

М.А. Субботина, М.В. Баканов, Т.Г. Колесникова

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КИСЛОТНО-СЫЧУЖНОГО СВЕРТЫВАНИЯ МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

В статье представлены результаты определения рациональных режимов свертывания молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной. Исследовалось влияние температуры пастеризации, дозы бактериальной закваски, температуры свертывания на процессы выделения сыворотки из сгустка и перехода сухих веществ в сыворотку при свертывании. Получены уравнения регрессии, отражающие зависимость данных процессов от исследуемых факторов, построены поверхности отклика. Определены основные параметры технологических режимов, при которых наблюдается максимальное выделение сыворотки из сгустков, а также в максимальной степени происходит переход сухих веществ в сыворотку.

Кислотно-сычужное свертывание, молочно-растительные смеси, бактериальная закваска, кедровый жмых, кедровая мука обезжиренная.

### Введение

Одной из основных технологических операций в приготовлении мягких кислотно-сычужных сыров является свертывание молока, так как свойства полученного сгустка определяют его поведение при последующей механической обработке. В зависимости от этих свойств подбирают интенсивность и продолжительность обработки. Свойства сгустка обуславливают синергическую способность сырной массы и величину потерь белка, что в значительной степени определяет выход и показатели готового продукта [1–3].

На процесс свертывания молока оказывают влияние различные технологические факторы. Основные из них: температура пастеризации, температура свертывания и количество бактериальной закваски [2]. При этом происходят сложные процессы, в результате которых образуется сгусток определенной структуры, что в конечном итоге влияет на качество готового продукта и эффективность использования сырьевых компонентов.

При производстве мягких сырных продуктов с белковыми добавками на процесс свертывания молочно-растительных смесей наряду с технологическими факторами оказывают влияние внесенные в них белковые добавки растительного происхождения. Поэтому одной из необходимых задач при производстве сырных продуктов высокого качества с добавками кедрового жмыха и кедровой муки обезжиренной является определение рациональных режимов свертывания молочно-растительных смесей с целью получения сгустка определенной структуры. Контрольными параметрами, позволяющими оценить процесс свертывания молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом или кедровой мукой обезжиренной, являются такие показатели, как интенсивность синерезиса сгустка и степень перехода сухих веществ в сыворотку.

Цель исследований – изучение влияния температуры пастеризации, дозы бактериальной закваски и температуры свертывания на процесс выделения сыворотки из сгустка и перехода сухих веществ в сыворотку при свертывании.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись молочно-растительные смеси с растительными добавками: кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной.

Интенсивность синерезиса и содержание сухих веществ в сыворотке определяли по общепринятым методикам [1].

### Результаты и их обсуждение

Влияние технологических параметров на кислотно-сычужное свертывание молочно-растительных смесей изучали при постоянных дозах хлористого кальция 0,04 % и молокосвертывающего фермента 0,02 %. Доза кедрового жмыха и кедровой муки обезжиренной в молочно-растительных смесях составляла 3,0 и 2,0 % соответственно.

Выбор исследуемых параметров основан на результатах ранее выполненных работ и собственных предварительных исследований [2, 3].

Температуру пастеризации смесей ( $X_1$ ) варьировали в пределах от 70 до 90 °С с дискретностью 10 °С, дозу бактериальной закваски в молочно-растительных смесях ( $X_2$ ) – от 1 до 3 % с шагом варьирования 1 %. Температуру свертывания ( $X_3$ ) варьировали от 30 до 40 °С (дискретность 5 °С). Конкретные варианты исследований определяли методом математического планирования эксперимента.

Коэффициенты регрессии получены решением переопределенной системы линейных уравнений методом наименьших квадратов [4]. По полученным уравнениям регрессии были построены поверхности отклика (рис. 1–4).

Выделение сыворотки из сгустка – это динамический процесс, основной характеристикой которого служит количество молочной сыворотки, выделившейся за определенный промежуток времени. Изучение влияния исследуемых факторов на интенсивность синерезиса представляет интерес с точки зрения управления процессом образования и дальнейшего сжатия структуры геля, что, в свою очередь, оказывает влияние на консистенцию сырного продукта и содержание в нем влаги.

Зависимость интенсивности синерезиса от температуры пастеризации, дозы закваски, температуры

свертывания выражается следующими уравнениями регрессии.

