

**А.А. Остроумов, Н.В. Хуснуллина**

## **ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-СЫЧУЖНОГО СВЕРТЫВАНИЯ МОЛОКА С ПРИМЕСЬЮ СОМ**

Исследовано гелеобразование, синерезис сгустка и состав сыворотки при кислотном-сычужном свертывании молочной смеси с добавлением сухого обезжиренного молока. Варьировали количество сухого обезжиренного молока, а также дозы бактериальной закваски и молокосвертывающего фермента. При различных условиях опыта определялась продолжительность свертывания, количество отделившейся сыворотки, а также содержание в ней сухих веществ. Полученные результаты использованы при разработке новых молочных продуктов.

Сухое обезжиренное молоко, бактериальная закваска, молокосвертывающий фермент, сгусток, сыворотка, сухое вещество, кислотном-сычужное свертывание.

В основе производства многих молочных продуктов (сыры, кисломолочные напитки, творог, казеин и др.) лежит коагуляция молока, сущность которой заключается в дестабилизации нативного коллоидного состояния золь мицелл казеина и переход его в качественно другую форму коллоидного состояния – гель. Основными факторами дестабилизации коллоидного состояния золь мицелл казеина являются снижение величины рН и действие протеолитических ферментов. Молочный гель представляет собой структуру, состоящую из гелевого каркаса, заполненного сывороткой. Характерной особенностью геля является синерезис, т.е. самопроизвольное снижение водоудерживающей способности. На интенсивность синерезиса влияют температура, величина рН и механические воздействия [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Кроме того, на процесс коагуляции, структурно-механические и синеретические свойства геля влияет состав молока. Содержание в нем сухих веществ и казеина обуславливает скорость коагуляции белков, а также упругие и эластичные свойства получаемых сгустков.

Изучали особенности гелеобразования, синеретические свойства сгустка и состав выделившейся сыворотки при кислотном-сычужном свертывании молочной смеси с добавлением различного количества сухого обезжиренного молока (СОМ). Количество сухого обезжиренного молока (СОМ) варьировали от 2,0 до 10,0 % к массе натурального молока. Свертывающими агентами служили бактериальная закваска (для сыров с низкой температурой второго нагревания) и молокосвертывающий препарат фромаза (2200 ТЛ в гранулах).

Физико-химические показатели исходного молока и смесей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели молока и смесей

Вариант	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Массовая доля, %		
		сухие вещества	белок	лактоза
Молоко	1027	12,8	3,0	4,7
Молоко + 2 % СОМ	1034	14,8	3,9	5,6
Молоко + 6 % СОМ	1048	16,8	6,0	7,5
Молоко + 10 % СОМ	1062	22,6	8,0	9,5

Добавление сухого обезжиренного молока увеличивало плотность смеси, а также приводило к увеличению в ней основных компонентов.

Основу исследований составлял трехфакторный эксперимент, план проведения которого и полученные результаты приведены в табл. 2.

План и результаты эксперимента по изучению кислотно-сычужного свертывания смеси молока с СОМ

Изучаемые факторы			Результирующие критерии				
Количество сухого молока, %	Количество закваски, %	Количество фермента, г/100 кг молока	Продолжительность свертывания, мин	Массовая доля влаги в сгустке, %	Количество выделенной сыворотки, %	Массовая доля сухих веществ в сыворотке, %	Степень использования сухих веществ, %
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$
2	1	1	73	67,1	48	7,2	76,6
2	1	2	45	65,6	50	6,8	77,0
2	1	3	36	61,1	53	6,0	78,5
2	3	1	68	66,9	51	7,4	74,5
2	3	2	42	65,1	54	6,9	75,2
2	3	3	34	60,9	57	6,3	75,4
2	5	1	62	66,8	55	7,5	73,6
2	5	2	40	64,8	56	7,0	73,5
2	5	3	33	60,5	58	6,8	73,4
6	1	1	58	61,2	37	9,0	82,3
6	1	2	40	61,0	38	8,7	82,2
6	1	3	34	59,0	40	8,5	81,9
6	3	1	54	61,3	40	10,0	78,5
6	3	2	38	60,8	42	9,7	78,4
6	3	3	32	58,9	45	9,0	78,5
6	5	1	53	60,8	42	11,1	75,2
6	5	2	37	60,5	44	10,5	75,4
6	5	3	31	58,9	46	9,8	76,1
10	1	1	54	58,7	30	12,5	83,4
10	1	2	37	56,3	32	11,8	83,5
10	1	3	31	54,7	34	11,3	83,2
10	3	1	49	58,5	32	12,3	82,6
10	3	2	35	55,9	33	11,6	82,5
10	3	3	30	54,4	36	11,1	83,2
10	5	1	47	58,4	30	12,0	84,0
10	5	2	33	55,7	33	11,4	83,2
10	5	3	29	53,8	35	10,9	82,9

