенных фракциях присутствовали крупные пептиды, не наблюдаемые в двух других исследованных сырах. В высокомолекулярной фракции – это пептиды с молекулярными массами 98,3 и 52,1 кДа. Среднемолекулярная фракция была представлена пептидом с молекулярной массой 26,3 кДа, а в низкомолекулярной фракции присутствовал пептид с молекулярной массой 4,4 кДа. В процессе созревания наиболее ощутимые изменения произошли в среднемолекулярной фракции: к концу созревания вместо пептида с молекулярной массой = 26,3 кДа она содержала пептиды с меньшими молекулярными массами ~ 6–10 кДа.

Количественное соотношение пептидных фракций на разных стадиях созревания сыров представлено в виде диаграмм на рисунке 4, из которых видно, что наибольшее общее количество продуктов протеолиза на 45 и 60 суток присутствует в сыре с начальным pH = $5,54 \pm 0,06$. Это подтверждает результаты, представленные на рисунке 2, и говорит о высокой степени протеолиза этого сыра по сравнению с другими. При его созревании в течение 45 суток наблюдалось увеличение количества высокомолекулярной и среднемолекулярной фракций. После этого, на 60 суток созревания, высокомолекулярная фракция количественно практически не изменялась, а среднемолекулярная проявляла тенденцию к уменьшению в результате перехода образующихся продуктов ее распада в низкомолекулярную фракцию.

Существенные отличия в количественном соотношении пептидов были выявлены при созревании сыра с начальным значением pH = $5,17 \pm 0,06$ (рис. 4). На 45 и 60 суток в нем наблюдалось меньше среднемолекулярных пептидов, чем в контроле, и вследствие этого умень-

шилось общее количество водорастворимых продуктов протеолиза. Количество низкомолекулярных пептидов увеличивалось на протяжении всего срока созревания, но не достигло уровня, демонстрируемого сыром с начальным pH = $5,54 \pm 0,06$. В отличие от контроля, в котором наиболее высокий уровень низкомолекулярных пептидов достигался уже на 45 сутки созревания, в сыре с более высокой активной кислотностью этот уровень достигался только на 60 сутки созревания. Очевидно, это связано с ингибирующим действием молочной кислоты на развитие молочнокислых микроорганизмов закваски, продуцирующих протеолитические ферменты.

Наблюдаемое при созревании всех исследованных сыров увеличение высокомолекулярной фракции, по-видимому, происходит за счет первичного протеолиза казеинового комплекса сыра под действием химозина и пепсина из молокосвертывающего фермента. В результате высвобождаются крупные пептиды разной молекулярной массы, подвергающиеся в дальнейшем вторичному протеолизу под действием главным образом протеолитических ферментов микроорганизмов закваски. Полученные результаты показывают, что первичный и вторичный протеолиз в сырах протекают параллельно на протяжении всего срока созревания, при этом пептидный состав водорастворимой фракции сыров динамично изменяется.

Выводы

Установлено, что даже небольшое отклонение pH в сыре после пресса в сторону низких значений вызывает ощутимые изменения в ходе процесса его созревания. А именно: гидролиз лактозы завершается быстрее,

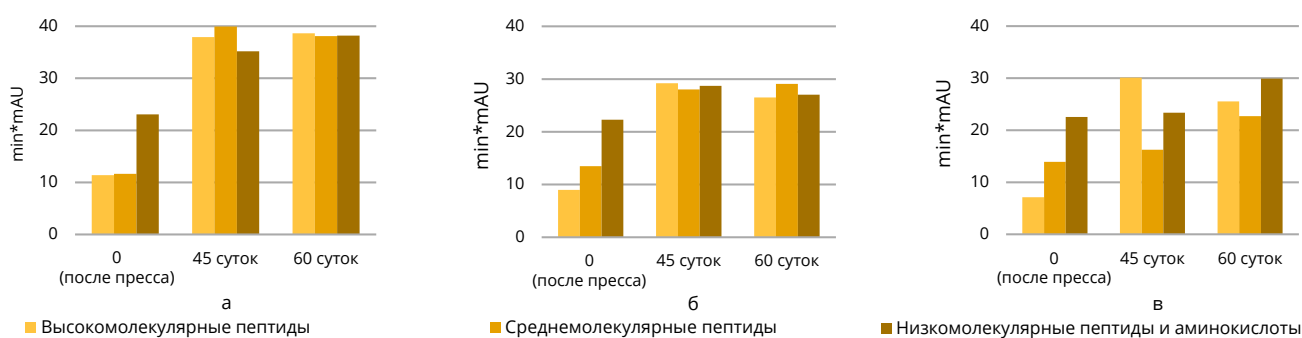


Рисунок 4. Количественное соотношение пептидных фракций на разных стадиях созревания сыров:

а) начальный pH = 5,54; б) начальный pH = 5,28 (контроль); в) начальный pH = 5,17

накопление водорастворимых продуктов протеолиза происходит медленнее, а пептидные профили отличаются наличием крупных пептидов в составе высокомолекулярной, среднемолекулярной и низкомолекулярной фракций. Отклонение начального pH как в сторону низких, так и в сторону высоких значений оказывает влияние на органолептические показатели готового продукта. В первом случае в сырах отмечалась излишняя кислотность во вкусе и появ-

