

УДК 637.3.056

Д.С. Мягконосков, Д.В. Абрамов

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

ВЛИЯНИЕ ТИПА МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА НА СПОСОБНОСТЬ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ХРАНЕНИЮ

Рассмотрен вопрос воздействия на органолептические показатели и срок хранения полутвердых сыров типа и дозы молокосвертывающего ферментного препарата. Сделаны выводы о возможности применения в производстве полутвердых сыров всего имеющегося в настоящее время ассортимента молокосвертывающих ферментных препаратов при условии выбора правильной дозы их внесения в молочную смесь. У полутвердых сыров, изготовленных с использованием молокосвертывающих ферментов разного типа, присутствуют отличия во вкусе, консистенции и продолжительности срока хранения.

Ключевые слова: полутвердые сыры, молокосвертывающие ферменты, консистенция, вкус

Сыры относятся к продуктам с достаточно высокой стоимостью и потому как производители, так и потребители заинтересованы в сохранении их качества в течение длительного времени. Одной из причин, ограничивающих сроки хранения полутвердых сыров, является протеолиз белков сырной массы, происходящий под действием молокосвертывающего фермента.

Молокосвертывающий фермент (МФ) используется как обязательный компонент в производстве полутвердых сыров. Часть МФ, внесенного в молоко, переходит в состав сырного сгустка и сохраняет свою активность на протяжении всего срока созревания и хранения сыра [1, 2]. МФ проникает внутрь казеиновых мицелл и медленно гидролизует молекулы казеинов на крупные пептиды [3]. Под действием протеолиза казеиновая сетка, составляющая силовой каркас сыра, ослабевает и конси-

стенция сыра размягчается. Расщепление пептидных связей – важная составная часть процесса созревания сыров – приводит к трансформации консистенции от твердой, жесткой и малосвязной, типичной для молодых сыров, к связной, пластичной и однородной, типичной для зрелых сыров [4]. В результате протеолиза высвобождаются пептиды, которые служат предикторами для образования вкусоароматических веществ в результате биохимических реакций, протекающих в сырах [5]. Однако слишком высокая степень протеолиза приводит к формированию нежелательной для сыра консистенции: вязкой, липнущей к ножу при нарезании. Кроме того, при глубоком гидролизе казеинов образуются пептиды, которые обладают горьким вкусом [6, 7, 8]. Излишне быстрый протеолиз приводит к перезреванию сыра и ограничивает срок его хранения [9]. Поэтому важно, чтобы между формированием органолептических показателей сыра (вкуса, аромата, консистенции) и длительным сроком хранения был установлен баланс, обеспечивающий высокое качество продукта. Одним из путей достижения этой цели может быть осознанный выбор МФ с учетом его протеолитических свойств.

В настоящее время для сыродаela доступно множество промышленно выпускаемых марок МФ разного происхождения (животного, микробного и рекомбинантного типа), которые обладают разными свойствами [10, 11, 12].

Целью работы было установление влияния типа и дозы молокосвертывающего фермента на способность полутвердых сыров к длительному хранению, которую оценивали по изменению их органолептических и физико-химических показателей.

Исследование было проведено в форме однофакторного эксперимента, включающего один категориальный фактор: сочетание типа и дозы МФ. Для гарантированного выявления влияния типа МФ на физико-химические и органолептические показатели сыров в исследование были включены только МФ, обладающие существенными различиями по величине соотношения молокосвертывающей активности к протеолитической активности:

– Chy-max® Supreme 1000 (рекомбинантный химозин верблюда с модифицированной аминокислотной последовательностью; номинальная молокосвертывающая активность – 1 000 IMCU/г; протеолитическая активность – 0,28 ед. ПА/г; производитель Chr Hansen A/S, Дания);

– Chy-max® Extra 600 Liquid (рекомбинантный химозин теленка генетического варианта «Б»; номинальная молокосвертывающая активность – 600 IMCU/г; протеолитическая активность – 0,48 ед. ПА/г; производитель Chr Hansen A/S, Дания);

– Naturen® Extra 220 NB (ферментный экстракт из желудков телят с массовой долей химозина не менее 95 %; номинальная молокосвертывающая активность – 220 IMCU/г; протеолитическая активность – 0,95 ед. ПА/г; производитель Chr Hansen A/S, Дания);

– Fromase® 750 XLG (протеаза гриба *Rhizomucor miehei*; номинальная молокосвертывающая активность – 750 IMCU/г; протеолитическая активность – 56,91 ед. ПА/г; производитель DSM Food Specialties, Франция);

– ФС 10 «Пепсин говяжий» (ферментный экстракт из желудков взрослых особей крупного рогатого скота с массовой долей химозина не менее 10 %; номинальная мо-

локоswerтывающая активность – 1 000 IMCU/г; протеолитическая активность – 14,39 ед. ПА/г; производитель ООО «Завод эндокринных ферментов», Россия).