Для молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом:

$$Y_{11} = 70,33 - 1,09 \times X_1 + 2,12 \times X_2 + 0,21 \times X_3 + 0,0049 \times X_1^2.$$

Для молочно-растительных смесей с кедровой мукой обезжиренной:

$$Y_{12} = 80,27 - 1,34 \times X_1 + 4,08 \times X_2 + 0,22 \times X_3 + 0,0066 \times X_1^2 - 0,50 \times X_2^2.$$

При повышении температуры пастеризации молочно-растительных смесей от 70 до 90 °С выделение сыворотки из сгустков снижалось (рис. 1 и 2). Снижение способности сгустка к синерезису объясняется тем, что повышение температуры тепловой обработки молочно-растительной смеси приводит к усилению денатурации сывороточных белков молока, которые обладают большими гидратационными свойствами, чем казеин.

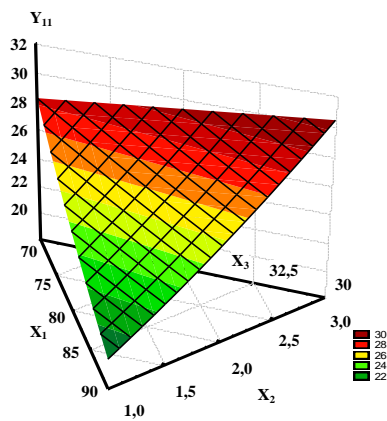


Рис. 1. Зависимость интенсивности синерезиса ( $Y_{11}$ ) для молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом от температуры пастеризации ( $X_1$ ), дозы закваски ( $X_2$ ) и температуры свертывания ( $X_3$ )

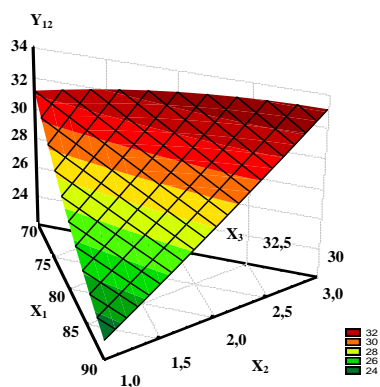


Рис. 2. Зависимость интенсивности синерезиса ( $Y_{12}$ ) для молочно-растительных смесей с кедровой мукой обезжиренной от температуры пастеризации ( $X_1$ ), дозы закваски ( $X_2$ ) и температуры свертывания ( $X_3$ )

Максимальное выделение сыворотки (32,5 % с кедровым жмыхом; 34,2 % с кедровой мукой обезжиренной) наблюдалось из сгустков, полученных из

пастеризованных при температуре 70 °С молочно-растительных смесей с внесением 3,0 % бактериальной закваски, скоагулированных при 40 °С. При повышении температуры пастеризации до 80 °С интенсивность выделения сыворотки из сгустков снизилась до 29,5 % (с кедровым жмыхом) и 32,3 % (с кедровой мукой обезжиренной). При температуре 90 °С выделение сгустком сыворотки снизилось до 26,4 и 29,3 % с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной соответственно. Таким образом, с повышением температуры пастеризации количество сыворотки, выделенной из сгустков с растительными добавками (с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной), снижается, что в целом согласуется с литературными данными [2, 3].

Самая низкая синеретическая способность сгустков отмечена при использовании дозы закваски 1 %. Так, объем выделившейся сыворотки из сгустков, полученных из молочно-растительных смесей, пастеризованных при температуре 70 °С, был равен 26,2 % (с кедровым жмыхом) и 30,2 % (с кедровой мукой), при температуре 80 °С – 22,6 и 27,0 %, при температуре 90 °С – 20,1 и 24,7 % с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной соответственно (температура свертывания во всех случаях 30 °С).

Анализ рис. 1 и 2 указывает на то, что интенсивность синерезиса зависит от дозы бактериальной закваски. С увеличением дозы закваски независимо от температуры пастеризации синерезис увеличивается. Объясняется это тем, что с повышением кислотности происходит нарастание концентрации молочной кислоты в сгустке, что приводит к повышению синерезиса.

Максимальное отделение сыворотки наблюдалось из сгустков, полученных из пастеризованных при температуре 70 °С и скоагулированных при 40 °С молочно-растительных смесей: при дозе бактериальной закваски 1,0 % объем выделившейся сыворотки составил 28,3 и 31,2 %; при внесении 2,0 % закваски – 30,4 и 33,7 %; 3,0 % закваски – 32,5 и 35,3 % соответственно с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной.

При температуре пастеризации 80 °С, при дозе бактериальной закваски 1,0 % объем выделившейся сыворотки был равен 24,7 % (27,7 %), при дозе закваски 2 % – 26,7 % (30,3 %), при дозе 3 % – 28,9 % (31,8 %) (температура коагуляции 40 °С) с кедровым жмыхом (кедровой мукой обезжиренной) соответственно.