Опыты ставились для трех уровней концентрации сухого обезжиренного молока (2, 6 и 10 %) при разных уровнях закваски (1, 3 и 5 %) и дозах молокозвертывающего фермента (1, 2 и 3 г на 100 кг молочной смеси).

Комплекс изучаемых факторов оказал существенное влияние на продолжительность свертывания.

Зависимость продолжительности свертывания смеси от количества сухого обезжиренного молока, уровня бактериальной закваски и дозы молокозвертывающего фермента выражена следующим уравнением регрессии:

$$Y = 118,94 - 4,23x_1 - 3,98x_2 - 45,28x_3 + 0,08x_1^2 + 0,11x_2^2 + 6,28x_3^2 + 0,135x_1x_2 + 0,906x_1x_3 + 0,854x_2x_3 - 0,0313x_1x_2x_3.$$

Известно, что увеличение в молоке содержания белка приводит к замедлению сычужной свертываемости, так как в ней возрастает количество мицелл казеина, что приводит к резкому росту их суммарной поверхности и, соответственно, понижает концентрацию молокозвертывающего фермента, приходящегося на единицу белка [7].

Однако в нашем случае в свертывании смеси, кроме фермента, участвует бактериальная закваска, которая стимулирует кислотное свертывание. Этим можно объяснить, что совмещение двух типов свертывания привело к сокращению продолжительности процесса. Если у молочной смеси с 2,0 % обезжиренного сухого молока он в среднем составлял 48,0 мин, то у молочной смеси с 6,0 % сухого обезжиренного молока – 42,5 мин, а с 10 % сухого обезжиренного молока – 38,0 мин.

Для всех уровней сухого обезжиренного молока в смеси увеличение количества вносимой закваски также понижало продолжительность сквашивания. При 2 % сухого обезжиренного молока в смеси продолжительность процесса находилась в пределах от 73 до 33 мин, при 6,0 % сухого обезжиренного молока – от 58 до 31 мин и при 10 % сухого обезжиренного молока – от 54 до 29 мин (для различных доз фермента).

Увеличение дозы фермента приводило к значительному сокращению продолжительности процесса для всех уровней сухого обезжиренного молока и бактериальной закваски. Так, при увеличении дозы фермента с 1,0 до 2,0 г на 100 кг смеси продолжительность свертывания в среднем сократилась на 48,3 %, с 1,0 до 3,0 г на 100 кг смеси

– на 78,5 %. Влияние количества обезжиренного молока в смеси на продолжительность свертывания при различных дозах молокосвертывающего

фермента для трех уровней используемой бактериальной закваски показано на рис. 1.

