

Л.Л. Богданова, к.т.н., И.Б. Фролов
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИПОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ

L. Bahdanava, I. Frolov
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

THE STUDY OF THE POTENTIAL APPLICATION OF LIPOLYTIC ENZYMATIC PREPARATIONS IN THE PRODUCTION OF SEMI-HARD CHEESES

e-mail: bogdanova_ll@tut.by, frol2358@mail.ru

Исследовано влияние различных липолитических ферментных препаратов на качественные и количественные характеристики, влияющие на ход технологического процесса изготовления полутвердых сыров.

The influence of various lipolytic enzyme preparations on the qualitative and quantitative characteristics affecting the course of the technological process of semi-hard cheese production is studied.

Ключевые слова: липолитические ферментные препараты; сыр.

Keywords: lipolytic enzyme preparations; cheese.

Введение. Молочный жир наряду с белком является одним из основных компонентов сыра. Высокодисперсное распределение жира в сырной массе обеспечивает контакт его липидных компонентов с ферментами, различными химическими соединениями, тем самым вовлекая его в комплекс биохимических реакций, протекающих при созревании сыра [1]. Продукты гидролиза молочного жира оказывают существенное влияние на формирование консистенции, вкуса и аромата в сырах. Происходящие во время созревания липолитические процессы в сыре наряду с протеолизом многие исследователи относят к ряду ключевых биохимических реакций, формирующих органолептические показатели продукта [2]. Липолиз сыра – сложный многофакторный процесс, в ходе которого образуется большое количество различных соединений, которые обуславливают характерный вкус и запах сыров. Кроме того, активизация липолитических процессов способствует интенсификации созревания сыров. Оптимальный процесс созревания сыров и формирование необходимых органолептических характеристик можно обеспечить путем направленного подбора ферментных препаратов [3]. Появление на рынке различных липолитических ферментных препаратов открыло новые возможности для формирования органолептических характеристик сыров в соответствии с гастрономическими приоритетами потребителя.

Цель работы – исследование влияния липолитических ферментных препаратов на физико-химические показатели и органолептические характеристики полутвердых сыров с целью оценки возможности их применения в сыроделии.

Материалы и методы исследований. Для изучения влияния липолитических ферментов на физико-химические, органолептические и микробиологические характеристики сыров в процессе их созревания были отобраны следующие ферментные препараты: «Kid goat lipases», «Veal goat lipases», «Astro lipase» (calf), «Astro lipase» (lamb) (Ditta Calza clemente, Италия) и «Piccantase» (DSM Food Sp., Франция).

Титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624, плотность молока – по ГОСТ 3625, массовую долю жира – по ГОСТ 5867. Массовую долю влаги и сухого вещества сыра определяли по ГОСТ 3626. Массовую долю белка определяли по ГОСТ 23327. Содержание молочнокислых бактерий определяли по ГОСТ 10444.11, БГКП – по ГОСТ 9225, бактерий *Listeria monocytogenes* – по СТБ ГОСТ Р 51921, бактерий *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347, жирно-кислотный состав молочного жира определяли по ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот».

Предел прочности молочного сгустка на сжатие определяли следующим образом: на поверхности сгустка располагали металлическую пластину диаметром 50 мм, на которую помещали груз различной массы. В процессе исследований измеряли пороговую величину постоянного механического воздействия, превышение которого приводило к необратимой деформации сгустка.

Используемое оборудование: лабораторный сыроизготовитель, сыродельные формы из полимерных материалов, электроплита ЭПЧ 2,2, шкаф сушильный HS 61A, магнитная мешалка MM2A, рН-метр HI 8314, ультратермостат U2, весы ВСЛ-400/1, термостат воздушный ХТ-3/40, холодильник ШВУ-0,4-1,3-20, весы EW 6200, вискозиметр Brookfield LVDV-II+Pro, хроматограф газовый «Хроматэк-Кристалл 5000.2».