Дозы внесения МФ в эксперименте были выбраны на основании результатов, полученных на предыдущем этапе исследований при изготовлении модельных полутвердых сыров [13]. План эксперимента, включающий данные об уровнях молоко-swerтывающей и протеолитической активности включенных в исследование МФ приведен в табл. 1.

Таблица 1

План эксперимента

Марка МФ	Доза внесения МФП, IMCU/100 кг молока	Внесение МФП в пересчете на ед. ПА/100 кг молока
Fromase 750 XLG	1 500	134,30
Пепсин ФС-10	1 500	19,82
Naturen Extra	3 000	14,72
Chy-max Extra	3 000	2,61
Chy-max Supreme	3 000	0,85

МФ в дозах, указанных в табл. 1, вносили в нормализованную по жиру молочную смесь, из которой изготавливали полутвердый сыр с низкой температурой второго нагревания «Голландский брусковый» по ТИ ГОСТ 32260-2013 (массовая доля сухих веществ 56 %, массовая доля жира в сухом веществе 45 %). Выработки сыров проводили в экспериментально-производственном цехе ВНИИМС в сыродельных ваннах, оборудованных механическим мешалками.

Физико-химические показатели свежесыраченных сыров (в возрасте 7 суток) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели состава свежих сыров (в возрасте 7 сут)

Показатель	Марка МФ				
	Naturen Extra	Пепсин ФС-10	Chy-max Extra	Fromase 750 XLG	Chy-max Supreme
Масса сыра перед упаковкой, кг	29,9±0,78	29,3±1,17	30,7±1,86	29,8±0,36	29,9±0,36
Кислотность сыра, ед. рН	5,26±0,04	5,27±0,04	5,26±0,03	5,28±0,04	5,23±0,04
М.д. с.в.сыра, %	55,41±0,24	55,91±0,16	55,67±0,40	55,17±0,18	55,39±0,54
М.д. белка сыра, %	22,79±0,28	23,93±0,22	22,81±0,28	23,10±0,39	22,14±0,46
М.д. жира сыра, %	25,67±0,00	25,30±0,52	25,30±0,52	25,29±0,54	25,30±0,52
М.д. жира в с.в. сыра, %	46,33±0,20	45,25±0,81	45,46±1,27	45,83±1,14	45,68±1,39

Примечание: м.д. – массовая доля; с.в. – сухое вещество.

Для установления влияния типа и дозы МФ на физико-химические показатели и выход сыров в начале созревания (в возрасте 7 суток) был проведен дисперсионный анализ данных, в результате которого было установлено, что между вариантами экспериментальных сыров отсутствовали статистически достоверные отличия (тест Тьюки, $p < 0,05$).

После посолки и обсушки, свежие сыры упаковывали под вакуумом в пакеты из полимерной пленки Амивак СН-В («Атлантис-Пак», Россия). Упакованные сыры созревали при температуре 11 ± 1 °С. После 60 суток созревания сыры помещали на хранение при температуре 3 ± 1 °С. В процессе созревания и хранения оценивали физико-химические, реологические и органолептические показатели. Контрольными точками были: 7 сут (начало созревания), 60 сут (срок кондиционной зрелости), 150 сут (+90 сут хранения) 240 сут (+180 сут хранения), 330 сут (+270 сут хранения) и 420 сут (+360 сут хранения).

Влияние факторов эксперимента на переменные отклика оценивали методом многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). В качестве переменных отклика были выбраны: рН, степень протеолиза, показатели молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза и реологические показатели (модуль упругости при сжатии) экспериментальных сыров. В качестве влияющих факторов рассматривались: 1) сочетание типа и дозы МФ, 2) возраст сыра, 3) парные взаимодействия факторов 1 и 2. Результаты оценки влияния факторов на переменные отклика, полученные с помощью дисперсионного анализа, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Средняя сумма квадратов отклонений, уровень статистической достоверности и коэффициенты детерминации модели ANOVA для переменных отклика

Фактор	df	рН	Степень протеолиза, %	Фракция горьких пептидов (1–5 кДа), мВ·с	Модуль упругости при сжатии, кПа
Variant	4	0,0012 (***)	243,63 (***)	555 944 (***)	22 046 (***)
Age	5	0,063 (***)	571,19 (***)	1 250 991 (***)	19 841 (***)
Variant×Age	20	0,0030 (–)	10,69 (***)	32 719 (**)	1 879 (***)
Error	30	0,0010	2,89	8 185	488
R ²		0,91	0,98	0,97	0,94

Примечание: df – количество степеней свободы

Обозначения факторов:

Variant – сочетание типа и дозы МФ;

Age – срок хранения сыра.