ление пластичности в консистенции, во втором случае во вкусе были более выражены сырные оттенки без кисловатого привкуса, консистенция была более мягкой и пластичной, нехарактерной для сыра Российский. Результаты исследований подтверждают необходимость строгого контроля pH после прессования при производстве сыра Российский с целью обеспечения высокого качества и получения необходимых идентификационных характеристик. ■

Поступила в редакцию: 30.08.2024
Принята в печать: 03.10.2024

Effect of Initial pH of "Russian Cheese" (Syr Rossiysky) on Proteolysis during Ripening

Olga V. Lepilkina, Anastasia I. Grigorieva

Research Institute of Butter-and Cheesemaking – Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Uglich

The initial pH is known to affect cheese proteolysis during ripening. The article describes the sensory profile of samples of the domestic *Syr Rossiysky* brand with different initial post-pressure pH values. The control sample had an initial pH of 5.28 ± 0.06 , which meets the requirements of State Standard GOST 32260-2013. The experimental cheeses had a pH of 5.54 ± 0.06 , which exceeded the standard, and a pH of 5.17 ± 0.06 , i.e., the minimal standard values. Lower pH values caused considerable changes during ripening: they boosted lactose hydrolysis and slowed down water-soluble proteolysis. The peptide profiles obtained by high-resolution gel filtration demonstrated larger peptides in the high-molecular, medium-molecular, and low-molecular fractions. All deviations from standard initial pH affected the sensory profile of the finished product. The samples with lower pH were too sour and plastic. The samples with higher pH had a more pronounced cheese taste with no sour aftertaste while the consistency was too soft and plastic for the brand. A stricter pH control after pressing renders the *Syr Rossiysky* cheese its high quality and identifying features.

Keywords: cheese, active acidity, ripening, lactose hydrolysis, proteolysis, peptide profile, taste, consistency

Список литературы

1. Kelly, A. L. Agents of Change: Enzymes in Milk and Dairy Products / ed. by A. L. Kelly, L. B. Larsen – Springer, 2021. 551 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55482-8>
2. Mcsweeney, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening / P. L. H. Mcsweeney // International Journal of Dairy Technology. 2004. Vol. 57, № 2-3. P. 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
3. Мироненко, И. М. Роль кальция при переработке молока / И. М. Мироненко, Е. В. Чорей, П. В. Жарков, М. В. Сухоруков // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 3. С. 27-28. <https://elibrary.ru/lpxczn>
4. Лепилкина, О. В. Ферментативный протеолиз при преобразовании молока в сыр / О. В. Лепилкина, А. И. Григорьева // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 1. С. 36-45. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-36-45>; <https://elibrary.ru/mysjff>
5. Ardö, Y. Dynamics of free amino acid composition in cheese ripening / Y. Ardö [et al.] // Australian Journal of Dairy Technology. 2002. Vol. 57(2). P. 109-115.
6. Ardö, Y. Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis // Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology / Y. Ardö [et al.]. – Academic Press, 2017. P. 445-482. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00018-1>
7. Мяконосов, Д. С. Особенности протеолиза у сыров различных видовых групп / Д. С. Мяконосов, В. А. Мордвинова, Д. В. Абрамов, И. Н. Делицкая // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 2. С. 24-27. <https://elibrary.ru/rzsupt>
8. Vasbinder, A. J. Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH / A. J. Vasbinder, C. G. de Kruif // International Dairy Journal. 2003. Vol. 13 (8). P. 669-677. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(03\)00120-1](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(03)00120-1)
9. Банникова, А. В. Функционально-технологические свойства сыровоточных белковых продуктов: влияние изменений условий среды и вида обработки / А. В. Банникова, И. А. Евдокимов // Молочная промышленность. 2015. № 2. С. 42-44. <https://elibrary.ru/thboqh>
10. Hayaloglu, A. A. Primary and Secondary Proteolysis in Eleven Turkish Cheese Varieties / A. A. Hayaloglu, I. Karabulut // International Journal of Food Properties. 2013. Vol. 16(8). P. 1663-1675. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.604890>
11. Upreti, P. Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: pH Changes During Ripening / P. Upreti, L. E. Metzger // Journal of Dairy Science. 2007. Vol. 90. № 1. P. 1-12. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(07\)72603-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(07)72603-6)
12. Мироненко, И. М. Способность сырной массы к плавлению / И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 3. С. 12-16. <https://elibrary.ru/waokkx>
13. Стурова, Ю. Е. Факторы, влияющие на активность ферментных препаратов животного происхождения / Ю. Е. Стурова, А. В. Кригер, К. В. Жидких // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 3. С. 47-49. <https://elibrary.ru/qhqcrd>
14. Kieliszek, M. Characteristics of the Proteolytic Enzymes Produced by Lactic Acid Bacteria / M. Kieliszek [et al.] // Molecules. 2021. Vol. 26. № 7. P. 1858. <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>