Минимальное отделение сыворотки наблюдалось из сгустков, полученных из пастеризованных при температуре 90 °С молочно-растительных смесей: при дозе бактериальной закваски 1 % – 22,2 % (25,5 %), 2 % – 24,3 % (28,1 %), 3 % – 26,4 % (29,7 %) с кедровым жмыхом (кедровой мукой обезжиренной).

На интенсивность синерезиса определенное влияние оказывает температура свертывания. При повышении температуры свертывания от 30 до 40 °С независимо от температуры пастеризации и дозы закваски синерезис сгустков возрастает. Так, при температуре свертывания 70 °С и дозе бактериальной закваски 3 % количество выделившейся сыворотки при температуре свертывания 30 °С составило 30,4 % (с кедровым жмыхом) и 33,1 % (с кедровой мукой обезжиренной),

при 35 °С – 31,5 % (с кедровым жмыхом) и 34,2 % (с кедровой мукой обезжиренной), при 40 °С – 32,5 % (с кедровым жмыхом) и 35,3 % (с кедровой мукой обезжиренной).

Минимальное выделение сыворотки отмечено при температуре пастеризации 90 °С, дозе закваски 1 % и температуре свертывания 30 °С – 20,1 % (с кедровым жмыхом) и 23,3 % (с кедровой мукой обезжиренной).

Выход сырного продукта зависит от степени использования составных частей молока, главным образом белка и жира. О степени использования сухих веществ косвенно судили по содержанию сухих веществ в сыворотке.

Зависимость степени перехода сухих веществ в сыворотку от температуры пастеризации, дозы закваски, температуры свертывания выражается следующим уравнением регрессии.

Для молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом:

$$Y_{21} = 6,91 + 1,98 \times X_1 + 9,67 \times X_2 - 2,15 \times X_3 - 0,12 \times X_1 X_2 - 0,012 \times X_1^2 + 0,031 \times X_3^2.$$

Для молочно-растительных смесей с кедровой мукой обезжиренной:

$$Y_{22} = 89,09 + 0,0019 \times X_1 + 4,3 \times X_2 - 2,22 \times X_3 - 0,079 \times X_1 X_2 + 0,65 \times X_2^2 + 0,032 \times X_3^2.$$

Анализируя полученную математическую зависимость и графики (рис. 3 и 4), необходимо отметить, что повышение температуры пастеризации молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной с 70 до 90 °С не оказывает существенного влияния на степень перехода сухих веществ в сгусток. Уменьшение содержания сухих веществ в сыворотке объясняется денатурацией сывороточных белков, которые переходят в сгусток.

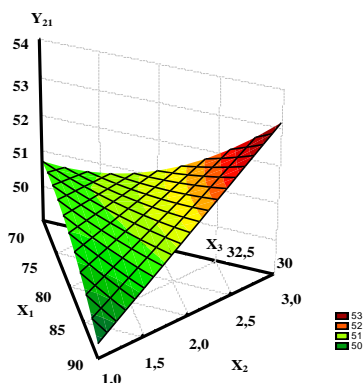


Рис. 3. Зависимость степени перехода сухих веществ в сыворотку ( $Y_{21}$ ) для молочно-растительных смесей с кедровым жмыхом от температуры пастеризации ( $X_1$ ), дозы закваски ( $X_2$ ) и температуры свертывания ( $X_3$ )

Минимальные потери сухих веществ отмечены при обработке сгустков, полученных из пастеризованных при температуре 90 °С молочно-растительных смесей, скоагулированных при температуре 35 °С и дозе закваски 3,0 %. Степень перехода сухих веществ в сыворот-

ку в этом варианте составила 46,2 и 47,9 % соответственно из сгустков с кедровым жмыхом и из сгустков с кедровой мукой обезжиренной.

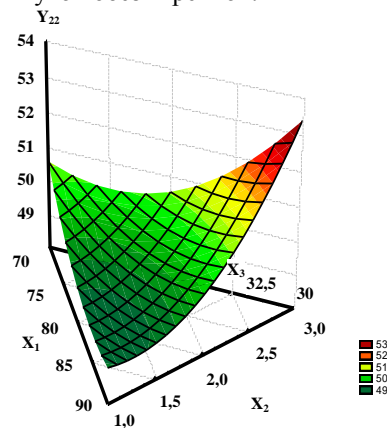


Рис. 4. Зависимость степени перехода сухих веществ в сыворотку ( $Y_{22}$ ) для молочно-растительных смесей с кедровой мукой обезжиренной от температуры пастеризации ( $X_1$ ), дозы закваски ( $X_2$ ) и температуры свертывания ( $X_3$ )

Из сгустков, полученных из пастеризованных при температуре 80 и 70 °С и скоагулированных при названных выше параметрах молочно-растительных смесей, степень перехода сухих веществ в сыворотку составила 50,5 и 50,2 %; 52,4 и 52,6 % соответственно из сгустков с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной. Таким образом, за счет повышения температуры пастеризации улучшается степень использования белков молока.

