

*К. В. Объедков, к.т.н, И. Б. Фролов, Т. Н. Борисенкова,  
Ю. М. Здитовецкая  
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»*

## **МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩИЕ ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО И ВЫХОД СЫРА**

*При производстве сычужных сыров первостепенная роль принадлежит молокосвертывающим ферментным препаратам, используемым для получения сычужного сгустка. Правильно подобранный к выпускаемому ассортименту сыров молокосвертывающий препарат является одним из действенных рычагов повышения качества продукции и улучшения экономики сыродельного производства. Выбор молокосвертывающего фермента является ключевым решением при производстве сыров, так как он определяет и выход, и вкусовые характеристики готового продукта.*

*Поэтому изучение и анализ различных видов молокосвертывающих ферментных препаратов, их качества, состава, рассмотрение вопросов по их стандартизации и роли в сыроделии является в настоящее время актуальной задачей.*

*В ходе проведенных исследований было установлено, что наиболее оптимальным при производстве сыров ферментным препаратом является СГ-50, что объясняется наиболее низким расходом нормализованной смеси, затраченной на производство сыра, низкой стоимостью препарата, высокими качественными и вкусовыми характеристиками вырабатываемого сыра.*

Производство сыров надлежащего качества и развитие сыроделия невозможны без проведения научных исследований по совершенствованию технологии и повышения качества твердых сыров, по изучению физиолого-биохимических свойств молочнокислых бактерий, по культивированию бактериальных концентратов, изысканию стимуляторов микробиологических и биохимических процессов, в целях сокращения сроков созревания, создания новых видов сыра, и, конечно, большое внимание уделяется молокосвертывающим ферментным препаратам, применяемым в сыроделии.

В настоящее время рынок предлагает большой выбор молокосвертывающих препаратов как отечественных, так и зарубежных производителей, и сыроделам порой трудно разобраться в их многообразии, особенно в качестве. Правильно подобранный к выпускаемому ассортименту сыров молокосвертывающий препарат является одним из действенных рычагов повышения качества продукции и улучшения экономики сыродельного производства. Выбор молокосвертывающего фермента является ключевым решением при производстве сыров, так как он определяет и выход, и вкусовые характеристики готового продукта [1, 2].

Поэтому изучение и анализ различных видов молокосвертывающих ферментных препаратов, их качества, состава, рассмотрение вопросов по их стандартизации и роли в сыроделии является в настоящее время актуальной задачей.

***Подбор молокосвертывающего фермента.*** При выборе коагулирующих молоко ферментов специалисты предприятий молочной промышленности должны четко представлять, что молокосвертывающие ферменты в сыре наряду с первичной реакцией коагуляции ответственны за образование продуктов протеолиза, имеющих длинную полипептидную цепь. Эти продукты растворимы при рН 4,6 и осаждаются трихлоруксусной кислотой (ТХУ). Данные ферменты образуют незначительное количество продуктов протеолиза, растворимых в ТХУ. Протеолиз под действием химозина вызывает начальное размягчение структуры сырного теста, дальнейшее ее изменение происходит под комбинированным воздействием коагулирующих ферментов и бактериальных протеиназ заквасочной микрофлоры. В сырах с высокой температурой второго нагревания в связи с высокой степенью инактивации химозина при температуре второго нагревания роль молокосвертывающих препаратов при созревании выполняет нативная протеиназа молока (плазмин), большое количество которой из-за высоких значений рН во время обсушки зерна остается в сгустке.

Вторичный протеолиз, происходящий под действием молокосвертывающих ферментов, влияет на вкус сыра несколькими путями. Так, некоторые пептиды, образующиеся в результате этого протеолиза, имеют низкую молекулярную массу, и большинство из них непосредственно не влияют на вкус сыра. Однако часть из них имеет горький вкус, поэтому применение молокосвертывающих ферментов с высокой протеолитической активностью может вызвать появление горечи. Крупные пептиды являются субстратами для протеиназ и пептидаз микрофлоры закваски, под действием которых в сырах образуются вкусовые и ароматические соединения.

Широкий ассортимент молокосвертывающих препаратов, отсутствие объективной информации об их составе и свойствах порой озадачивают мастеров сыродельных предприятий. В такой ситуации выбор препарата обусловлен его ценой, а не качеством. При этом мало кто подбирает ферментный препарат с учетом ассортимента вырабатываемых сыров.

Судя по многочисленным результатам исследований, для производства сыров как с высокой, так и с низкой температурой второго нагревания, а тем более для сыров с длительным сроком созревания, предназначенных для хранения или транспортирования на дальние расстояния, целесообразно использовать молокосвертывающие препараты животного происхождения производства ОАО «Московский завод сычужных препаратов» [6, 7, 8].