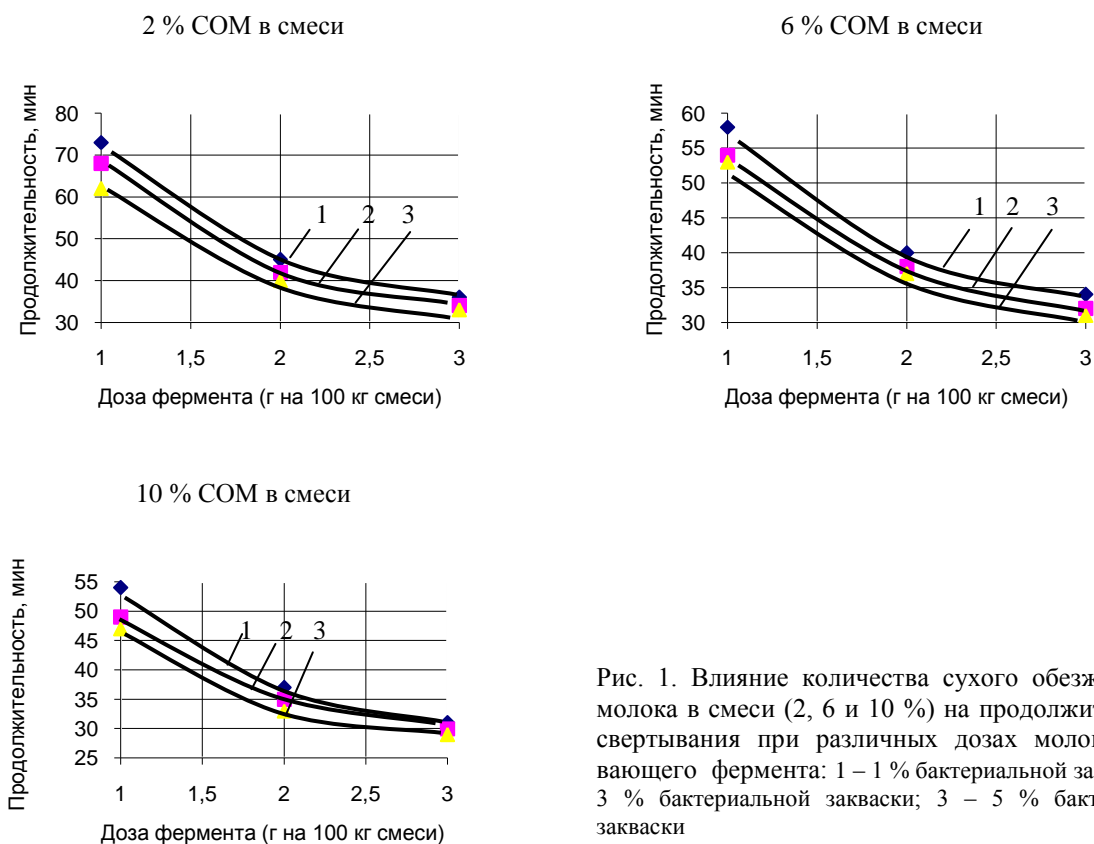


Рис. 1. Влияние количества сухого обезжиренного молока в смеси (2, 6 и 10 %) на продолжительность свертывания при различных дозах молокосвертывающего фермента: 1 – 1 % бактериальной закваски; 2 – 2 % бактериальной закваски; 3 – 5 % бактериальной закваски

Добавление сухого обезжиренного молока к смеси влияло на синерезис сгустка. Особенно большое влияние оказывало его количество. Так, при 30-минутном отстое сгусток с 2 % сухого обезжиренного молока выделил в среднем 53,5 % сыворотки, с 6 % сухого обезжиренного молока – 41,5 % сыворотки, а с 10 % сухого обезжиренного молока – 36,0 % сыворотки. В относительных процентах уменьшение количества выделившейся сыворотки составило при увеличении дозы сухого обезжиренного молока с 2 до 6 % около 28 %, а при ее увеличении с 2 до 10 % – около 48,6 %.

С увеличением доз бактериальной закваски и молокосвертывающего фермента скорость синерезиса слегка замедлялась. При увеличении закваски с 1 до 5 % она сократилась в среднем на 10,2 %, а при увеличении дозы фермента с 1 до 3 г на 100 кг смеси – в среднем на 11,0 % (рис. 2).

Одним из основных показателей сыворотки является содержание в ней сухих веществ. Большое

влияние на этот показатель оказало включение в состав молочной смеси сухого обезжиренного молока. При его дозе, равной 2 %, массовая доля сухих веществ в сыворотке составляла 6,8 %, при 6 % – 9,6 %, а при 10 % – 11,6 %. Наблюдали значительное увеличение содержания сухих веществ в сыворотке с ростом содержания в молочной смеси сухого обезжиренного молока. Однако в этом случае следует обратить внимание на объем выделяющейся сыворотки.

Проведенные расчеты показали, что суммарный переход сухих веществ в сыворотку понижался с их увеличением в исходной смеси, то есть повышалась эффективность использования сухих веществ сгустком. В условиях опыта она составляла для молочной смеси с 2 % сухого обезжиренного молока 75,3 %, с 6 % сухого обезжиренного молока – 78,7 %, с 10 % сухого обезжиренного молока – 83,2 %.

