

Л.А. Остроумов, И.В. Гралевская, Р.А. Шахматов

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МОЛОКА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА КИСЛОТНО-СЫЧУЖНОЕ СВЕРТЫВАНИЕ МОЛОКА

В статье изложены результаты трехфакторного эксперимента по изучению совместного влияния массовой доли белка и кальция в молоке и температуры свертывания на продолжительность свертывания, содержание белка в сыворотке и эффективность использования белков молочным сгустком.

Белок, кальций, температура, свертывание, эффективность, продолжительность.

### Введение

Кислотно-сычужное свертывание молока применяется с целью совмещения процессов получения молочного сгустка и активизации молочнокислого процесса [1, 2]. Оно осуществляется под влиянием двух агентов (молокосвертывающий фермент и бактериальная закваска [3, 4]). Варьируя дозы фермента и закваски, В.В. Бобылин устанавливал продолжительность свертывания молока, активную кислотность получаемого сгустка, количество и состав выделившейся сыворотки.

Важное место в кислотно-сычужном свертывании занимает состав молока. Известно, что он является непостоянным и зависит от породы коров, рационов кормления, стадии лактации, сезона года и других зоотехнических и наследственных факторов. Особенно большим колебаниям подвержены такие его составные компоненты, как жир, белок, минеральные вещества и другие. В дальнейшем это сказывается на качестве готового продукта [5].

Процесс кислотно-сычужного свертывания молока широко используется в промышленности. Его применяют при выработке мягких сыров, творога и других продуктов. Поэтому расширение исследований по изучению механизма сычужно-кислотного свертывания молока и его зависимости от состава исходного сырья весьма актуально.

### Объекты и методы исследований

Для изучения совместного влияния массовой доли белка в молоке, содержания в нем кальция и температуры на процесс кислотно-сычужного свертывания проводили трехфакторный эксперимент.

Массовая доля белка в молоке варьировала от 2,8 до 3,2 %, составляя в образцах 2,8; 3,0 и 3,2 %, массовая доля кальция в молоке варьировала от 100 до 140 мг%, составляя по вариантам 100, 120 и 140 мг%, а температура свертывания – от 30 до 40 °С (30, 35 и 40 °С).

Массовую долю белка в молоке регулировали добавлением сухого обезжиренного молока, а кальция – внесением рассчитанного раствора хлористого кальция.

Результирующими критериями в опыте являлись продолжительность свертывания (в минутах) до начала явной коагуляции белков, массовая доля белка в сыворотке (в %) и эффективность использования белков молочным сгустком (в %).

Использовали следующие методы исследований: массовую долю белка – на анализаторе Repid N cabe, содержание кальция – на приборе «Капель-105М», свертывание молока – по рекомендациям В.В. Табачникова [6].

### Результаты и их обсуждение

Исходные данные и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Продолжительность начальной фазы свертывания молока в условиях опыта колебалась от 27 до 58 мин, массовой доли белка в сыворотке – от 0,42 до 0,65 %, эффективность использования белков молочным сгустком – от 82,6 до 88,0 %.

Зависимость продолжительности начального этапа коагуляции молока ( $Y_1$ ), эффективности использования белков молочным сгустком ( $Y_2$ ) и содержания белка в сыворотке ( $Y_3$ ) от массовой доли белка в молоке ( $X_1$ ), массовой доли кальция в молоке ( $X_2$ ) и температуры свертывания ( $X_3$ ) описывается следующими уравнениями регрессии:

$$Y_1 = 821 - 69,8X_1 - 8,77X_2 - 35,09X_3 - 62,6X_1^2 - 0,0049X_2^2 + 0,0163X_3^2 + 3,279X_1X_2 + 11,02X_1X_3 + 0,25X_2X_3 - 0,084X_1X_2X_3;$$

$$Y_2 = -414 + 208X_1 + 3,29X_2 + 8,49X_3 - 21,0X_1^2 - 0,0018X_2^2 + 0,0189X_3^2 - 0,8069X_1X_2 - 2,78X_1X_3 - 0,0862X_2X_3 + 0,0253X_1X_2X_3;$$

$$Y_3 = 10,96 - 3,918X_1 - 0,0408X_2 - 0,13X_3 + 0,7181X_1^2 + 0,8002X_2^2 + 0,0017X_3^2 - 0,0014X_1X_2.$$

Исходные данные и результаты трехфакторного эксперимента

Изучаемые факторы			Результирующие критерии		
Массовая доля белка, %	Массовая доля кальция в молоке, мг%	Температура свертывания молока, °Т	Начало образования сгустка, мин	Эффективность использования белков молочным сгустком, %	Массовая доля белка в сыворотке, %
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
2,8	100	30	58	82,8	0,60
2,8	100	35	50	85,1	0,52
2,8	120	40	39	88,0	0,42
2,8	120	30	53	85,7	0,50
2,8	140	35	40	87,5	0,45
3,0	140	40	32	87,7	0,46
3,0	100	30	54	82,6	0,65
3,0	100	35	45	83,3	0,52
3,0	120	40	42	88,2	0,44
3,0	120	30	50	86,6	0,50
3,2	140	35	34	86,2	0,55
3,2	140	40	27	87,0	0,52
3,2	140	30	41	85,0	0,60
3,2	120	35	38	84,3	0,50
3,2	100	40	36	84,5	0,62

*Примечание.* Количество полученной сыворотки условно принято 80 % от количества исходного молока; содержание жира во всех вариантах составляло 3,5 %.