Error – доля вариации переменной отклика, отнесенная к ошибке;

R² – коэффициент детерминации для модели ANOVA.

Уровень статистической достоверности оценки влияния фактора (в скобках): «–» – статистически не достоверно ($p > 0,05$); «*» – $p < 0,05$; «**» – $p < 0,01$; «***» – $p < 0,001$.

Активная кислотность. Дисперсионный анализ данных (см. табл. 3) показывает статистически достоверное ($p < 0,001$) влияние факторов Variant (сочетание типа и дозы МФ) и Age (срок хранения сыра) на изменение уровня рН сыров в процессе хранения.

Наличие достоверного влияния фактора Age связано с изменением уровня рН сыров: до возраста 240 сут происходит повышение уровня рН (в среднем от ~5,25 ед. рН в 7 сут до ~ 5,35 ед. рН для сыров, изготовленных с МФ «Пепсин ФС-10», и до ~ 5,45 ед. рН для сыров, изготовленных с другими вариантами МФ). После 240 сут уровень рН стабилизируется. (имеются незначительные статистически недостоверные изменения в уровне рН сыров). Рост уровня рН сыров в период от 7 до 240 сут, связан с образованием в сыре слабо-щелочных продуктов протеолиза.

Степень протеолиза. Результаты дисперсионного анализа (см. табл. 3) констатируют наличие сильного статистически достоверного ($p < 0,001$) влияния всех факторов (сочетание типа и дозы МФ и возраста сыра) на степень протеолиза в сырах. На рис. 1 приведены графики, отображающие связь между степенью протеолиза в сырах и влияющими факторами.