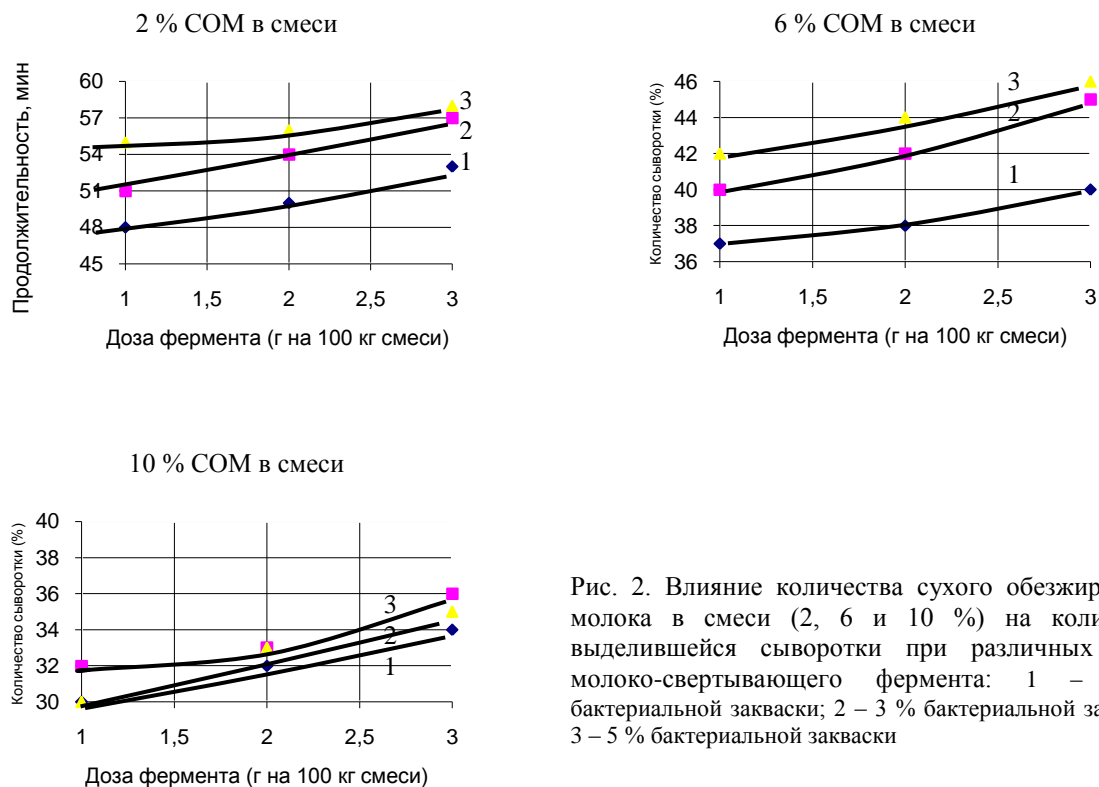


Рис. 2. Влияние количества сухого обезжиренного молока в смеси (2, 6 и 10 %) на количество выделившейся сыворотки при различных дозах молоко-свертывающего фермента: 1 – 1 % бактериальной закваски; 2 – 3 % бактериальной закваски; 3 – 5 % бактериальной закваски

Остальные условия опыта (дозы бактериальной закваски и молокосвертывающего препарата) влияли на содержание сухих веществ в сыворотке в меньшей степени. При увеличении количества бактериальной закваски с 1,0 до 5,0 % показатель массовой доли в сыворотке в среднем увеличился с 9,1 до 9,6 %, а при увеличении дозы молокосвертывающего препарата с 1,0 до 3,0 г на 100 кг смеси уменьшился в среднем с 9,8 до 8,8.

Влияние количества сухого обезжиренного молока в смеси при различной дозе молокосвертывающего фермента для трех уровней бактериальной закваски показано на рис. 3.

Полученные в работе результаты послужили основанием для разработки новых видов молочно-белковых продуктов.