***Внесение молокосвертывающих ферментов в молоко.*** Молокосвертывающие ферменты поставляются на предприятия в концентрированном виде (жидкость или порошок), так как в таком виде они более стабильны при хранении. Перед использованием их обычно разбавляют водой в 5–10 раз. Это делается для того, чтобы можно было легко распределить фермент в большом количестве молока в сыродельной ванне и получить однородную и быстродействующую дисперсию. Однако при

хранении разбавленного водой фермента снижается его активность, поэтому оптимальным считается подготавливать сухой фермент за 10 мин до внесения в ванну, а жидкий разводить непосредственно перед внесением.

Другими важными факторами являются температура и качество воды, применяемой для разбавления фермента. Так, при температуре выше 40 °С фермент теряет свою активность.

Из качественных характеристик воды особенно важны два показателя: наличие хлора и жесткость. Существует взаимосвязь между содержанием в воде хлора и потерей активности телячьего сычужного фермента, поэтому для разбавления коагулянтов молока нельзя использовать хлорированную воду.

Жесткость воды также отрицательно сказывается на активности коагулянтов молока. Вода с высокой жесткостью имеет рН выше нейтральной. В таких случаях целесообразно очень жесткую воду слегка подкислять, а затем использовать для разбавления молокосвертывающего фермента.

*Сущность свертывания молока сычужным ферментом.* Сычужное свертывание молока – основа коагуляционных процессов при производстве сыра. Сущность свертывания казеина под действием сычужного фермента до настоящего момента выявлена не полностью. Известно, что сычужное свертывание состоит из двух стадий: превращения казеина в параказеин (химический процесс) и коагуляции параказеина под влиянием ионов кальция (свертывание).

Первую стадию можно наблюдать при действии сычужного фермента на молоко или растворы казеина, не содержащие ионов кальция. Во второй стадии параказеин взаимодействует с ионами кальция, в результате чего образуется сгусток. Параказеин, полученный под действием сычужного фермента, отличается от казеина повышенной чувствительностью к ионам кальция.

При превращении казеина в параказеин в момент свертывания молока не происходит химических изменений молекул казеина, так как молекулярный вес параказеина и исходного казеина почти одинаковый. Коллоидные свойства казеина при превращении в параказеин также существенно не изменяются.

Химизм действия сычужного фермента на казеин можно представить как гидролиз фосфоамидной связи. Одновременно освобождаются щелочные гуанидиновые и фосфорные группы. В результате изоэлектрическая точка казеина смещается с рН 4,6 до рН 5,0 - 5,2, характерного для параказеина.

Появившиеся в результате действия сычужного фермента функциональные группы (-ОН) связывают ионы кальция, образуя «кальциевые мостики» между молекулами параказеина. Вследствие такой агрегации частиц параказеина получается гель, и молоко свертывается. Таким образом, без наличия ионов кальция в молоке не может происходить агрегирование частиц параказеина.

При сычужном свертывании титруемая кислотность молока должна быть 18–23 °Т, а рН - на уровне 6,2. При этом казеин выпадает в осадок совместно с кальциевыми солями и образует плотный сгусток. Под влиянием сычужного фермента казеин превращается в параказеин – собственно сырный белок, из которого в дальнейшем формируется сыр [3, 4].

***Влияние молокосвертывающих ферментов на выход сыра.*** Вид используемого молокосвертывающего фермента влияет на выход сыра. В большинстве опубликованных исследовательских работ указывается, что при постоянных других технологических параметрах коагулянты микробного происхождения дают более низкий выход сыра, чем сычужный фермент животного происхождения и химозин, полученный с помощью ферментации. Это объясняется тем, что при использовании ферментов микробного происхождения потери пептидов с короткой цепью в сыво-

ротку увеличиваются. Это неизбежно приводит к снижению выхода сыра на 1–2%.

Поскольку стоимость коагулянтов в производстве сыров составляет 0,25–0,3% от общей стоимости производства, то очевидно, что этот фактор следует учитывать при выборе молокосвертывающего фермента.

На выход сыра оказывают влияние и некоторые другие факторы, такие как качество молока, активность закваски и т.д., поэтому сыроделам трудно определять ситуацию, вызванную использованием коагулянта, который является оптимальным для процесса. Однако имеются примеры, когда мастера сыродельного производства смогли контролировать другие переменные процесса в такой степени, что после перехода на работу с более подходящим коагулянтом выход сыра увеличивался на 2% [5–8].

***Роль сычужного фермента в созревании сыров.*** Очень важная функция сычужного фермента осуществляется во время созревания сыров.

При производстве любого сыра определенная часть протеолитически активного молокосвертывающего фермента сохраняется в сырном сгустке (2–6%), а остальная часть переходит в сыворотку. Небольшое количество фермента, оставшегося в сыре, остается активным и продолжает расщеплять  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеин в процессе созревания.

И количество, и специфичность получающихся продуктов расщепления белков – важные факторы в образовании вкуса и структуры сыра [4, 7, 9].

Вкус, вероятно, является наиболее важной характеристикой при рассмотрении этого аспекта действия коагулянта. Микробный молокосвертывающий фермент характеризуется большей тенденцией к образованию нежелательного постороннего горького привкуса во время созревания сыра. Это объясняется различием в специфике механизмов, с помощью которых фермент расщепляет казеин молока в процессе созревания.