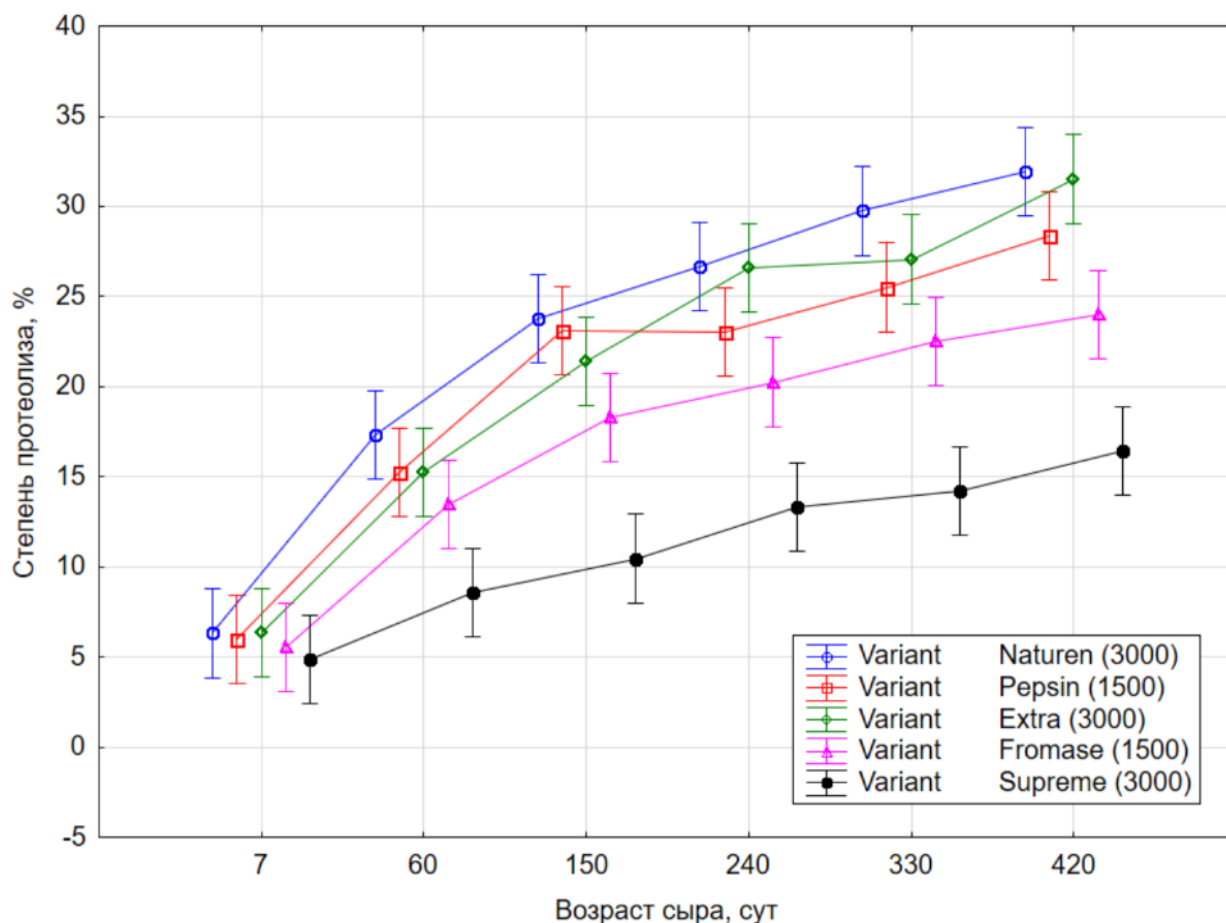


Рисунок 1. Изменение протеолиза в образцах экспериментальных сыров, произведенных с разными типами и дозами МФ, в процессе созревания и хранения. Данные приведены в форме «среднее значение \pm доверительный интервал для $P=0,95$ »

Из графиков, приведенных на рис. 1, следует, что степень протеолиза в сырах возрастает на протяжении всего срока созревания и хранения. Повышение дозы МФ ведет к повышению скорости накопления водорастворимых продуктов протеолиза в сырах, но при этом, отсутствует прямая зависимость между скоростью процесса протеолиза и уровнем протеолитической активности МФ. Полученные результаты связаны с тем, что уровень протеолиза в сырах зависит не только от общей протеолитической активности МФ, но и от степени перехода МФ в состав сырной массы. Известно, что количество МФ, переходящего из молока в состав сырной массы, варьирует в зависимости от типа МФ и от технологических режимов производства сыров. В сырном сгустке сохраняется до 30 % и более химозина и не более 2–3 % протеаз микробного происхождения [1, 2]. Снижение pH сырного сгустка увеличивает количество удерживаемого химозина, но не увеличивает долю пепсина и микробных коагулянтов [14, 15, 16, 17]. Малые количества пепсина и микробной протеазы (МФ Fromase), сохранившиеся в сыре, нивелируют их высокую протеолитическую активность. В результате, в сырах, изготовленных с этими МФ, достигается такая же или меньшая степень протеолиза, чем в сырах с МФ на основе химозина телленка (МФ Naturen, Chu-max Extra), которые обладают меньшей протеолитической активностью.

Накопление горьких пептидов. Протеолитическая специфичность МФ выражается в предпочтительном высвобождении из гидролизующего белка пептидов с определенной молекулярной массой. Известно, что пептиды с молекулярной массой от 0,5 до 3 кДа ответственны за формирование горького вкуса сыра [6, 18, 19].

В результате дисперсионного анализа (см. табл. 3) установлено, что имеет место сильное статистически достоверное ($p < 0,001$) всех факторов эксперимента (сочетания типа и дозы МФ и срока хранения сыра) на количество пептидов с массой 1–5 кДа накапливаемых в сырах. На рис. 2 приведены графики, отображающие связь между количеством накапливаемых в сырах пептидов с массой 1–5 кДа и влияющими факторами.

Из данных, приведенных на рис. 2, следует, что количество накапливаемых пептидов массой от 1 до 5 кДа в значительной степени зависит от типа МФ. Так, Chu-max Supreme образует наименьшее количество горьких пептидов среди всех вариантов МФ. «Пепсин ФС-10» и Fromase образуют в сырах меньшее количество горьких пептидов, чем Chu-max Extra и Naturen, которые имеют более низкий уровень протеолитической активности. Причиной этого может быть меньшая степень перехода пепсина и микробной протеазы (МФ Fromase) в состав сыра из молока, что нивелирует высокую протеолитическую активность этих МФ. Подробное пояснение этому факту приведено выше при объяснении причины более низкого уровня протеолиза в сырах, изготовленных с МФ «Пепсин ФС-10» и Fromase в сравнении с сырами, произведенными с МФ Chu-max Extra и МФ Naturen.

Связь между типом, дозой используемого МФ и развитием в сыре горького вкуса в процессе хранения подтверждается результатами органолептической оценки сыров (табл. 4).