Результаты и их обсуждение. На первом этапе проведения работ была осуществлена опытная выработка полутвердого сыра с использованием следующих липолитических ферментных препаратов: «Kid goat lipases», «Veal goat lipases», «Piccantase». Молочная смесь для изготовления сыра имела следующие характеристики: массовая доля жира – 2,7%, массовая доля белка – 3,05%, плотность – 1028 кг/м³, активная кислотность перед свертыванием – 6,40 ед. рН. Количество вносимых липолитических ферментных препаратов соответствовало верхним пределам доз внесения, рекомендуемых предприятиями-изготовителями (поставщиками) и соответствовало следующим значениям: препарат «Veal goat lipases» – 40 г/1000 л (вариант 2), «Kid goat lipases» – 40 г/1000 л (вариант 3), «Piccantase» – 60 г/1000 л (вариант 4). Вариант 1 – контрольный – изготовлен из той же нормализованной молочной смеси без использования липолитических ферментных препаратов.

При анализе результатов, полученных в ходе проведения технологического процесса изготовления сыра, не было выявлено существенных различий между различными вариантами в динамике нарастания активной кислотности молочной смеси, сыворотки и сыра в процессе самопрессования. В процессе созревания опытных образцов сыра исследовали его физико-химические показатели и органолептические характеристики. В результате исследований физико-химических показателей установлено, что после 50 суток созревания наиболее высокие значения показателя степени зрелости, характеризующие процесс протеолиза, наблюдались в вариантах с использованием липолитических препаратов «Piccanase» и «Kid goat lipases»: 105 и 90 град. Шиловича соответственно. В указанных вариантах процесс нарастания кислотности в ходе созревания сыра также протекал более активно, что обусловлено, по-видимому, несколько повышенным (примерно на 2,1% в сравнении с вариантами 1 и 2) содержанием влаги в этих образцах. При исследовании органолептических характеристик сыра после 25 суток созревания установлено следующее. Лучшую оценку по вкусу и запаху получили образцы сыра № 1 (без добавления липолитических ферментов) и № 2 (препарат «Veal goat lipases»). Добавление липолитического ферментного препарата «Kid goat lipases» в используемой дозировке после 25 суток созревания приводило к появлению излишне кислого вкуса и творожистой консистенции сыра. Добавление липолитического ферментного препарата «Piccantase» в используемой

дозировке вызвало наличие легкой горечи и осаленности, а также творожистой консистенции сыра.

После 50 суток созревания установлено следующее. Лучшую оценку по вкусу и запаху получил опытный образец сыра без добавления липолитических ферментов (контрольный вариант). В образце сыра, изготовленного с использованием препарата «Veal goat lipases» появилась легкая горечь, в образце с добавлением липолитического ферментного препарата «Kid goat lipases» в используемой дозировке после 50 суток созревания сохранились излишне кислый вкус и творожистая консистенция. Использование липолитического ферментного препарата «Piccantase» в используемой дозировке вызвало интенсивный липолиз жирных кислот, что привело к появлению выраженной горечи, осаленного привкуса и резкого запаха в сыре.

Таким образом, в результате первого этапа исследований установлено, что добавление липолитических ферментных препаратов в максимально рекомендуемых дозировках приводило к появлению пороков вкуса и консистенции полутвердых сыров в процессе созревания. Поэтому в дальнейшем при проведении исследований дозу внесения липолитических препаратов уменьшили до 25–30 г/1000 л молока.

На следующем этапе проведения работ была изготовлена опытная партия полутвердых сыров, формуемых насыпью. Молочная смесь для изготовления сыра имела следующие характеристики: массовая доля жира – 2,7%, массовая доля белка – 3,1%, плотность – 1028 кг/м³, активная кислотность перед свертыванием – 6,35 ед. рН. Количество вносимых липолитических ферментных препаратов составляло 30 г/1000 л молока. В ходе ведения технологического процесса не было выявлено существенных отличий между различными вариантами в динамике нарастания активной кислотности молочной смеси, сыворотки и сыра в начале самопрессования. Однако к концу самопрессования процесс нарастания активной кислотности сыра более активно протекал в образцах с использованием липолитических ферментных препаратов.

