

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

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ

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

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF USING DIFFERENT MILK COAGULATING AGENTS IN THE PRODUCTION OF CHEESES

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

*Исследовано влияние различных
молокосвертывающих ферментных препаратов на
качественные и количественные характеристики,
характеризующие ход технологического процесса
изготовления сыра.*

*The effect of different milk coagulating agents on
qualitative and quantitative properties,
characterizing the flow of the technological
process of cheese production, was studied.*

Ключевые слова: молокосвертывающие
ферментные препараты; сыр; реологические
показатели.

Keywords: milk coagulating agents; cheese;
Rheological indicators.

Введение. Молокосвертывающие ферментные препараты играют ключевую роль в формировании качества сыра как продукта. Все технологические параметры, такие как температура свертывания, плотность сгустка, продолжительность вымешивания, температура второго нагревания, продолжительность созревания сыра отрабатываются с учетом свойств используемых молокосвертывающих ферментных препаратов. Подбор заквасок также обычно осуществляют с учетом их взаимодействия с молокосвертывающим ферментом. И, если на начальных этапах развития сыроделия, в качестве коагулянта использовали только сычужные ферменты, то в настоящее время из-за нецелесообразности забоя молодняка в молочный период жизни широко используются и другие молокосвертывающие препараты, близкие по действию к сычужному ферменту: пепсины; протеазы, продуцируемые некоторыми микроорганизмами и растениями (рисунок 1). Разработаны методы геной инженерии, позволяющие включать гены, ответственные за синтез химозина, в геномы микроорганизмов, и тем самым осуществлять синтез чистого химозина микроорганизмами.

Рисунок 1, на котором мы схематично представили лишь небольшую часть всего многообразия молокосвертывающих ферментных препаратов, является наглядным доказательством того, что сычужный фермент перестал быть единственным молокосвертывающим ферментом. Сегодня сыроделам предлагается широкий выбор из списка ферментов с разной ценой, различной активности и различного происхождения. В этой связи очень важно правильно выбрать молокосвертывающий ферментный препарат, так как впоследствии этот выбор окажет влияние не только на выход сыра, но и на его качественные характеристики.

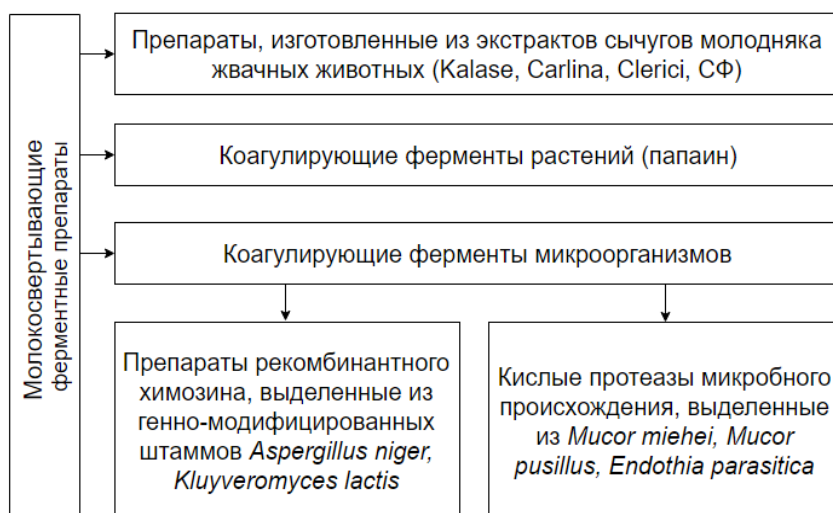


Рисунок 1 – Типы молокоосвертывающих ферментных препаратов

Цель работы – исследование ферментных препаратов и ферментативных процессов, происходящих в ходе изготовления и хранения сыров, с целью оценки пригодности заменителей сычужного фермента для выработки конкретного вида сыра.

