

Роль липолитических ферментов в улучшении органолептических показателей низкожирных сыров

Валентина Александровна Мордвинова, канд. техн. наук, руководитель направления исследований по технологии сыроделия
E-mail: v.mordvinova@fnpcs.ru

Ирина Николаевна Делицкая, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Галина Михайловна Свириденко, д-р техн. наук, руководитель направления

Дарья Сергеевна Вахрушева, младший научный сотрудник

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

Рассмотрены вопросы улучшения органолептических характеристик низкожирных сыров с использованием липолитических ферментов. Показано, что применение телячьей липазы при выработке полутвердого сыра массовой долей жира 30,0 % дало положительный результат при формировании вкусового букета.

Ключевые слова: низкожирный сыр, липолитические ферменты, созревание, органолептические показатели

Принципы рационального питания становятся более популярными среди различных слоёв населения. Одним из направлений является снижение калорийности потребляемой пищи при уменьшении физической нагрузки, что, применительно к молочной промышленности, вызывает увеличение потребления продуктов с пониженным содержанием молочного жира, в том числе сыров.

Вкус и аромат сыров формируется в результате биохимических превращений составных частей молока во вкусовые и ароматические соединения под влиянием термостабильных ферментов сырого молока, а также ферментов, специально добавляемых в молочную смесь для активизации тех или иных процессов (гликолиза, протеолиза или липолиза). Молокозвертывающие ферменты обеспечивают образование молочного сгустка и выделение белковой фракции с образованием крупных полипептидов, которые в дальнейшем под влиянием протеолитических ферментов бактериальной закваски подвергаются протеолизу до низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот, участвуя в формировании типичного вкуса сыра [1].

Молочный жир играет одну из ключевых ролей в формировании потребительских характеристик сыра, и его снижение влияет на уменьшение степени липолиза и, как следствие, потенциальной возможности сокращения образования ряда вкусовых и ароматических веществ в про-

цессе созревания сыра [2, 3, 4, 5]. Источником липаз являются сырое молоко, микрофлора заквасок, используемых в технологии конкретного вида сыра. Во время пастеризации нативные липазы сырого молока теряют свою активность, но некоторые термоустойчивые бактериальные липазы сохраняют активность и после пастеризации [1].

Молочный жир содержит значительное количество низкомолекулярных жирных кислот, фосфолипидная оболочка которых в процессе созревания разрушается и жир переходит в свободное состояние, доступное для действия липаз, осуществляющих гидролиз молочного жира до свободных жирных кислот. Однако оболочка жировых глобул может разрушаться не только во время созревания сыра, но и под влиянием некоторых технологических процессов, например, гомогенизации, мембранной фильтрации или интенсивного перекачивания молока из одной емкости в другую [6].

Свободные жирные кислоты по-разному влияют на вкус сыров. Жирные кислоты с короткой длиной цепи (C2–C6) придают «сырный» вкус, жирные кислоты со средней длиной цепи (C8–C14) придают маслянистый вкус. Жирные кислоты с большой длиной углеродной цепи (> C16) дают ощущение мыльного вкуса [7].

Кроме того, свободные жирные кислоты принимают участие в простых химических реак-

циях, а также преобразуются микрофлорой сыра и дают начало синтезу таких компонентов вкуса, как ацетилацетат, β - и кетокислоты, метилкетоны, сложные эфиры и лактоны [8].

Степень липолиза меняется в зависимости от вида сыра. В некоторых сырах с белой или голубой плесенью наблюдается высокий уровень липолитических процессов. В этих сырах отмечено высокое содержание свободных жирных кислот, обеспечивающих характерный вкус и аромат сыров этих видовых групп. Летучие жирные кислоты (капроновая, каприновая, каприловая) и метилкетоны являются важными компонентами вкуса и аромата этих сыров. Ускорение липолитических процессов расщепления молочного жира достигается гомогенизацией молока и липазами плесеней [6].

До недавнего времени попытки усилить липолиз в сырах сводились к подбору и использованию определенных штаммов молочнокислых микроорганизмов, обладающих повышенной липолитической активностью. Этот способ позволял улучшить вкус сыра, однако, в силу низкой активности липаз заквасочной микрофлоры, эффект был ниже ожидаемого. Для интенсификации липолитических процессов в сырах стали использовать прегастральные липазы. Так, учеными Сибирского НИИ сыроделия (г. Барнаул) было установлено, что применение прегастральных липаз телят, ягнят и козлят в технологии сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью, позволяет положительно влиять на их органолептические показатели [9].