В процессе созревания опытных образцов сыра исследовали физико-химические и микробиологические показатели, а также органолептические характеристики. Физико-химические показатели сыров после 30, 50 и 80 суток созревания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели сыров

Вид липолитического препарата	Показатель и значение			
	Массовая доля жира в сухом веществе, %	Массовая доля влаги, %	Степень зрелости, град. Шиловича	Активная кислотность, ед. рН
Контроль (без ферментного препарата)				
после самопрессования	44,8	50,2	-	5,14
30 суток созревания	45,7	45,8	70	4,96
50 суток созревания	45,2	44,4	110	4,93
80 суток созревания	45,6	40,5	120	4,94
«Kid goat lipases»				
после самопрессования	44,1	50,1	-	5,11
30 суток созревания	44,5	44,5	65	4,97
50 суток созревания	44,0	42,6	105	5,01
80 суток созревания	43,8	38,1	125	5,03
«Veal goat lipases»				
после самопрессования	43,4	49,3	-	5,13
30 суток созревания	43,8	43,8	70	5,00
50 суток созревания	44,2	40,8	105	4,96
80 суток созревания	44,5	34,6	130	4,98

Продолжение таблицы 1

Вид липолитического препарата	Показатель и значение			
	Массовая доля жира в сухом веществе, %	Массовая доля влаги, %	Степень зрелости, град. Шиловича	Активная кислотность, ед. рН
«Astro lipase» (calf)				
после самопрессования	46,3	50,4	-	5,08
30 суток созревания	45,2	45,6	60	4,82
50 суток созревания	45,5	43,1	95	4,83
80 суток созревания	45,9	39,3	135	4,85
«Astro lipase» (lamb)				
после самопрессования	44,4	48,2	-	5,10
30 суток созревания	43,6	44,6	75	5,08
50 суток созревания	44,7	42,0	100	5,05
80 суток созревания	45,8	39,1	120	5,06

Источник: собственная разработка.

В результате анализа полученных данных установлено, что наиболее интенсивно процесс нарастания кислотности в сырной массе протекал в варианте с использованием липолитического препарата «Astro lipase» (calf), а наименее – в варианте с использованием «Astro lipase» (lamb). Наиболее высокая степень зрелости сыров после 80 суток созревания отмечена при использовании препаратов «Astro lipase» (calf) и «Veal goat lipases». В целом по результатам исследований не было выявлено существенных отличий между различными вариантами по исследуемым показателям.

В процессе созревания исследовали микробиологические показатели опытных образцов сыров. Установлено, что микробиологические показатели безопасности опытных образцов сыров (БГКП, *S. aureus*, *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes*) соответствовали требованиям технических регламентов ТР ТС 021 и ТР ТС 033. Содержание в сыре молочнокислых бактерий в процессе созревания постепенно снижалось независимо от наличия и вида используемого липолитического ферментного препарата.

После 30, 50 и 80 суток исследованы органолептические характеристики опытных образцов сыра. Характеристики опытных образцов сыров после 30 и 80 суток созревания приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические характеристики сыров

Вариант/срок созревания	Характеристики		
	Консистенция	Вкус и запах	Вид на разрезе
1	2	3	4
Контроль 30 суток созревания	Умеренно плотная, пластичная	Невыраженный сырный, сливочный	Мелкие глазки щелевидной формы
«Veal goat lipases» 30 суток созревания	Пластичная, умеренно плотная	Умеренно выраженный сырный, сливочный, слегка пряный	Единичные мелкие глазки щелевидной формы
«Kid goat lipases» 30 суток созревания	Пластичная умеренно плотная	Умеренно выраженный сырный, слегка пряный, кисловатый	Глазки щелевидной и округлой формы
«Astro lipase» (calf) 30 суток созревания	Пластичная, слегка ломкая	Умеренно выраженный сырный, кисловатый	Единичные мелкие глазки щелевидной формы
«Astro lipase» (lamb) 30 суток созревания	Пластичная умеренно плотная	Умеренно выраженный сырный	Глазки щелевидной и округлой формы
Контроль 80 суток созревания	Умеренно плотная, пластичная	Выраженный сырный, слегка пряный	Глазки щелевидной формы
«Veal goat lipases» 80 суток созревания	Умеренно плотная, слегка мажущаяся	Выраженный сырный, кисловатый	Глазки щелевидной формы

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
«Kid goat lipases» 80 суток созревания	Умеренно плотная, слегка мажущаяся	Выраженный сырный, слегка осаленный, пряный, кисловатый	Мелкие глазки щелевидной и округлой формы
«Astro lipase» (calf) 80 суток созревания	Умеренно плотная, мажущаяся	Выраженный сырный, кислый, осаленный, горечь	Единичные глазки щелевидной формы
«Astro lipase» (lamb) 80 суток созревания	Умеренно плотная, слегка мажущаяся	Выраженный сырный, пряный, осаленный, легкая горечь	Глазки щелевидной формы

Источник: собственная разработка.