Содержание белка в молоке оказывает влияние на продолжительность процесса свертывания. При пониженном содержании белка (2,8 %) продолжительность начального этапа свертывания находилась в пределах от 39 до 58 мин для молока с различным содержанием кальция и температурами свертывания. Причем более быстрое свертывание происходило при повышенных температурах и с увеличением содержания кальция.

Средняя продолжительность начальной фазы свертывания при массовой доле белка в молоке 2,8 % равнялась 46,0 мин, при массовой доле белка в молоке 3,0 % – 42,2 мин, а при массовой доле белка в молоке 3,2 % – 35,0 мин.

В условиях опыта использование молока с различным содержанием кальция сказалось на продолжительности свертывания молока. Средняя ее величина для молока с содержанием кальция 100 мг% составляла 47,1 мин, с содержанием кальция 120 мг% – 43 мин и с содержанием кальция 140 мг% – 36,0 мин. Пределы изменений по вариантам равнялись для образцов молока со 100 мг% кальция от 36,1 до 58,1 мин, для образцов со 120 мг% кальция от 33,6 до 53,0 мин, а для образцов со 140 мг% от 27,0 до 42,0 мин.

В среднем сокращение продолжительности начального этапа свертывания при увеличении дозы кальция в молоке со 100 до 120 мг% составило 8,1 %, при увеличении дозы кальция со 120 до 140 мг% – 16,9 %, а при увеличении дозы кальция в молоке со 100 до 140 мг% – 23,5 %.

С повышением температуры свертывания во всех вариантах опыта происходило сокращение продолжительности свертывания молока. Так, при

увеличении температуры с 30 до 35 °С оно составило в среднем 16,0 %, при увеличении температуры с 35 до 40 °С – 17,1 %, а при увеличении температуры с 30 до 40 °С – 27,6 %. Следует отметить, что процесс свертывания молока ускорялся с увеличением содержания в нем белка и кальция.

На рис. 1 приводятся графики, характеризующие влияние массовой доли белка и кальция в молоке и температуры свертывания на начало образования сгустка, эффективность использования белка молочным сгустком и массовую долю белка в сыворотке. Влияние изучаемых факторов показано на двух уровнях: максимальном и минимальном.

Продолжительность начального этапа свертывания молока во многом зависела от температуры процесса, влияние массовой доли содержания в молоке белка и кальция было меньшим и практически одинаковым.

Распределение этих факторов по степени возрастания на продолжительность процесса было следующим: температура свертывания 40,5 %, массовая доля белка в молоке 29,7 %, массовая доля кальция в молоке 29,8 %.

Степень влияния факторов на эффективность использования белков молочным сгустком имела следующие зависимости: от массовой доли кальция в молоке – 40,7 %, массовой доли белка в молоке – 30,5 % и температуры свертывания молока – 28,8 %.

Массовая доля белка в сыворотке зависела от содержания кальция в молоке – 38,5 %, содержания белка в молоке – 34,6 %, температуры свертывания – 26,9 %.