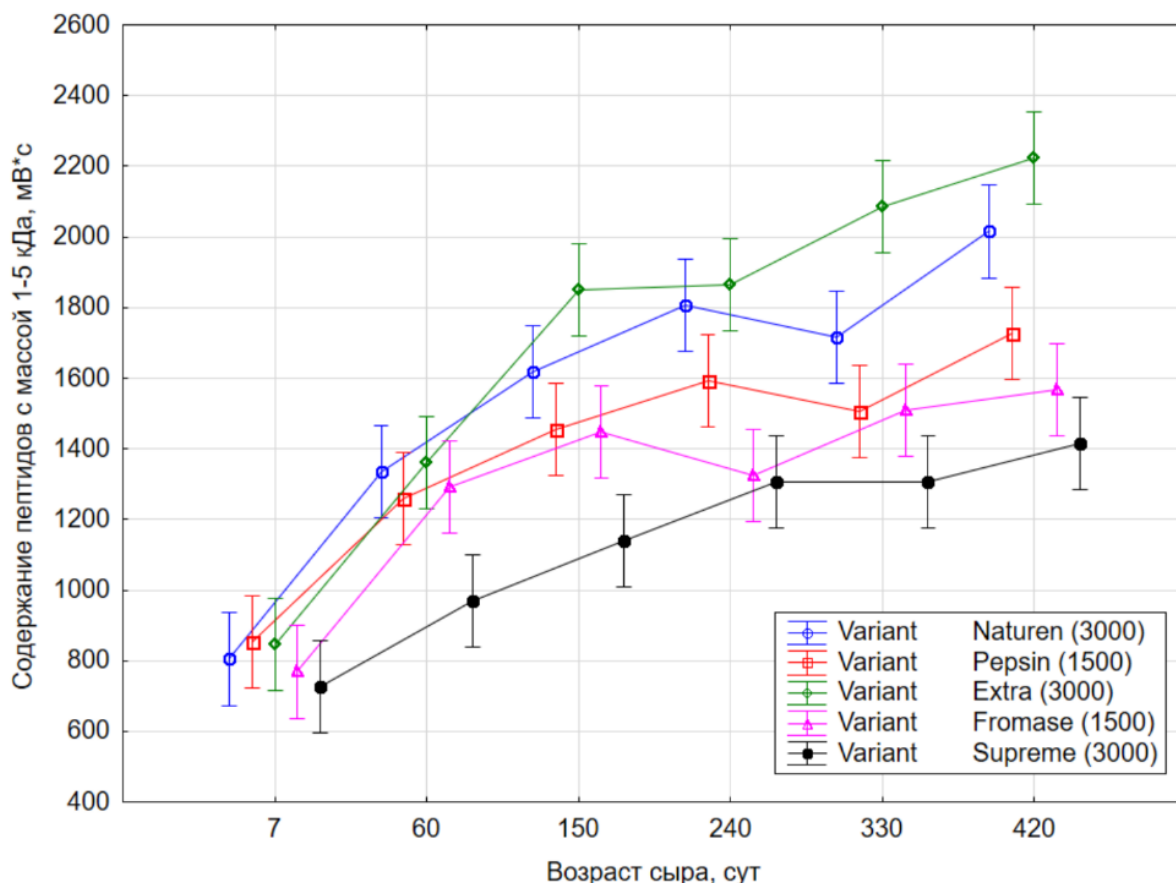


Рисунок 2. Динамика накопления пептидов массой от 1 до 5 кДа в образцах экспериментальных сыров, произведенных с разными типами и дозами МФП, в процессе созревания и хранения. Данные приведены в форме «среднее значение ± доверительный интервал для P=0,95»

Таблица 4

Вкусовые показатели образцов сыра «Голландский брусковый», произведенных с использованием разных сочетаний типа и дозы МФ

Марка (доза) МФ	Возраст сыра				
	Зрелый (60 сут)	90 сут хранения	180 сут хранения	270 сут хранения	360 сут хранения.
Naturen (3000)	Выраженный сырный	Выраженный сырный. Слегка пряный	Выраженный сырный. Легкий посторонний	Выраженный сырный. Перезрелый	Выраженный сырный. Перезрелый. Горький
Пепсин (1500)	Умеренно-выраженный сырный	Выраженный сырный	Выраженный сырный	Выраженный сырный	Выраженный сырный. Умеренно горький
Fromase (1500)	Умеренно-выраженный сырный	Выраженный сырный	Выраженный сырный. Легкий посторонний	Выраженный сырный. Легкий посторонний	Выраженный сырный. Умеренно горький
Сhy-max Extra (3000)	Умеренно-выраженный сырный	Выраженный сырный. Пряный	Выраженный сырный. Пряный	Выраженный сырный. Горький	Выраженный сырный. Горький

Марка (доза) МФ	Возраст сыра				
	Зрелый (60 сут)	90 сут хранения	180 сут хранения	270 сут хранения	360 сут хранения.
Chy-max Supreme (3000)	Умеренно- выраженный сырный	Выраженный сырный. Острый	Выраженный сырный. Легкий посторонний	Выраженный сырный. Легкая горечь	Выраженный сырный. Легкая горечь. Посторонний

Примечание: в скобках указана использованная доза внесения МФ в молочную смесь для изготовления сыра, ИМСУ/100 кг молока

Реологические показатели. Модуль упругости при сжатии характеризует механические свойства материала под действием компрессионного сжатия. Чем выше значение модуля упругости, тем более твердой и трудной для разжевывания консистенцией обладает сыр.