В результате органолептического анализа опытных образцов сыра установлено следующее. После 30 суток созревания сыр с добавлением липолитических ферментов в указанном количестве обладал более выраженным вкусом и ароматом, чем образцы сыра без их использования. Органолептический анализ после 50 суток созревания показал, что в образцах сыра с добавлением липолитических ферментов начали проявляться пороки консистенции и вкуса: в сыре появилась мажущаяся консистенция и кисловатый вкус. После 80 суток созревания в образцах сыра с использованием липолитических препаратов появилась горечь и осаленный привкус, обусловленные продуктами липолиза молочного жира. Лучшими характеристиками по вкусу и запаху после 80 суток созревания обладал образец сыра контрольного варианта, а худшими – сыр с добавлением препарата «Astro lipase» (calf).

В процессе исследований определяли влияние липолитических ферментных препаратов на примере использования препарата «Veal goat lipases» на прочность образованного сгустка в сочетании с различными молокосвертывающими препаратами. Установлено, что добавление липолитических препаратов приводило к снижению прочности сгустка на сжатие на 3–5% в сравнении с образцами без добавления липолитических ферментов независимо от вида молокосвертывающего препарата.

На следующем этапе изучены показатели технологического процесса, характеризующие материальный баланс и степень использования составных частей молока. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели технологического процесса

Показатель	Вариант и значение	
	Без липолитического фермента	С добавлением липолитического фермента
Масса молока, кг	2,5	2,5
Массовая доля сухих веществ молока, %	11,2	11,2
Масса сухих веществ молока, кг	0,28	0,28
Масса сыворотки, кг	2,135	2,120
Массовая доля сухих веществ сыворотки, %	6,53	6,45
Масса сыра, кг	0,35	0,38
Массовая доля влаги в сыре, %	57,3	58,6
Массовая доля сухих веществ в сыре, %	42,7	41,4
Масса сухих веществ сыра, г	0,150	0,157
Степень перехода составных частей молока в сыр, %	53,7	55,9

Источник: собственная разработка.

Как свидетельствуют полученные результаты, в вариантах с добавлением липолитического фермента «Veal goat lipases» масса выделившейся сыворотки и массовая доля сухих веществ в ней были меньше, чем в вариантах без его использования. Установлено, что образованный сгусток при свертывании молочной смеси с добавлением липолитического фермента «Veal goat lipases» был более нежным, сыворотка в начале

обработки сырного зерна отделялась хуже, чем без добавления липолитического препарата. Массовая доля сухих веществ у образцов сыра, изготовленных с использованием липолитического ферментного препарата, была несколько ниже в сравнении с образцами сыра, изготовленного без его использования, однако масса сыра этих образцов была больше. Масса сухих веществ сыра и степень перехода составных частей молока в сыр была больше в вариантах, изготовленных с использованием липолитического ферментного препарата «Veal goat lipases».

Для изучения влияния липолитических ферментных препаратов на процесс липолиза молочного жира в ходе созревания сыра был исследован жирнокислотный состав опытных образцов сыра после 30 и 80 суток созревания. На рисунках 1 и 2 представлены сведения о содержании насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире опытных образцов сыров.