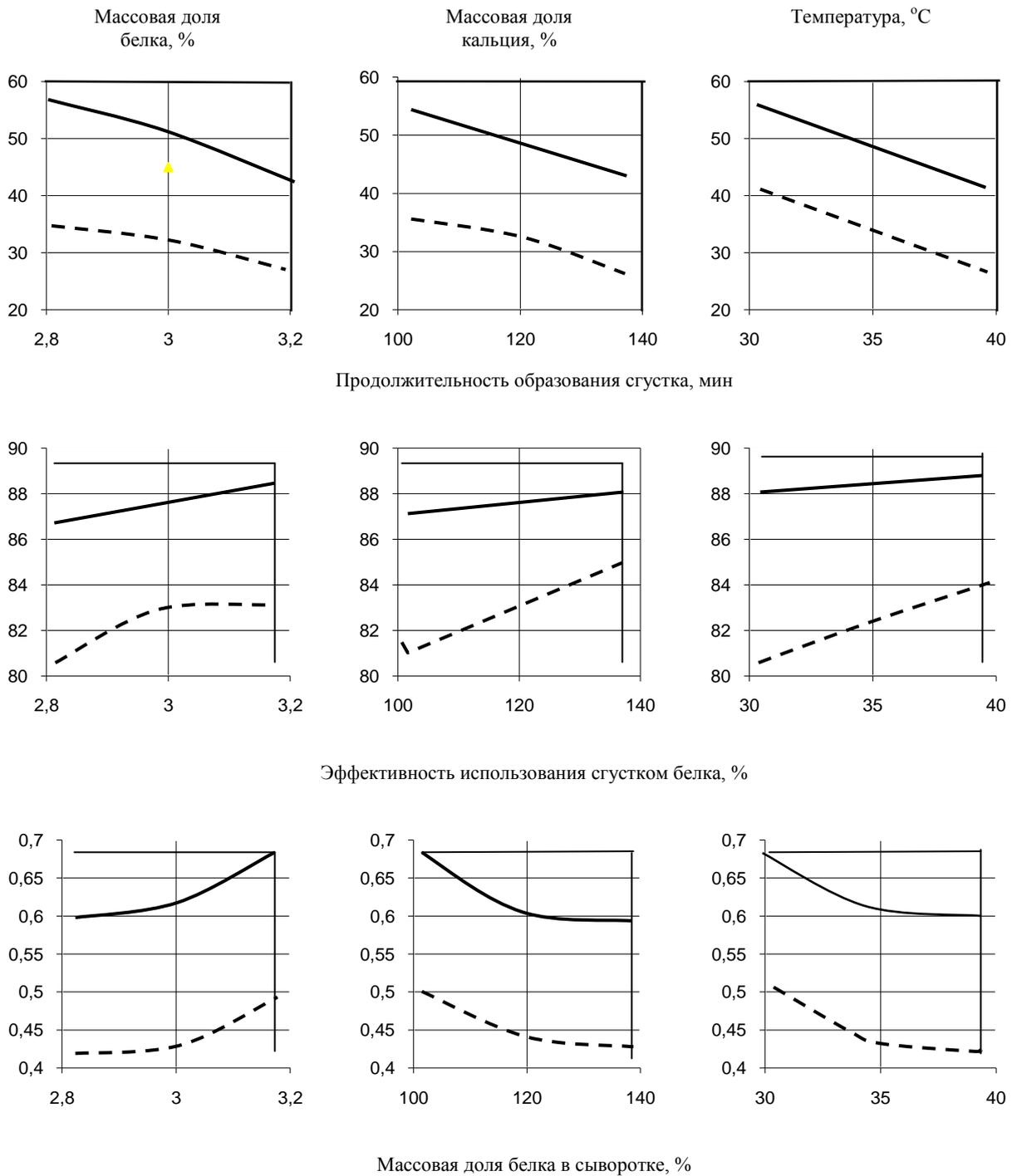


Рис. 1. Влияние изучаемых факторов на свертывание молока:  
 ————— максимальное;    - - - - - минимальное

Полученные результаты послужили основанием для уточнения технологии производства творога из молока с пониженным содержанием белка.

Таким образом, в результате выполненных исследований изучено совместное влияние массовой доли белка в молоке, содержания в нем кальция и температуры на процесс кислотно-сычужного свертывания

молока. Установлена зависимость от этих факторов продолжительности свертывания молока, эффективности использования белков молочным сгустком и массовой доли белка в сыворотке. Получены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости, и их графическое изображение.

#### Список литературы

1. Бобылин, В.В. Физико-химические основы производства мягких кислотно-сычужных сыров / В.В. Бобылин. – М.: ЦНИИТЭИММП, 1997. – 30 с.

2. Бобылин, В.В. Физико-химические и биотехнологические основы производства мягких кислотно-сычужных сыров / В.В. Бобылин. – Кемерово, 1998. – 208 с.
3. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – М.: Колос, 1997. – 288 с.
4. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – М.: Де Ли принт, 2003. – 800 с.
5. Остроумов, Л.А. Исследование физико-химических процессов при кислотно-сычужном свертывании молока / Л.А. Остроумов, К.А. Дедков // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2. – С. 30–34.
6. Табачников, В.П. Физико-химическая интерпретация и методы исследования процессов сычужного свертывания молока / В.П. Табачников // Физико-химическая механика сыродельного производства: труды ВНИИМС. – 1973. – № 12. – С. 3–10.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности»,  
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.  
Тел./факс: (3842) 73-40-40  
e-mail: office@kemtipp.ru

## SUMMARY

**L.A. Ostroumov, I.V. Gralovskaya, R.A. Shakhmatov**

### **INFLUENCE OF MILK COMPOSITION AND TEMPERATURE FACTOR ON ACID-RENNET COAGULATION OF MILK**

The article presents the results of three-factor experiment on the study of the combined effect of the protein and calcium mass fraction in milk and coagulation temperature on the duration of coagulation, the protein content in the whey and the efficiency of using protein by the milk clot.

Protein, calcium, temperature, coagulation, efficiency, duration.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology  
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia  
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40  
e-mail: office@kemtipp.ru

