УДК 637.356/.357

Л.А. Остроумов, К.А. Дедков

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ КИСЛОТНО-СЫЧУЖНОМ СВЕРТЫВАНИИ МОЛОКА

Рассмотрено влияние доз сычужного фермента и бактериальной закваски на процесс кислотно-сычужного свертывания молока при разных температурах. Установлена продолжительность процесса, активная кислотност получаемых сгустков и интенсивность синерезиса.

Кислотно-сычужное свертывание, сычужный фермент, бактериальная закваска, температура, продолжительность, активная кислотность, синерезис.

Введение

Кислотно-сычужное свертывание молока широко используется при выработке многих молочных продуктов. Это сложный, многофакторный процесс, влияющий на качество получаемого продукта и эффективность использования составных компонентов молока. Скорость его протекания, свойства сгустка, его предрасположенность к дальнейшей обработке зависят от состава и свойств перерабатываемого молока, количества молокосвертывающего фермента и бактериальной закваски, применяемого режима тепловой обработки, дозы вносимого хлористого кальция и ряда других факторов.

Известно, что сущность кислотной коагуляции молока заключается в потере мицеллами казеина при приближении pH среды к изоэлектрической точке и снижении потенциала отталкивания между ними [1, 2, 3]. Изоэлектрическое состояние казеина наступает при pH 4,6–4,7. Причем изоэлектрические точки для α_S-казеинов равняются 4,7, β-казеина – 4,9.

При сычужном способе коагуляции казеин под действием сычужного фермента превращается в параказеин, имеющий изоэлектрическую точку при pH 5,0–5,2.

Относительно сычужной свертываемости молока существует несколько теорий. В основном их можно свести к двум концепциям: фосфоамидазное действие сычужного фермента и гидролитическая теория [4, 5, 6].

При кислотно-сычужном свертывании молока процесс происходит под влиянием двух агентов (молокосвертывающий фермент и молочная кислота). Поэтому его интенсивность и направленность зависят от их соотношения. Существенное влияние на процесс оказывает температура [7].

Материалы и методы

Совместное влияние доз молокосвертывающего фермента (от 0 до 3,0 г на 100 кг молока) и бактериальной закваски (от 0 до 6,0 %) при различной температуре (25, 35 и 45 °С) на продолжительность свертывания молока, активную кислотность получаемого сгустка, количество сыворотки, выделившейся при обработке сгустка, а также содержание в сыворотке сухих веществ показано в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

Влияние различных доз молокосвертывающего фермента и бактериальной закваски на свертывание молока и свойства сгустков при температуре 25 °С

Изучаемые факторы		Результирующие критерии		
Количество молокосвертывающего фермента, г/100 кг молока	Доза бактериальной закваски, %	Продолжительность свертывания, мин (ln e^x)	pH сгустка	Массовая доля сухих веществ в сыворотке, %
0	2	470 (6,15)	4,8	7,0
0	4	390 (5,97)	4,7	6,7
0	6	295 (5,69)	4,7	6,9
0,75	0	185 (5,22)	6,1	7,0
0,75	2	160 (5,08)	5,7	6,6
0,75	4	130 (4,87)	5,1	6,4
0,75	6	110 (4,70)	4,9	6,2
1,5	0	90 (5,00)	6,4	6,7
1,5	2	80 (4,38)	6,0	6,5
1,5	4	60 (4,09)	5,7	6,2
1,5	6	47 (3,85)	5,5	6,3
3,0	0	45 (3,81)	6,4	6,4
3,0	2	39 (3,66)	6,0	6,2
3,0	4	36 (3,58)	5,8	6,0
3,0	6	30 (3,40)	5,7	5,9

Таблица 2

Влияние различных доз молокосвертывающего фермента и бактериальной закваски на свертывание молока и свойства сгустков при температуре 35 °С

Изучаемые факторы		Результирующие критерии		
Количество молокосвер-тывающего фермента, г/100 кг молока	Доза бактериальной закваски, %	Продолжительность свертывания, мин (ln e^x)	pH сгустка	Массовая доля сухих веществ в сыворотке, %
0	2	390 (5,97)	4,7	6,6
0	4	335 (5,81)	4,6	6,5
0	6	270 (5,60)	4,6	6,4
0,75	0	140 (4,94)	6,1	6,8
0,75	2	120 (4,79)	5,4	6,5
0,75	4	105 (4,65)	5,2	6,4
0,75	6	90 (5,00)	5,1	6,3
1,5	0	70 (4,25)	6,4	6,5
1,5	2	60 (4,09)	6,0	6,6
1,5	4	50 (3,91)	5,5	6,7
1,5	6	40 (3,69)	5,3	6,1
3,0	0	40 (3,69)	6,5	6,5
3,0	2	35 (3,56)	5,9	6,2
3,0	4	30 (3,40)	5,7	6,0
3,0	6	25 (3,22)	5,5	5,9