Использование при выработке сыра прегастральной липазы в совокупности с молокосвертывающими ферментными препаратами положительно повлияло на органолептические характеристики полутвердого сыра, способствуя формированию более выраженного сырного вкуса и аромата за более короткий срок [10].

Разные виды прегастральных эстераз продуцируют различные, характерные им оттенки вкуса [11]. Так, телячья эстераза образует сливочный и слегка перечный вкус; эстераза козленка придает резкий перечный вкус; эстераза ягненка – пикантный вкус, также называемый «пеккорино».

Следует отметить, что большинство исследований по применению липаз в сыроделии касалось технологий полножирных сыров как с

низкой, так и высокой температурой второго нагревания, однако сведений в открытых источниках об использовании липолитических ферментов для формирования вкусового профиля сыров с пониженной жирностью недостаточно.

Отличительной особенностью сыров пониженной жирности является уменьшенное количество молочного жира и его низкая доступность для действия липолитических ферментов.

ВНИИМС проведены исследования по изучению изменения количества свободного жира в сыре в процессе созревания. Установлено, что на этапе выработки и прессования сыра количество доступного жира значительно увеличивается по сравнению с нормализованной смесью вследствие комплексного дестабилизирующего воздействия на оболочки жировых шариков механических, биохимических и физико-химических факторов, имеющих место во время свертывания смеси, обработки зерна и прессования сырной массы [12]. Во время созревания сыра количество свободного жира продолжает расти, хотя и не так значительно, как во время выработки сыра. В этот период приоритетную роль в формировании структуры сыра играет протеолиз, в результате которого происходит пептизация белка, и жир, заключенный ранее в белковой матрице, становится доступным для действия липолитических ферментов.

Была проведена серия выработок сыров пониженной жирности массовой долей жира 30,0 % с применением липолитических ферментов с целью установления их влияния на формирование органолептического букета сыра.

Для исследований использовали телячью липазу активностью 125000–140000 ед/г в среде с рН 5–6 ед. рН в дозе 5г/100 кг смеси, установленной на основании предварительных выработок. Контролем служил сыр массовой долей жира $30,0 \pm 0,5$ % (аналогично опытному образцу) без добавления липазы.

Сыры выработывали по технологическому регламенту, характерному для сыров пониженной жирности, с производственной бактериальной закваской, состоящей из мезофильных лактококков, доза закваски – 0,8 %. Температура второго нагревания $38 \pm 0,5$ °С.

Внесение липазы в указанной дозе не повлияло на процесс свертывания смеси и обработки сырного зерна. Массовая доля сухих веществ в сыворотке обоих вариантов была практически одинакова (6,98 и 7,05 % для контроля и опыта, соответственно). Не было отмечено значимых различий между вариантами и в изменении титруемой кислотности сыворотки в процессе обработки сырного зерна в сыродельной ванне.

Динамика изменения физико-химических показателей сыра в процессе созревания представлена в таблице 1. Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение липазы не повлияло на активность молочнокислого процесса при выработке сыров. Это подтверждается и результатами изменения количества углеводов в сырах на начальном этапе созревания сыра (табл. 2). Количество молочного сахара в сырах с липазой (опыт) и без липазы (контроль) и молочной кислоты значимо не отличались, а к концу двухнедельного созревания лактоза не обнаружена в сырах обоих вариантов

Интенсивность протеолиза определяли по отношению массовой доли растворимого азота к массовой доле общего азота, выраженному в процентах в процессе созревания и именуемому как степень протеолиза (рис. 1).

Таблица 1
Изменение физико-химических показателей сыра в процессе созревания

Вариант	Значение показателя для сыра в возрасте, сут				
	п/п	15	30	45	60
Активная кислотность, ед. рН					
1 (контроль)	5,26 ± 0,03	5,07 ± 0,02	5,15 ± 0,01	5,18 ± 0,02	5,15 ± 0,03
2 (опыт)	5,28 ± 0,04	5,10 ± 0,02	5,20 ± 0,03	5,20 ± 0,04	5,20 ± 0,04
Массовая доля влаги, %					
1 (контроль)	53,8 ± 0,1	46,6 ± 0,2	45,2 ± 0,2	45,0 ± 0,3	45,0 ± 0,2
2 (опыт)	54,2 ± 0,5	48,2 ± 0,2	46,8 ± 0,4	46,2 ± 0,1	46,0 ± 0,3

Таблица 2
Изменение массовой доли углеводов в сырах в процессе созревания

Возраст сыра	Вариант	Массовая доля, %		
		галактозы	лактозы	молочной кислоты
п/п	1 (контроль)	-	1,57 ± 0,02	0,76 ± 0,01
	2 (опыт)	-	1,60 ± 0,03	0,53 ± 0,02
15 сут.	1 (контроль)	-	-	1,86 ± 0,03
	2 (опыт)	-	-	1,84 ± 0,02