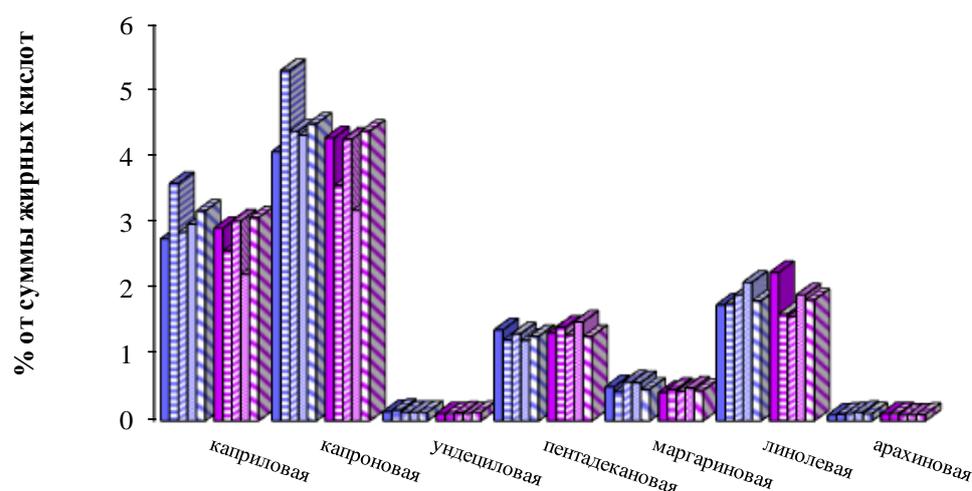
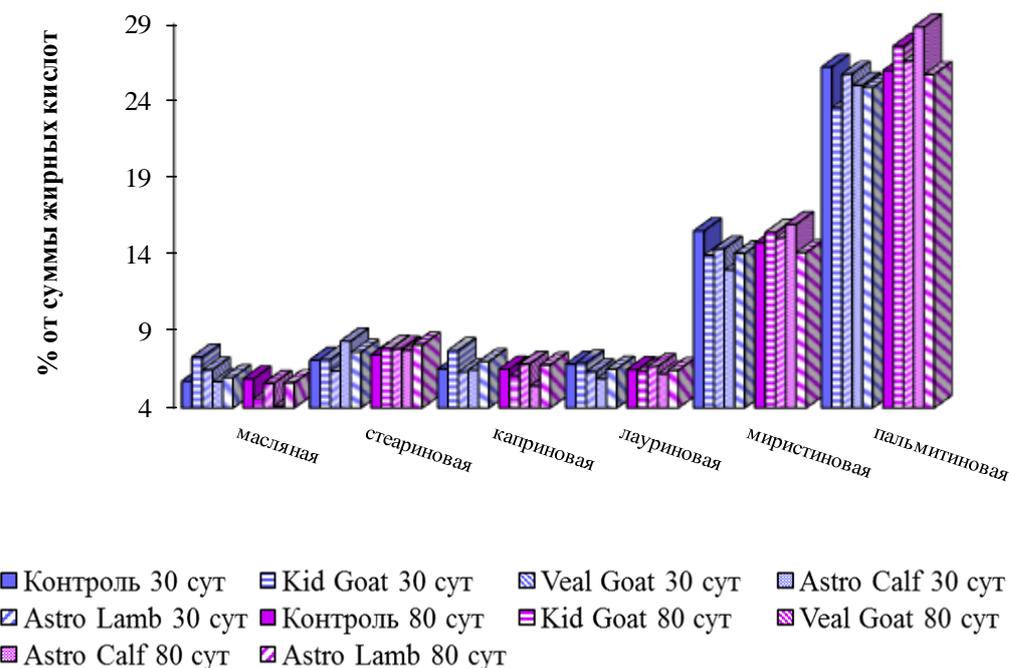


Рисунок 1 – Состав насыщенных жирных кислот в опытных образцах сыров

Источник: собственная разработка.

При анализе изменений жирнокислотного состава сыров установлено, что после 30 суток созревания в образцах сыров с добавлением липолитических ферментных

препаратов содержалось меньше основных насыщенных жирных кислот с длинной цепочкой углеродных атомов (миристиновой – в среднем на 11%, лауриновой – в среднем на 6 %, пальмитиновой – в среднем на 5% по сравнению с контролем). В то же время насыщенных жирных кислот с короткой цепочкой содержалось больше (капроновой – в среднем на 13%, масляной – в среднем на 11% по сравнению с контролем). Содержание основных ненасыщенных жирных кислот (элаидиновой и олеиновой) в образцах сыров с добавлением липолитических препаратов превышало аналогичные значения контрольного варианта в среднем на 10%.