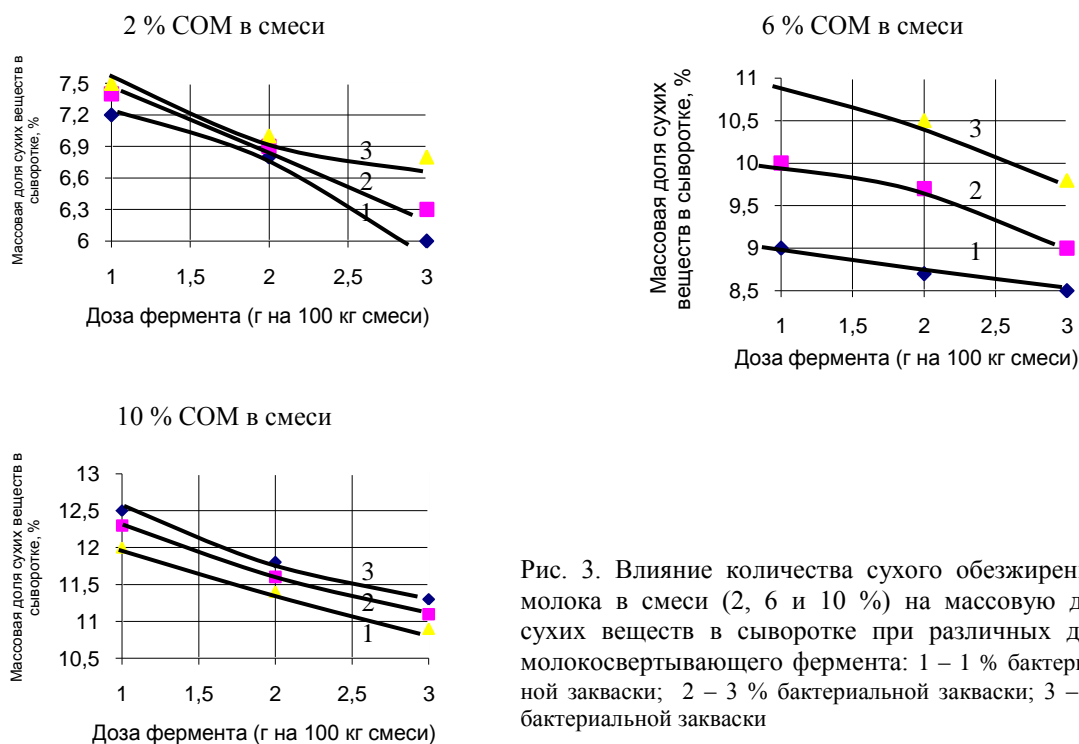


Рис. 3. Влияние количества сухого обезжиренного молока в смеси (2, 6 и 10 %) на массовую долю сухих веществ в сыворотке при различных дозах молокосвертывающего фермента: 1 – 1 % бактериальной закваски; 2 – 3 % бактериальной закваски; 3 – 5 % бактериальной закваски

#### Список литературы

1. Бобылин, В.В. Физико-химические и биохимические основы производства мягких кислотно-сычужных сыров. – Кемерово, 1998. – 208 с.
2. Богданова, Е.А. Влияние физико-химических и технологических свойств на образование структур молока при кислотно-сычужном способе коагуляции / Е.А. Богданова, Г.С. Лавренкова // XIX Международный конгресс по молочному делу. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – С. 123–124.
3. Богданова, Е.А. Интенсификация производства творога / Е.А. Богданова, Г.А. Титов // Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИММП, 1981. – 24 с.
4. Забодалова, Л.А. Кинетика образования пространственной структуры при сквашивании молока / Л.А. Забодалова, А.М. Маслов, Г.М. Паткуль // Известия вузов. Пищевая технология. – 1978. – № 4. – С. 141–143.
5. Крусь, Г.Н. Концепция сычужной коагуляции молока / Г.Н. Крусь // Молочная промышленность. – 1990. – № 5. – С. 43–45.
6. Раманаускас, Р. Закономерности кинетики сычужного свертывания молока / Р. Раманаускас // Молочная промышленность. – 1994. – № 8. – С. 24–26.
7. Осинцев, А.М. Теоретическое и экспериментальное исследование процессов, лежащих в основе свертывания молока / А.М. Осинцев; КемТИПП. – Кемерово, 2003. – 120 с.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности»,  
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.  
Тел./факс: (3842) 73-23-27

#### SUMMARY

L.A. Ostroumov, N.V. Chusnullina

#### The study of acid-rennet milk coagulation with dry nonfat milk addition

Gelatinization, curd syneresis and the whey composition during acid-rennet mix coagulation with dry nonfat milk addition has been studied. The amount of dry nonfat milk, the starter culture dose and milk clotting enzyme was varied. The duration of coagulation, the amount of the whey separated and the content of solids in the whey at different conditions of the experiment was determined. The results obtained were used for the development of new milk products.

Nonfat dry milk, starter culture, milk clotting enzyme, curd, whey, solid, acid-rennet coagulation.