Влияние дозы бактериальной закваски на использование сухих веществ молока показано на рис. 3 и 4. По мере увеличения дозы закваски степень перехода сухих веществ в сыворотку увеличилась. При внесении 1 % закваски минимальное значение составило 48,6 % при обработке сгустков с кедровым жмыхом, полученных из пастеризованного молока при температуре 90 °С и скоагулированного при температуре 35 °С; при 2 % – 47,4 %; при 3 % – 46,2 %. При обработке сгустков с кедровой мукой обезжиренной – 48,3; 47,4 и 47,9 % соответственно.

Максимальное значение перехода сухих веществ в сыворотку наблюдалось при температуре пастеризации 70 °С, температуре свертывания 30 °С и составило: при 1 % закваски – 50,7 % (50,6 %); 2,0 % – 51,9 % (51,3 %); 3,0 % – 52,4 % (52,6 %) с кедровым жмыхом (с кедровой мукой обезжиренной).

При обработке сгустка, полученного из молочно-растительной смеси, скоагулированной при температуре от 30 до 35 °С, степень перехода сухих веществ в сыворотку снижалась, что видно на графиках рис. 3 и 4. В сыворотке из сгустков с кедровым жмыхом, полученных при температуре свертывания 30 °С, степень перехода сухих веществ равнялась 50,0 % (с кедровым жмыхом) и 49,8 % (с кедровой мукой обезжиренной), при температуре 40 °С – 50,8 % (с кедровым жмыхом) и 50,6 % (с кедровой мукой обезжиренной), при температуре свертывания 35 °С – 48,6 % (с кедровым жмыхом) и 49,2 % (с кедровой мукой обезжиренной), при этом парамет-

ры температуры пастеризации и доза закваски были неизменны: 70 °С и 1,0 %.

### Выводы

Выделение сыворотки из молочно-растительных сгустков с кедровым жмыхом и кедровой мукой обезжиренной и переход сухих веществ в сгусток является результатом взаимодействия всех трех факторов: температуры пастеризации молочно-растительной смеси, дозы закваски и температуры свертывания.

Максимальное выделение сыворотки из сгустков достигается из пастеризованных при темпера-

туре 70 °С молочно-растительных смесей (с кедровым жмыхом и с кедровой мукой обезжиренной) при внесении 3,0 % бактериальной закваски, скоагулированных при температуре 40 °С.

Максимальная степень перехода сухих веществ в сгусток достигается при соблюдении следующих технологических режимов: температура пастеризации (85±2) °С, доза закваски (1,25±0,25) %, температура свертывания (33±2) °С.

### Список литературы

1. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 3: Сыры / В.В. Кузнецов, Г.Г. Шиллер; под общ. ред. Г.Г. Шиллера. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 512 с.
2. Захарова, Л.М. Научно-практические аспекты производства функциональных продуктов из молока и злаков / Л.М. Захарова. – Кемерово, 2005. – 195 с.
3. Юрченко, Н.А. Биотехнологические основы производства комбинированных сыров / Н.А. Юрченко. – Новосибирск: ИПЦ «Юпитер», 2006. – 180 с.
4. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи, 2005. – 296 с.

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

**M.A. Subbotina, M.V. Bakanov, T.G. Kolesnikova**

### OPTIMIZATION OF ACID-RENNET COAGULATION PARAMETERS OF MILK-PLANT MIXES

The article presents the results of defining the rational modes of milk-plant mix coagulation with cedar oil cake and cedar fat-extracted flour. We investigated the influence of the temperature of pasteurization, the dose of bacterial ferment, the temperature of coagulation on the processes of whey separation from the curd and the transition of solids into the whey during coagulation. The equations of regression reflecting the dependence of these processes on the studied factors have been obtained. Estimated were the main parameters of the technological regimes when the maximum whey separation from the curd and the maximum transition of solids into the whey during coagulation take place.

Acid-rennet coagulation, milk-plant mix, bacterial ferment, cedar oil cake, cedar fat-extracted flour.

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