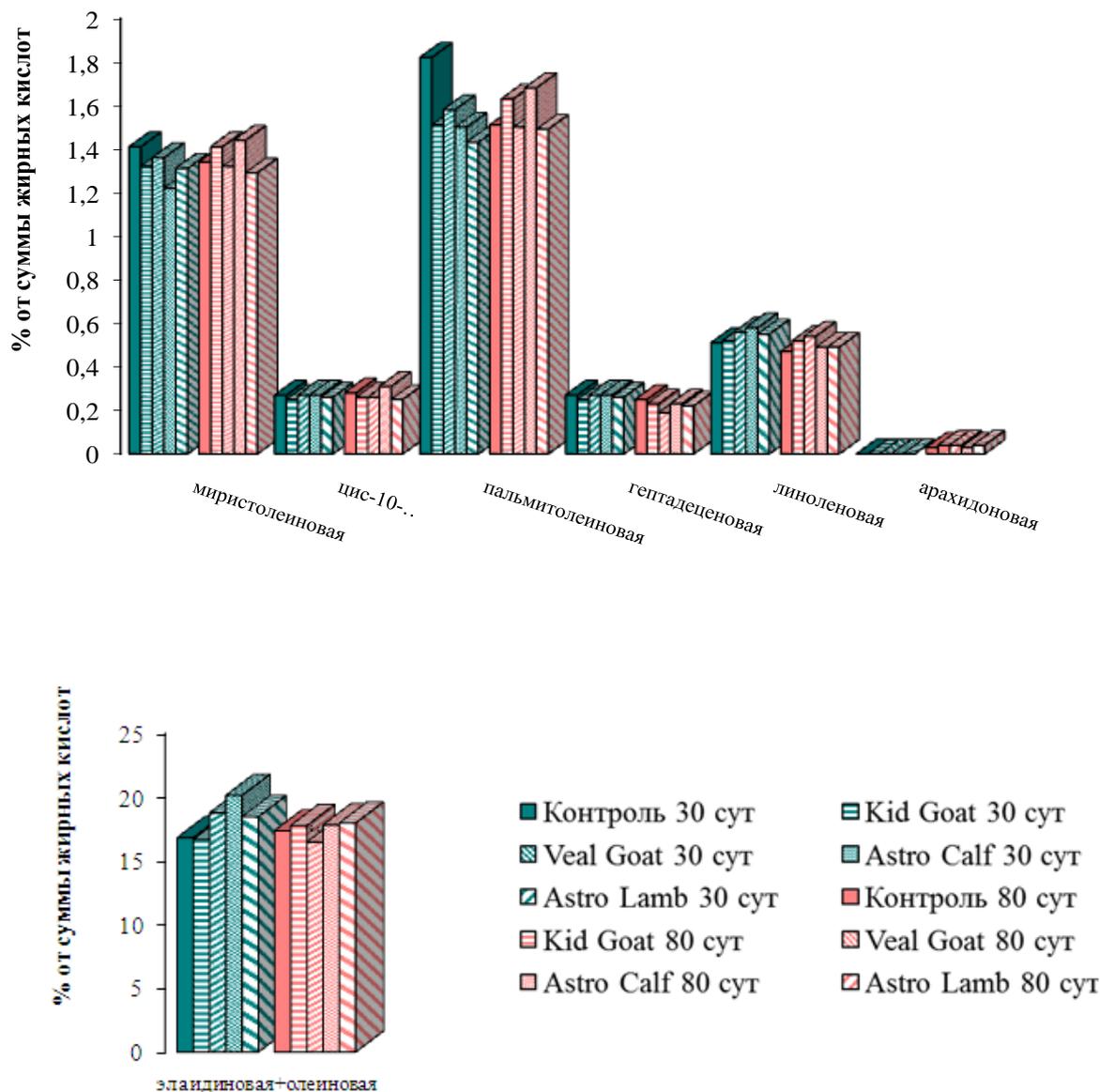


Рисунок 2 – состав ненасыщенных жирных кислот в опытных образцах сыров
 Источник: собственная разработка.

Установлено, что после 80 суток созревания в контрольном варианте содержание миристиновой кислоты уменьшилось на 5%, а в образцах сыров с добавлением липолитических ферментов увеличилось в среднем на 10% в сравнении с образцами сыров после 30 суток созревания. Содержание доминирующей жирной кислоты – пальмитиновой – в процессе дальнейшего созревания так же снижалось в контрольном варианте и увеличивалось у вариантов с использованием липолитических препаратов (на

15% в варианте с добавлением препарата «Astro lipase» (calf). Содержание насыщенных жирных кислот с короткой цепочкой (капроновой и масляной) в контрольном варианте в процессе созревания немного увеличилось (в среднем на 4%), в то время как в сырах с использованием липолитических препаратов снижалось (в варианте с использованием препарата «Kid goat lipases» в среднем на 35%).