Таблица 3

Влияние различных доз молокосвертывающего фермента и бактериальной закваски на свертывание молока и свойства сгустков при температуре 45 °С

Изучаемые факторы		Результирующие критерии		
Количество молокосвертывающего фермента, г/100 кг молока	Доза бактериальной закваски, %	Продолжительность свертывания, мин ($\ln e^x$)	pH сгустка	Массовая доля сухих веществ в сыворотке, %
0	2	305 (5,72)	4,9	6,7
0	4	260 (5,56)	4,8	6,5
0	6	210 (5,35)	4,7	6,4
0,75	0	110 (4,70)	6,2	6,3
0,75	2	90 (4,50)	6,0	6,1
0,75	4	80 (4,38)	5,8	5,9
0,75	6	75 (4,32)	5,6	5,7
1,5	0	57 (4,04)	6,5	6,2
1,5	2	46 (3,83)	6,0	6,0
1,5	4	40 (3,69)	5,8	5,9
1,5	6	35 (3,56)	5,5	5,8
3,0	0	32 (3,47)	6,5	6,2
3,0	2	30 (3,40)	6,0	6,0
3,0	4	26 (3,26)	5,8	5,9
3,0	6	20 (3,00)	5,7	5,8

Повышение температуры ускоряло процесс свертывания. При повышении температуры с 25 до 35 °С – в среднем на 27,4 %, а с 35 до 45 °С – в среднем на 15,5 %.

Результаты и их обсуждение

Сокращение продолжительности свертывания молока с повышением температуры связано с усилением активности сычужного фермента (оптимум действия 41 ^{0}С), а также с активизацией деятельности микрофлоры.

Диапазон изменений величины активной кислотности получаемых сгустков весьма велик и зависит от конкретных сочетаний свертывающих агентов.

Для более детального рассмотрения процесса полученные сгустки по величине активной кислотности можно разделить на три категории. В первой преобладает кислотное свертывание (величина активной кислотности сгустков до pH 5,25). Во второй – смешанный тип свертывания (величина активной кислотности сгустков от pH 5,25 до pH 5,75). В третьей преобладает сычужное свертывание молока (величина активной кислотности больше pH 5,75).

Важной технологической характеристикой кислотно-сычужных сгустков является их способность к синерезису. С увеличением дозы бактериальной закваски происходило усиление синерезиса, а с увеличением дозы фермента – его сдерживание.

Такая способность сгустков с синерезису объясняется их различной кислотностью. Кислые сгустки лучше отдают сыворотку, а это как раз сгустки, полученные с использованием повышенных доз бактериальных заквасок и небольших количеств молокосвертывающих ферментов.

Обобщая полученные результаты, следует отметить, что раскрытие основных закономерностей кислотно-сычужного свертывания молока способствует направленному регулированию этого процесса, влияя тем самым на технологический процесс выработки, качество продукции, а также на расход сырья.

Список литературы

1. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 334 с.

2. Липатов, Н.Н. Производство творога / Н.Н. Липатов // Пищевая промышленность. – 1973. – № 1. – С. 13–15.

3. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 624 с.

4. Дьяченко, П.Ф. Теория фосфоамидазного действия сычужного фермента / П.Ф. Дьяченко // XV Международный конгресс по молочному делу. – М.: Пищепромиздат, 1961. – С. 71–75.

5. Крусь, Г.Н. Концепция сычужной коагуляции казеина / Г.Н. Крусь // Молочная промышленность. – 1990. – № 6. – С. 43–45.

6. Раманаускас, Р. Математическая модель кинетики сычужного свертывания / Р. Раманаускас // Химия и технология пищи: науч. тр. Литовского пищевого института. – Вильнюс, 1994. – Вып. 28. – С. 108–119.

7. Бобылин, В.В. Физико-химические и биотехнологические основы производства мягких кислотно-сычужных сыров / В.В. Бобылин. – Кемерово, 1998. – 319 с.

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

SUMMARY

L.A. Ostroumov, K.A. Dedkov

The studies of the physico-chemical processes in the acid-rennet milk coagulation

The influence of the rennet amount and starter culture doses on the process of acid-rennet milk coagulation at different temperatures has been considered. The duration of the process, active acidity of curds and syneresis intensity has been determined.

Acid-rennet milk coagulation, rennet, starter culture, temperature, duration, active acidity, syneresis.

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