Материалы и методы исследований. Для проведения научных исследований осуществлен отбор молокоосвертывающих ферментных препаратов различной природы: натуральный сычужный препарат «Kalase» («CSK», Нидерланды), рекомбинантный препарат «CHY-MAX Ultra» («Chr.Hansen», Дания), препарат на основе микробной протеазы «Fromase» («DSM», Нидерланды), сычужный препарат «БелРен», рекомбинантный препарат «МаксиБел», препарат на основе микробной протеазы «МикроБел» («РеннетПродукт», Республика Беларусь).

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.

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.

Вязкость молочной смеси в процессе образования сгустка после добавления различных молокоосвертывающих ферментных препаратов определяли на ротационном вискозиметре по степени закручивания калибровочной пружины, которая измерялась датчиком угла вращения при вращении внутреннего ротора (шпинделя) в тестируемой жидкости с постоянной скоростью.

Используемое оборудование: лабораторный сыроизготовитель, сыродельные формы из полимерных материалов, электроплита ЭПЧ 2,2, шкаф сушильный HS 61A, магнитная мешалка MM2A, pH-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.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе работы исследовали динамику изменения вязкости. Для этого в приемную кювету ротационного вискозиметра Brookfield LVDV-II+Pro помещали молочную смесь, в которую добавляли заданное количество молокоосвертывающего ферментного препарата. Молочная смесь, в которую вносили молокоосвертывающие ферментные препараты, имела следующие характеристики: массовая доля жира – 2,7%, массовая доля белка – 2,95%, плотность – 1028 кг/м³, активная кислотность перед свертыванием – 6,51 ед. pH. Количество

вносимых молокосвертывающих ферментных препаратов соответствовало дозировкам, рекомендуемым предприятиями-изготовителями (поставщиками) и соответствовало следующим значениям: препарат «МикроБел» – 6 мл/100 л (вариант 1), «МаксиБел» – 5 мл/100 л (вариант 2), «БелРен» – 6 мл/100 л (вариант 3), «СНУ-MAX Ultra» – 4,0 мл/100 л (вариант 4), «Fromase» – 4,5 мл/100 л (вариант 5), «Kalase» – 18 мл/100 л (вариант 6). В процессе исследований через определённый промежуток времени (1 мин) измеряли показания динамической вязкости молочной смеси.

На рисунке 2 отражены полученные результаты измерений.