Содержание основных ненасыщенных жирных кислот (элаидиновой и олеиновой) после 80 суток созревания в сыре без добавления липолитических ферментов немного увеличивалось (в среднем на 3%), в тоже время как в сырах с использованием липолитических препаратов снижалось (в варианте с использованием препарата «Veal goat lipases» на 13%) по сравнению с образцами сыров после 30 суток созревания. При анализе изменений жирно-кислотного состава молочного жира в процессе созревания сыра рассчитывали значение «жирно-кислотного показателя» (ЖКП), предложенного Г.В. Твердохлеб и В.О. Шемякиным [4], который представляет собой отношение высокоплавких насыщенных жирных кислот к сумме низкомолекулярных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире. Чем меньше ЖКП, тем большее количество легкоплавких насыщенных и ненасыщенных жирных кислот входит в состав молочного жира и, соответственно, тем лучше такой молочный жир будет усваиваться организмом человека. В ходе изучения и анализа полученных результатов установлено, что после 30 суток созревания наибольшее значение ЖКП было в контрольном варианте, а в образцах сыра с использованием липолитических препаратов этот показатель был в среднем на 13% ниже. В процессе дальнейшего созревания отношение высокоплавких насыщенных жирных кислот к сумме низкомолекулярных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот существенно изменилось. После 80 суток созревания среднее значение ЖКП в образцах сыра с использованием липолитических препаратов на 9% превышало аналогичный показатель контрольного варианта. Это может быть обусловлено тем, что в процессе созревания в образцах сыров с добавлением липолитических ферментных препаратов липолиз молочного жира протекает более интенсивно, обуславливая преимущественное расщепление жирных кислот с короткой цепочкой углеродных атомов, таким образом, относительное содержание высокоплавких насыщенных жирных кислот с длинной цепочкой углеродных атомов возрастает.

Заключение. Анализ результатов, полученных в ходе проведения исследований, позволил сделать вывод о том, что липолитические ферментные препараты целесообразно использовать для придания более выраженного вкуса и аромата при изготовлении полутвердых сыров с коротким сроком созревания.

Список использованных источников

1. Уманский, М.С. Управление липолитическими процессами при производстве сыра / М.С. Уманский // Молочная промышленность Сибири: 6 Международная выставка-ярмарка «Алтайская нива». – Барнаул, 2000.
2. Уманский, М.С. Селективный липолиз в биотехнологии сыра / М.С. Уманский // – Барнаул, 2000. – 245 с.
3. Кригер, А.В. Интенсификация процесса созревания сыров / А.В. Кригер, А.Н.Белов, В.П. Вистовская // Вестн. Алтайского гос. аграрного ун-та. –2010.–№ 7(69). С. 69–73.
4. Вологодское маслоделие. История развития: Монография / Г.В. Твердохлеб [и др.]. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 245 с.

1. Umanskij, M.S. Upravlenie lipoliticheskiimi processami pri proizvodstve syra [Management of lipolytic processes in the production of cheese] / M.S. Umanskij // Molochnaja promyshlennost' Sibiri: 6 Mezhdunarodnaja vystavka-jarmarka «Altajskaja niva». – Barnaul, 2000.
2. Umanskij, M.S. Selektivnyj lipoliz v biotehnologii syra [Selective lipolysis in the biotechnology of cheese] / M.S. Umanskij // – Barnaul, 2000. – 245 s.
3. Kriger, A.V. Intensifikacija processa sozrevanija syrov [Intensification of cheese ripening process] / A.V. Kriger, A.N.Belov, V.P. Vistovskaja // Vestn. Altajskogo gos. agrarnogo un-ta. –2010.–№ 7(69). С. 69–73.
4. Vologodskoe maslodelie. Istorija razvitiya: Monografija [Vologda oil-making. History of Development: Monograph] / G.V. Tverdohleb [i dr.]. – SPb.: SPBGUNiPT, 2002. – 245 s.