

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 637.1/3

Л.А. Бобракова, А.В. Мамаев, Н.Д. Родина
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», Орел

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОГАЩЕННОГО ЗЕРНЕНОГО ТВОРОГА

Ключевые слова: зерненный творог, реологические характеристики, молочно-белковые концентраты, обогащение, эффективная вязкость.

Для обеспечения максимального выхода разработана технология производства зерненого творога, обогащенного сухими молочно-белковыми концентратами, которые изменяют технологические параметры производства. Определенный научный и практический интерес представляют исследования влияния на реологические свойства кислотно-сычужного сгустка изменения рецептуры смеси и динамики кислотно-сычужного свертывания молока.

Обогащение молока сухими концентратами сокращает продолжительность технологического процесса производства и экономические затраты при повышении рентабельности производства творога.

L. Bobrakova, V. Mamaev, N. Rodina
FSBEI HE "Orel State Agrarian University", Orel

A STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES IN THE PRODUCTION OF ENRICHED GRANULATED COTTAGE CHEESE

Keywords: Cottage cheese, rheological properties, dairy protein concentrates, enrichment, effective viscosity.

In order to gain a maximum output the technology for production of cottage cheese enriched with dairy-protein concentrates was developed. This leads to technological modifications of manufacturing parameters. Some scientific and practical interest lays hereby in the study of the influence of the blend receipt variation on the flow properties of a rennin curd and renneting dynamics.

Milk enrichment with solid concentrates shortens the process of production and reduces cost with noticeable profitability increase.

Введение. Реология рассматривает процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями и течением разнообразных вязких и пластических материалов (неньютоновских жидкостей,

дисперсных систем и др.), а также явления релаксации напряжений, упругого последействия. Экспериментальная реология (реометрия) определяет различные реологические свойства веществ с помо-

щью специальных приборов и испытательных машин [3].

Научный и практический интерес представляют исследования влияния на реологические свойства кислотно-сычужного сгустка при варьировании рецептуры смеси и получения динамики кислотно-сычужного свертывания молока [1].

Производство обогащенного зерненого творога – сложный технологический процесс. Один из основных процессов при изготовлении зерненого творога – заквашивание и сквашивание. При обогащении молока-сырья сухими молочными концентратами в производстве зерненого творога процесс образования молочного сгустка сокращается во времени. Большое значение для получения творожного зерна хорошего качества и предупреждения его распыления при отваривании имеет качество самого молочного сгустка исследуемого в процессе производства [2]. Для прогнозирования качества готового творожного зерна необходимо изучение влияния нормализации молока-сырья сухими молочными концентратами на процесс образования молочного сгустка, а также исследования реологических показателей сгустков в динамике.

Объекты и методика исследований. Для исследования обогащенного зерненого творога были подготовлены идентичные образцы зерненого творога, выработанного при использовании сухого молока и белка. Один из образцов был принят за контроль.

В зависимости от содержания белка в молоко-сырье в исследуемые образцы вводился концентрированный сухой белок. В контрольный образец белок не вводился.

Нормализацию обезжиренного молока сухим концентрированным белком или сухим обезжиренным молоком осуществляли с учетом массовой доли белка или сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в молоко-сырье и массовой доли белка в сухом концентрате или СОМО в сухом обезжиренном молоке.

Для определения количества вносимого белка рассчитывали отношение разницы массовой доли белка в молоко-сырье и нормализованном молоке к разнице массовой доли белка в сухом концентрате и нормализованном молоке по формуле 1.

$$K_{\text{б}} = \frac{M_{\text{м}} \cdot (K_{\text{б.м.}} - K_{\text{б.н.м.}})}{K_{\text{б.с.к.}} - K_{\text{б.н.м.}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{б}}$ – количество необходимого сухого концентрата, г;

$K_{\text{б.м.}}$ – массовая доля белка в молоко-сырье, %;

$K_{\text{б.н.м.}}$ – массовая доля белка в нормализованном молоке, %;

$K_{\text{б.с.к.}}$ – массовая доля белка в сухом концентрате, %;

$M_{\text{м}}$ – количество заквашиваемого молока, г.

Для определения количества вносимого сухого обезжиренного молока (СОМО) рассчитывали отношение разницы содержания СОМО в молоко-сырье и нормализованном молоке к разнице содержания СОМО в сухом обезжиренном молоке и нормализованном молоке по формуле 2.

$$K_{\text{с.м.}} = \frac{M_{\text{м}} \cdot (K_{\text{с.м.}} - K_{\text{с.н.м.}})}{K_{\text{с.с.м.}} - K_{\text{с.н.м.}}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{с.м.}}$ – количество необходимого СОМО, г;

$K_{\text{с.м.}}$ – СОМО в молоко-сырье, %;

$K_{\text{с.н.м.}}$ – СОМО в нормализованном молоке, %;

$K_{\text{с.с.м.}}$ – СОМО в сухом обезжиренном молоке, %.