ния сыра. Это свойство следует обязательно учитывать при выборе коагулянта для производства высококачественных сыров.

Для нормального созревания сыра необходимо сбалансированное протеолитическое расщепление казеина, причем для некоторых видов сыров определенная степень развития горечи в сыре считается нормой и является составной частью вкуса. Горечь становится проблемой только в том случае, если она слишком сильна. Причинами горечи в сыре могут быть, помимо всего прочего, слишком высокая доза молокосвертывающего препарата и/или его низкое качество [4, 7, 10].

На вероятность появления горечи в сыре влияет не только протеолитическая активность фермента, но и количество препарата, переходящего в сырную массу. Исследования показывают, что степень перехода препарата в сгусток в значительной степени зависит от pH при использовании сычужного фермента и не зависит или зависит на более низком уровне при использовании фермента FROMASE, что существенно снижает протеолитическую активность в сыре.

***Производственные испытания молокосвертывающих ферментов нового поколения.*** На базе ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод» были проведены испытания сычужных ферментных препаратов различных производителей при выработке сыра «Российский». Основные параметры выработки приведены в таблице.

Таблица 1 - Результаты испытаний опытных образцов сычужных ферментов при выработке сыра «Российский»

Показатель	Варианты выработки		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Дата выработки (номер варки)	24.06.2006 (1)	24.06.2006 (2)	24.06.2006(3)
Использованный фермент	Fromase 220 TL, Lot F6073, DSM Food Specialties	СГ-50	Maxiren 1800, Lot R 5664, DSM Food Specialties
Расход фермента на 100 кг смеси, г	1,00	1,25	1,20

Показатель	Варианты выработки		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Характеристика смеси:			
количество, кг	10280	11308	11600
массовая доля жира, %	2,8	2,8	3,2
кислотность, °Т	18,0	19,0	18,0
плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,028	1,028	1,028
Продолжительность свертывания, мин	30	40	30
Масса сыра после прессования, кг	906,0	1034,0	998,0
Масса условно зрелого сыра, кг	864,4	986,0	914,0
Расход смеси на 1т сыра, т	11,89	11,47	12,7

Таким образом, наиболее оптимальным при производстве сыров ферментным препаратом является СГ-50. Это объясняется его наиболее низкой стоимостью (по сравнению с сычужными препаратами зарубежного производства) и наиболее низким расходом нормализованной смеси, затраченной на производство 1 т сыра «Российский».

Таким образом, главным и единственным критерием пригодности молокосвертывающих препаратов на сегодняшний день является качество сыра и выход продукта [10].

Учитывая значимость для сыроделов затронутых вопросов, рекомендуется: провести анализ рынка и использования молокосвертывающих препаратов в сыродельной промышленности, исследовать биохимические и потребительские свойства препаратов, разработать рекомендации по эффективному использованию различных молокосвертывающих препаратов для тех или иных видов сыров. Наряду с этим при разработке технологий новых видов сыров представляется целесообразным учитывать реальные характеристики рекомендованных к использованию молокосвертывающих препаратов.

## Литература

1. Устинов, М. Н. Производство и использование молокосвертывающих ферментных препаратов в СССР и за рубежом/ М. Н. Устинов. – Спб.: ГИОРД, 1990. – 31 с.
2. Диланян, З. Х. Основы сыроделия/ З. Х. Диланян. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 230 с.
3. Климовский, И. И. Биохимические и микробиологические основы производства сыра/ И. И. Климовский. – М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
4. Шиллер, Р. Производство сыра: технология и качество/ Р. Шиллер – М.: Агропромиздат, 1989. – 420 с.
5. Белов, А. Н. Молокосвертывающие препараты/ А. Н. Белов, В. В. Ельчанинов, А. Д. Коваль // Сыроделие и маслоделие.–2004.–№ 1.– С.14-16.
6. Савельева, Т. А. Роль ферментов в производстве твердых сыров/ Т. А. Савельева [и др.]// Сыроделие и маслоделие.–2003.–№ 3.–С.13–15
7. Виссер, С. Роль протеолитических ферментов в созревании сыров/ С. Виссер, Дж. Ван Ден Берг // Сыроделие и маслоделие.–2003.–№ 4.–С.15–16.
8. Шаманова, Г. П. Роль молокосвертывающих ферментов в улучшении качества сыров/ Г. П. Шаманова, О.В. Толстых// Молочная промышленность.–2003.–№ 6.–С. 30–31.
9. Репелиус, Д.–р Молокосвертывающие ферментные препараты / Д.–р Репелиус, В. Н. Макеев, Д. М. Яркина//Переработка молока.–2004.–№ 4.–С.22–23.
10. Майоров, А.А. Молокосвертывающие ферменты: критерий–качество и выход сыра / А. А. Майоров, М. С. Уманский// Сыроделие и маслоделие.–2004.–№ 4.–С. 12.