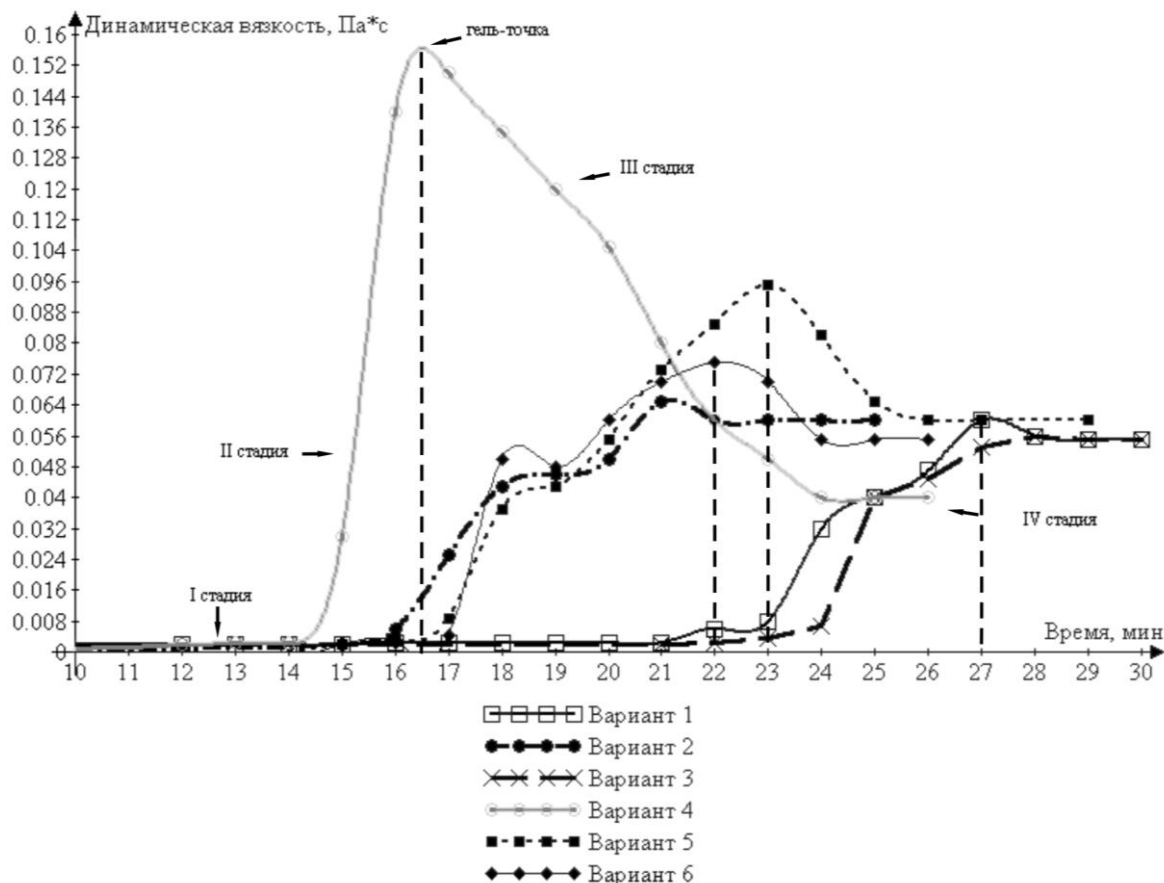


Рисунок 2 - Изменение динамической вязкости молочной смеси (Вариант 1 – «МикроБел»; вариант 2 – «МаксиБел»; вариант 3 – «БелРен»; вариант 4 – «СНУ-MAX Ultra»; вариант 5 – «Fromase»; вариант 6 – «Kalase»)

Представленные на рисунке 2 графики являются подтверждением ряда научных публикаций, согласно которым процесс сычужного свертывания молока можно разделить на четыре стадии: индукционный период (I), который оканчивается с началом хлопьеобразования; стадию флокуляции (II), заканчивающуюся образованием сгустка; стадию метастабильного равновесия (III) и синергическую стадию (IV) [1]. Вторая и третья стадия разделяются так называемой гель-точкой, положение которой определяется образованием минимального количества межмицеллярных связей, которых достаточно для образования сгустка. До гель-точки система сохраняет свойства золя, а после гель-точки образуется гель, обладающий упругими свойствами [2].

В результате анализа полученных данных установлено следующее. Использование молокосвертывающего ферментного препарата «СНУ-MAX Ultra» приводило к наиболее быстрому сычужному свертыванию молока – время достижения гель-точки составляло 16,5 мин. Наиболее продолжительное время сычужного свертывания (27 мин) наблюдалось в образце с использованием препарата «БелРен». Самая короткая

продолжительность индукционного периода свертывания (14 мин) наблюдалась при использовании препарата «СНУ-MAX Ultra», а максимальная (21 мин) – препарата «БелРен». Динамическая вязкость молочной смеси в гель-точке, характеризующая плотность сгустка, при свертывании препаратом «СНУ-MAX Ultra» в 2,5 раза превышала соответствующие значения при свертывании препаратами «Максибел», «Микробел» и «БелРен». Продолжительность стадии флокуляции для вариантов 1,2,3,6 составила 6 мин, в то время как для препарата «СНУ-MAX Ultra» она составила 3 мин, а для препарата «Fromase» – 8 мин. Наиболее продолжительный период метастабильного равновесия выявлен в случае использования препарата «Максибел», в случае же использования препарата «СНУ-MAX Ultra», после нарушения структуры сгустка, быстро наступала синергетическая стадия. Реологические показатели образовавшегося сгустка после достижения стадии метастабильного равновесия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Реологические показатели сгустка

Используемый препарат	Показатель и значение		
	Динамическая вязкость, Па·с	Сила сдвига, Па	Скорость сдвига, 1/с
«Микробел»	0,055±0,005	1,06±0,01	5,5±0,25
«МаксиБел»	0,060±0,004		5,3±0,1
«БелРен»	0,055±0,003		5,7±0,3
«СНУ-MAX Ultra»	0,040±0,004		6,2±0,4
«Fromase»	0,060±0,006		5,2±0,3
«Kalase»	0,055±0,005		5,8±0,4