Методом дисперсионного анализ (см. табл. 3) удалось выявить сильное статистически достоверное ($p < 0,001$) влияние всех факторов (сочетание типа и дозы МФ и возраста сыра) на реологические показатели сыров. Динамика изменения модуля упругости экспериментальных вариантов сыров приведена на рис. 3.

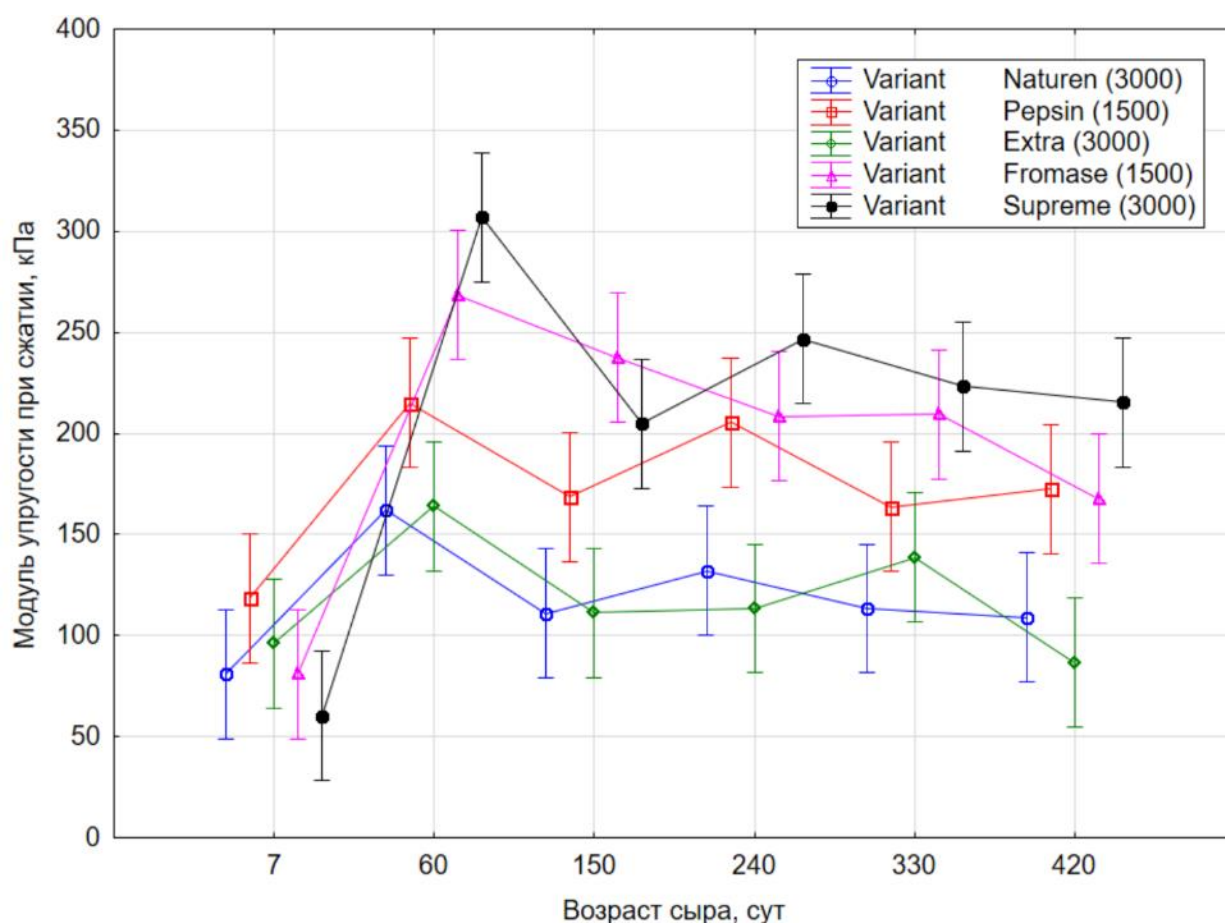


Рисунок 3. Динамика изменения модуля упругости в образцах экспериментальных сыров, произведенных с разными типами и дозами МФП, в процессе созревания и хранения. Данные приведены в форме «среднее значение ± доверительный интервал для $P=0,95$ »

Графики, приведенные на рис. 3, показывают, что у всех экспериментальных вариантов сыров с течением времени наблюдается сначала возрастание среднего значения модуля упругости, а затем – снижение. Изменение модуля упругости отражает изменение структуры сырной массы под влиянием совместного действия процессов деминерализации, протеолиза и дегидратации [3].