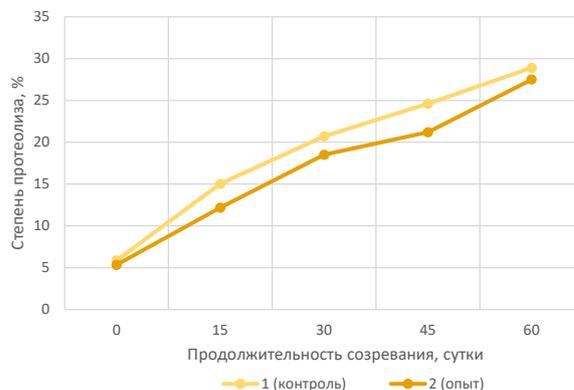


Рисунок 1. Изменение степени протеолиза в сырах в процессе созревания

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что внесение липазы практически не влияет на процессы протеолиза.

Органолептические показатели сыров оценивали в возрасте 30, 45 и 60 суток (табл. 3). Необходимо отметить, что опытный сыр (с добавлением липазы) имел более выраженный вкусовой букет уже в возрасте 30 суток за счет наличия в нем легких липолизных нот, имитирующих в сыре пониженной жирности вкус жирного сыра.

При дальнейшем созревании до 60 суток липолизные ноты в опытном сыре усилились, и появился посторонний привкус, нехарактерный для сыра, что явилось причиной снижения балльной оценки до 37 баллов. В сыре контрольного варианта причиной снижения балльной оценки послужило появление легкой горечи. Полученные результаты демонстрируют и построенные профилограммы вкуса и аромата сыра (рис. 2).

Данные, представленные в таблице 4, подтверждают рост выраженности липолизных нот во вкусе сыра с добавлением липазы: за 30 суток созревания кислотность жировой фазы, отражающая количество свободных жирных кислот, увеличилась на 30 % в сыре с липазой и на 10 % в сыре без липазы. Излишняя интенсивность липолиза может быть риском снижения хранимоспособности сыра.

Внесение липазы в условиях эксперимента оказало незначительное влияние на консистенцию сыра. В опытном варианте (рис. 3) к концу созревания консистенция характеризовалась доминированием пластичных, слегка вязких свойств, а в контрольном была слегка плотная, слегка крошливая.

Таблица 3
Результаты органолептической оценки сыров

Вариант	Характеристика показателя для сыра в возрасте, сутки/балльная оценка		
	30	45	60
Вкус и запах			
1 (контроль)	Умеренно выраженный сырный, слегка острый, кисловатый – 38 б.	Умеренно выраженный сырный, слегка острый, кисловатый – 38 б.	Умеренно выраженный сырный, кисловатый, острый, слабая горечь – 37 б.
2 (опыт)	Умеренно выраженный сырный (более выраженный, чем контроль), острый, кисловатый, легкие липолизные ноты – 39 б.	Умеренно выраженный сырный, острый, кисловатый, липолизные ноты, легкий посторонний – 38 б.	Выраженный сырный, слегка кисловатый, с липолизными нотами, посторонний – 37 б.
Консистенция			
1 (контроль)	Хорошая, слегка плотная, превалирует эластичная составляющая – 24 б.	Хорошая, слегка эластичная – 24 б.	Хорошая, эластичная, слегка плотная – 24 б.
2 (опыт)	Хорошая, слегка плотная, превалирует пластичная составляющая – 24 б.	Хорошая, слегка плотная, превалирует пластичная составляющая – 24 б.	Хорошая, слегка пластичная, слегка плотная – 24 б.
Рисунок			
1 (контроль)	Отдельные редкие глазки правильной и неправильной формы – 9 б.		
2 (опыт)	Отдельные редкие глазки правильной и неправильной формы – 9 б.		

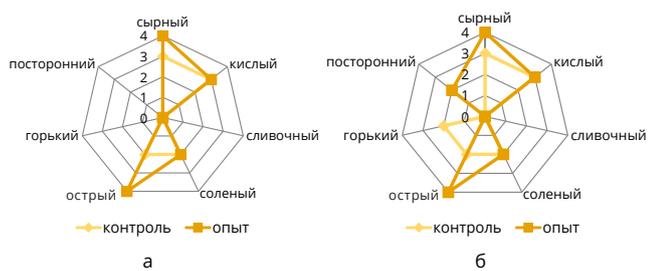


Рисунок 2. Профилограммы изменения вкусового букета экспериментальных сыров в возрасте 30 (а) и 60 (б) суток