Скорость сдвига характеризует величину градиента скорости движения параллельных слоев жидкости. Для сдвига жидкости с высокой вязкостью необходимо приложить большее усилие, чем для менее вязких материалов. Как видно из полученных результатов, для варианта с использованием препарата «СНУ-MAX Ultra» наблюдалась самая непродолжительная стадия метастабильного равновесия, после чего наступала стадия синерезиса, что выразилось в самом низком значении показателя динамической вязкости и повышенном значении показателя скорости сдвига.

На следующем этапе работ исследовали прочность сгустка на сжатие после свертывания молочной смеси при помощи различных молокосвертывающих ферментных препаратов. Перечень и дозы внесения препаратов были аналогичны предыдущему опыту. Предел прочности на сжатие – это пороговая величина постоянного механического напряжения, превышение которого приводит к деформации или разрушению. Проведение испытаний осуществляли следующим образом. В пастеризованную молочную смесь с массовой долей жира 2,6%, массовой долей белка 2,9%, плотностью 1027,5 кг/м³, активной кислотностью 6,61 ед. рН вносили раствор хлористого кальция из расчета 15 г/100 дм³ и закваску лактококков. После активизации закваски в смесь вносили молокосвертывающий ферментный препарат. Продолжительность свертывания составляла 30 мин при температуре 32°С. После достижения указанного времени на поверхность сгустка помещали металлическую пластину диаметром 50 мм, на которую устанавливали груз различной массы. В процессе исследований, зная площадь, массу пластины и массу установленного груза, измеряли пороговую величину постоянного механического воздействия, превышение которого приводило к необратимой деформации сгустка. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели предела прочности сгустка на сжатие

Используемый препарат	Показатель и значение
	Предел прочности, г/см ²
«Микробел»	1,697±0,093
«МаксиБел»	1,875±0,099
«БелРен»	1,748±0,118
«СНУ-MAX Ultra»	1,952±0,088
«Fromase»	1,646±0,082
«Kalase»	1,850±0,124

Как видно из полученных результатов, наибольшим пределом прочности обладали молочные сгустки, полученные с использованием рекомбинантных препаратов «СНУ-MAX Ultra» и «МаксиБел», а самым низким – варианты с использованием микробных протеаз «Микробел» и «Fromase». Предел прочности сгустка, полученного при помощи рекомбинантного препарата «СНУ-MAX Ultra», на 18% превышал аналогичный показатель варианта с использованием микробной протеазы «Fromase».

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что самые прочные сгустки образуются в случае использования в качестве молокосвертывающих ферментов рекомбинантных препаратов, а с использованием препаратов на основе микробных протеаз были получены наименее прочные сгустки, причем, прочность сгустков, полученных с использованием отечественных молокосвертывающих ферментных препаратов («Микробел», «МаксиБел») сопоставима с плотностью вариантов, полученных с использованием импортных аналогов. В случае применения натуральных сычужных препаратов «Kalase» и «БелРен» более прочные сгустки были получены с использованием импортного препарата «Kalase».

На следующем этапе работ проводили исследования, направленные на изучение влияния различных молокосвертывающих препаратов на синерезис сгустка, время обсушки сырного зерна и качественные характеристики молочного сгустка, подсырной сыворотки и сырного пласта. Для этого в лабораторных условиях была проведена опытная выработка сыра «Белая Русь», формуемого насыпью. Для свертывания молочной смеси использовали все вышеперечисленные ферментные препараты. Доза внесения молокосвертывающих ферментных препаратов была подобрана таким образом, чтобы время достижения гель-точки процесса свертывания составляло 20–25 мин.