Наиболее высокое значение модуля упругости на протяжении всего периода хранения отмечается у вариантов сыров, произведенных с использованием *Chy-max Supreme* и *Fromase*. Сыры, изготовленные с МФ на основе химозина теленка (с МФ *Naturen* и *Chy-max Extra*), имеют более низкие значения модуля упругости в сравнении с вариантами сыров, произведенных с использованием *Chy-max Supreme* (тест Тьюки, $p < 0,05$). Сыры, изготовленные с применением МФ «Пепсин ФС-10», по величине модуля упругости занимают промежуточное положение между двумя указанными группами сыров. Результаты реологических исследований совпадают с результатами органолептической оценки консистенции сыров, приведенными в табл. 5.

Таблица 5

Показатели консистенции образцов сыра «Голландский брусковый», изготовленных с использованием разных сочетаний типа и дозы МФ

Марка (доза) МФ	Возраст сыра				
	Зрелый (60 сут)	90 сут хранения	180 сут хранения	270 сут хранения	360 сут хранения.
<i>Naturen</i> (3000)	Эластично-пластичная	Эластичная. Слегка мажущаяся	Пластичная. Слегка вязкая	Пластичная. Слегка вязкая	Пластичная. Слегка вязкая
Пепсин (1500)	Эластично-пластичная	Пластично-эластичная. Слегка мажущаяся	Эластично-пластичная	Пластичная. Слегка вязкая	Пластичная. В меру вязкая
<i>Fromase</i> (1500)	Эластично-пластичная. Слегка плотная	Эластично-пластичная. Слегка ломкая	Эластично-пластичная	Пластичная	Пластичная. Слегка вязкая
<i>Chy-max Extra</i> (3000)	Эластично-пластичная	Пластичная. Мажущаяся	Пластичная. Мажущаяся	Пластичная. Мажущаяся	Пластичная. Мажущаяся
<i>Chy-max Supreme</i> (3000)	Плотная. Эластичная.	Плотная. Эластичная	Эластичная. В меру плотная	Эластичная. В меру плотная	Эластичная. Слегка ломкая

Примечание: в скобках указана использованная доза внесения МФ в молочную смесь для изготовления сыра, ИМСУ/100 кг молока

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы.

Тип и доза молокосвертывающего фермента оказывают влияние на интенсивность процесса протеолиза в сыре при созревании и хранении. Молокосвертывающие ферменты разного типа имеют разную специфичность протеолиза, выра-

жающуюся в предпочтительном накоплении пептидов с определенной молекулярной массой. От интенсивности и специфики протеолиза зависит пластичность сырной массы, выраженность сырного и горького вкусов.

Сыры, изготовленные с натуральными молокосвертывающими ферментами животного происхождения Naturen и «Пепсин говяжий» имеют самый выраженный и гармоничный вкус среди всех вариантов сыров. Но при высокой дозировке этих ферментных препаратов сыры быстро перезревают, приобретая мажущую консистенцию и горький вкус.

Главной проблемой, для сыров, изготавливаемых с пепсинами и молокосвертывающими ферментами на основе протеазы гриба *R. miehei* (Fromase), является накопление пептидов, обладающих горьким вкусом. Снижение дозы внесения этих ферментов до уровня 1500 IMCU/100 кг молока, уменьшает количество образующихся горьких пептидов до приемлемого уровня. Вследствие этого становится возможным снижение выраженности горького вкуса в сырах, изготовленных с пепсином и МФ Fromase, до меньшего уровня, чем в сырах, произведенных с МФ Chy-max Extra, Naturen. За счет выбора правильной дозы внесения МФ «Пепсин говяжий» и Fromase в молоко, сыры сохраняют кондиционные показатели вкуса и консистенции до конца срока хранения в 360 сут. Для сравнения: сыры, изготовленные с натуральным сычужным ферментом (Naturen) и рекомбинантным химозином теленка (Chy-max Extra), при дозе внесения 3000 IMCU/100 кг молока утрачивают кондиционные показатели через 270 сут хранения.

Сыры, изготовленные с молокосвертывающим ферментом Chy-max Supreme, который имеет самый низкий уровень протеолитической активности среди исследованных МФ, до 360 сут хранения сохраняют кондиционную консистенцию, но приобретают несбалансированный вкус с наличием легкой горечи и постороннего привкуса.

Таким образом, при изготовлении сыров сыродел должен учитывать различия в свойствах молокосвертывающих ферментов и в зависимости от желаемых результатов (большая степень зрелости и выраженность вкуса или увеличенный срок хранения) подбирать марку фермента и дозу его внесения.