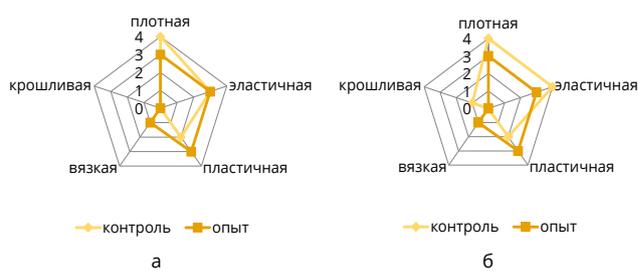


Рисунок 3. Профилограммы изменения консистенции экспериментальных сыров в возрасте 30 (а) и 60 (б) суток

Таблица 4
Изменение окисленности жировой фазы сыров в процессе созревания

Возраст сыра	Вариант	Значение показателя для сыра в возрасте, сут	
		кислотность жировой фазы, моль/100 г	кислотное число, мг NaOH/г
30 сут	1 (контроль)	1,90 ± 0,21	0,95 ± 0,19
	2 (опыт)	2,20 ± 0,21	1,23 ± 0,19
60 сут	1 (контроль)	2,12 ± 0,21	1,06 ± 0,19
	2 (опыт)	2,80 ± 0,27	1,55 ± 0,22

Проведенные исследования показали, что применение телячьей липазы в исследованной дозе в сырах пониженной жирности с коротким сроком созревания (30–45 сут) оказало положительное влияние на вкусовой букет сыра, делая его более выраженным, создавая ощущение более жирного сыра. Однако для изучения возможности применения липолитических ферментов в сырах пониженной жирности с продолжительным сроком созревания необходимо проведение дополнительных исследований. ■

Effect of Lipolytic Enzymes on Sensory Properties of Low-Fat Cheeses

Mordvinova V. A., Delitskaya I. N., Sviridenko G. M., Vakhrusheva D. S.

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

Lipolytic enzymes can improve the sensory profile of low-fat cheeses. In this study, bovine lipase improved the flavor of semi-hard cheese with a 30.0% fat mass fraction.

Keywords: low-fat cheese, lipolytic enzymes, ripening, sensory properties

Список литературы

1. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова, – СПб.: ГИОРД, 2010. – 336 с.

2. Bertuzzi, A. S. Detection of Volatile Compounds of Cheese and Their Contribution to the Flavor Profile of Surface-Ripened Cheese / A. S. Bertuzzi, [et al.] // Comprehensive Reviews in Food

Science and Food Safety. 2018. Vol. 17 (2). P. 371–390. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12332>

3. **Fenelon M. A.** The effect of fat content on the microbiology and proteolysis in Cheddar cheese during ripening / M. A. Fenelon [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2000. Vol. 83. P. 2173–2183. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75100-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75100-9).

4. **Rogers N. R.** The effect of aging on low-fat, reduced-fat and full-fat Cheddar cheese texture / N. R. Rogers [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 4756–4772. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2156>.

5. **Sánchez-Macías D.** Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese / D. Sánchez-Macías [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93 (9). P. 3950–3956. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3193>.

6. **Мак Суини П. Л.** Практические рекомендации сыроделам / Пер. с англ. Под ред. канд. техн. наук И. А. Шергиной. – СПб.: Профессия, 2010. – 347 с.

7. **Уманский М. С.** Теоретическое обоснование и исследование закономерностей селективного липолиза в натуральных сырах: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04: защищена 16.05.2000 / Марк Соломонович Уманский. – Кемерово, 2000. – 375 с.

8. **Белов А. Н.** Формирование органолептических показателей сыров за счет совместного действия протеолитических и липолитических ферментов / А. Н. Белов // Сборник научных трудов ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО Россельхозакадемии. – Барнаул, 2007. – С. 97–103

9. **Белов А. Н.** К вопросу использования прегастральных липаз в сыроделии. / А. Н. Белов [и др.] // Сборник научных трудов с международным участием «Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока». – ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН. – Барнаул, 2008. – С. 149–155.

10. **Кригер А. В.** Влияние прегастральной липазы телянка на накопление летучих жирных кислот и формирование органолептических показателей в сыре / А. В. Кригер [и др.] // Сборник научных трудов с международным участием «Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока». – ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН. – Барнаул, 2008. – С. 175–180.

11. **Fox P. F.** Enzymes in cheese technology / P. F. Fox, L. Stepaniak // *International Dairy Journal*. 1993. Vol. 3. P. 509–530.

12. **Лепилкина О. В.** Свободный жир в сырах и сырных продуктах / О. В. Лепилкина [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2014. №4. С. 37–39.