В результате изучения технологических параметров процесса изготовления сыра установлено следующее. Динамика нарастания активной кислотности молочной смеси, подсырной сыворотки и сырного пласта в процессе изготовления сыра не выявила существенных отличий в образцах, свертывание которых осуществлялось ферментными препаратами различной природы (сычужный препарат, микробная протеаза и рекомбинантный препарат). В то же время, более высокое значение указанного показателя в вариантах, изготовленных с использованием импортных молокосвертывающих препаратов («СНУ-MAX Ultra», «Fromase», «Kalase»), свидетельствует о том, что развитие заквасочной молочнокислой микрофлоры в этих вариантах протекало более интенсивно. Кроме того, установлено, что образцы сыров с использованием рекомбинантного молокосвертывающего ферментного препарата «СНУ-MAX Ultra» после 30 суток созревания обладали выраженной горечью.

Основные показатели технологического процесса, характеризующие материальный баланс и степень использования составных частей молока, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели, характеризующие степень использования сухих веществ молока

Показатель	Используемый препарат					
	«Микробел»	«МаксиБел»	«БелРен»	«СНУ- MAX Ultra»	«Fromase»	«Kalase»
Масса молока, кг	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Массовая доля сухих веществ молока, %	11,1					
Масса сухих веществ молока, кг	0,285					
Масса сыворотки, кг	2,200	2,220	2,220	2,235	2,230	2,230
Массовая доля сухих веществ сыворотки, %	6,78	6,88	6,77	7,15	7,00	7,05
Масса сухих веществ сыворотки, кг	0,149	0,153	0,150	0,160	0,156	0,157
Масса сыра, кг	0,370	0,350	0,350	0,335	0,340	0,340
Массовая доля сухих веществ в сыре, %	42,4	44,7	43,4	41,9	42,7	40,2
Масса сухих веществ сыра, кг	0,157	0,156	0,152	0,140	0,145	0,137
Степень перехода составных частей молока в сыр, %	55,1	54,7	53,3	49,1	50,9	48,0

Как свидетельствуют полученные результаты, степень перехода составных частей молока в сыр и обусловленный этим выход сыра были выше в вариантах, изготовленных с использованием отечественных молокосвертывающих ферментных препаратов производителя «РеннетПродукт». Кроме того, масса сухих веществ в выделенной сыворотке этих вариантов на 4% меньше, чем вариантов с использованием импортных препаратов. Установлено, что наибольшую степень перехода составных частей молока в сыр обеспечивало использование в качестве молокосвертывающего препарата микробных протеаз, а наименьший – натуральных сычужных препаратов. Масса сухих веществ сыра в варианте с использованием микробной протеазы «Микробел» была на 3% выше, чем в варианте с использованием сычужного препарата «БелРен», и на 15% выше, чем в варианте с использованием сычужного препарата «Kalase».

Заключение. В результате исследований установлено, что при использовании рекомбинантных молокосвертывающих препаратов наблюдаются минимальная продолжительность индукционного периода и стадии флокуляции процесса свертывания, а также максимальное значение динамической вязкости молочной смеси в гель-точке. Наибольшим пределом прочности обладали сгустки, полученные при помощи рекомбинантных препаратов «СНУ-MAX Ultra» и «МаксиБел», а самым низким – варианты с использованием микробных протеаз «Микробел» и «Fromase». Наибольшую степень перехода составных частей молока в сыр обеспечивало использование в качестве молокосвертывающих препаратов микробных протеаз, а наименьшую – натуральных сычужных препаратов.

Список использованных источников

1. Дудник, П.Н. / П.Н. Дудник, В.П. Табачников // Труды ВНИИМС. Пищевая промышленность, 1974, выпуск 17. – С. 7–16.
Dudnik, P.N. / P.N. Dudnik, V.P. Tabachnikov // Trudy VNIIMS. Pishhevaya promyshlennost', 1974, vupusk 17. – S. 7–16.
2. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. / А.В. Гудков // 2-е изд., испр. и доп. – М., ДеЛи принт, 2004. – 804 с.
Gudkov, A.V. Syrodellie: tehnologicheskie, biologicheskie i fiziko-himicheskie aspekty. / A.V. Gudkov // 2-e izd., ispr. i dop. – M., DeLi print, 2004. – 804 s.