Список использованной литературы:

1. **Bansal, N.** Comparison of level of residual coagulant activity in different cheese varieties / N. Bansal, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney // Journal of Dairy Research. 2009. Vol. 763. P. 290–293. <https://doi.org/10.1017/S0022029909004075>
2. **Soodam, K.** Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat cheddar cheese during ripening / K. Soodam, L. Ong, I.B. Powell, S.E. Kentish, S.L. Gras // Dairy Science and Technology. 2015. № 95(5). P. 665–686. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0250-5>
3. **Fox, P.F.** Cheese: Structure, Rheology and Texture / P.F. Fox, T.P. Guinee, T.M. Cogan, P.L.H. McSweeney, // Chapter in a book: Fundamentals of Cheese Science. Boston: Springer, 2017. P. 475–532. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_7
4. **Guinee, T.P.** Control and Prediction of Quality Characteristics in the Manufacture and Ripening of Cheese / T.P. Guinee, D.J. O'Callaghan // Chapter in book: Technology of Cheesemaking. 2nd Edition. Ed. by B.A. Law and A.Y. Tamime. 2010. P. 260–329. Blackwell Publishing Ltd

5. **Fox, P.F.** Biochemistry of Cheese Ripening / Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. // Chapter in a book: Fundamentals of Cheese Science. Boston: Springer, 2017. P. 391–442. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_12
6. **Lemieux L.** Bitter flavour in dairy products. II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition / L. Lemieux, R.E. Simard // Lait. 1992. № 72(4). P. 335–385. <https://doi.org/10.1051/lait:1992426>
7. **Jacob, M.** The effect of coagulant type on yield and sensory properties of semihard cheese from laboratory-, pilot- and commercial-scale productions / M. Jacob, D. Jaros, H. Rohm // International Journal of Dairy Technology. 2010. № 63(3). P. 370–380. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00598.x>
8. **Yasar K.** Effects of coagulant type on the physicochemical and organoleptic properties of Kashar cheese / K. Yasar, N. Guzeler // International Journal of Dairy Technology. 2011. № 64(3). – P. 372–379. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00679.x>
9. **Wilkinson M.G.** Effects of commercial enzymes on proteolysis and ripening in Cheddar cheese / M.G. Wilkinson, T.P. Guinee, D.M. O’Callaghan, P.F. Fox // Lait. 1992. № 72. P. 449–459. <https://doi.org/10.1051/lait:1992533>
10. **Jaros, D.** Rennets: Applied Aspects / D. Jaros, H. Rohm // Chapter in a book: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Elsevier: Academic Press, 2017. P. 53–67. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00003-X>
11. **Dekker, P.** Dairy Enzymes / P. Dekker // Chapter in a book: Industrial Enzyme Applications. 1st Ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2019. https://doi.org/10.1002/9783527813780.ch2_3
12. Chr Hansen. Working together to produce more cheese from milk. [Электронный ресурс]. URL – <https://sdtstatic.s3.amazonaws.com/media/uploads/2019/05/13/1CHR%20HANSEN190508%20SDT%20Presentation%20CHR%20Hansen.pdf> (дата обращения 30.04.2025 г.)
13. **Мягконосов, Д.С.** Влияние различных молокосвертывающих ферментов на качество и сроки хранения полутвердых сыров / Д.С. Мягконосов, Д.В. Абрамов, И.Н. Делицкая, Г.Б. Бухарина // Пищевые системы. 2023. № 6(4). С. 477–487. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-477-487>
14. **Børsting, M.W.** Influence of pH on retention of camel chymosin in curd / M.W. Børsting, K.B. Qvist, Y. Ardö, // International Dairy Journal. 2014. № 38(2). P. 133–135. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.001>
15. **Wilkinson, M.G.** Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening / M.G. Wilkinson, K.N. Kilcawley // International Dairy Journal. 2005. № 15(6-9). P. 817–830. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.021>
16. **Lawrence, R.C.** Texture Development During Cheese Ripening / R.C. Lawrence, L.K. Creamer, J. Gilles // Journal of Dairy Science. 1987. № 70(8). P. 1748–1760. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80207-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80207-2)
17. **Bansal, N.** Factors affecting the retention of rennet in cheese curd / N. Bansal, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. № 55(22). P. 9219–9225. <https://doi.org/10.1021/jf071105p>
18. **Lee, K.D.** Preparative Methods of Isolating Bitter Peptides from Cheddar Cheese / K.-P.D. Lee, J.J. Warthesen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1996. № 44(4). P. 1058–1063. <https://doi.org/10.1021/jf950521j>
19. **Lee, K.D.** Removal of bitterness from the bitter peptides extracted from cheddar cheese with peptidases from *Lactococcus lactis* sp. cremoris SK11 / K.D Lee, C.G Lo, J.J. Warthesen // Journal of Dairy Science. 1996. № 79(9). P. 1521–1528. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76512-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76512-8)