При нормализации молока получили три образца: образец 1 содержал сухой белковый концентрат для нормализации по массовой доли белка в обезжиренном молоке до 3,2 %; образец 2 содержал сухое обезжиренное молоко для нормализации по массовой доле сухих веществ в обезжиренном молоке до 9,5 %; контрольный образец – не содержал сухих концентратов. Рецепт на творожное зерно приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт на творожное зерно

Наименование сырья	Масса компонентов, кг		
	образец 1	образец 2	образец 3 (контрольный)
Молоко обезжиренное	1000	1000	1000
Сухой концентрированный белок (54%):	7,8	-	-
СОМ	-	22,36	-
Сычужный фермент	1	1	1
Закваска	50	50	50
Хлорид кальция	1	1	1
Итого	1059,8	1074,36	1052

Из данных образцов нормализованного молока вырабатывали обогащенный зерненный творог.

В процессе выработки проводились реологические исследования сгустков. Под действием внешней нагрузки в любом продукте возникают деформации и напряжения, которые зависят от состава и строения выбранных объектов исследования, являясь мерой сил внутреннего взаимодействия между элементами их структуры. Реологические свойства сгустков исследовались в цилиндрическом измерительном устройстве ротационного вискозиметра РЕОТЕСТ-2. Использовался диапазон касательного напряжения – I. Ячейка Н. Число оборотов двигателя 1500 мин⁻¹.

Производили расчет касательного напряжения по формуле 3:

$$\tau_r = \frac{\alpha}{Z} \cdot Pa, \quad (3)$$

где Z – константа цилиндра, 23,3
 α – значение, отсчитанное со шкалы индикаторного прибора (дел. шкалы).

Производили расчет эффективной вязкости по формуле 4:

$$\eta = \frac{\tau_r}{D_r} \cdot Pa \cdot c, \quad (4)$$

где D_r – градиент напряжения на срез, с⁻¹

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлен график зависимо-

сти качества сгустка от продолжительности свертывания молока и этапы образования сгустка: I этап – молоко без сгустка; II этап – начало образования сгустка; III этап – хороший плотный сгусток; IV этап – начало стадии синерезиса; V этап – ухудшение качества сгустка.

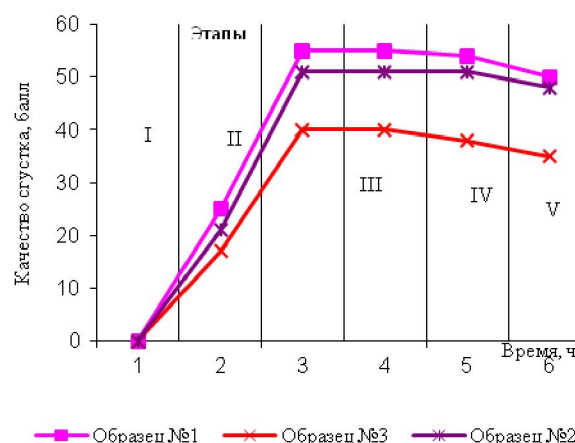


Рисунок 1 – График зависимости качества сгустка от продолжительности свертывания молока

Установлено, что образец 1 обладает лучшими реологическими параметрами (пластичность, вязкость, упругость). Уже на второй час сквашивания сгусток данного образца стал образовываться более интенсивно, чем в остальных образцах.

При исследовании и расчете эффективной вязкости в зависимости от времени сквашивания молока получены данные, представленные на рисунках 2 - 7.

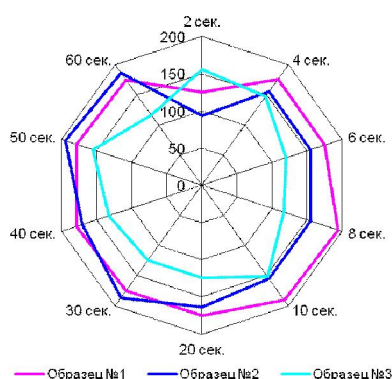


Рисунок 2 – Эффективная вязкость образцов (2,а, I, время сквашивания - 3,5 часа), Па•с

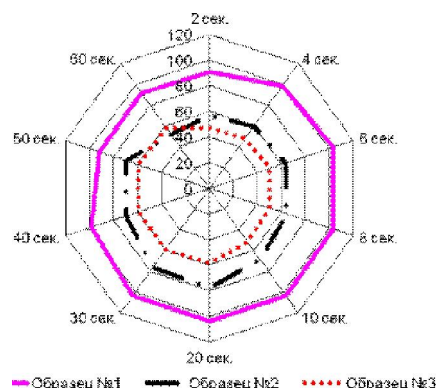


Рисунок 3 – Эффективная вязкость образцов (4,а, I, время сквашивания - 3,5 часа), Па•с

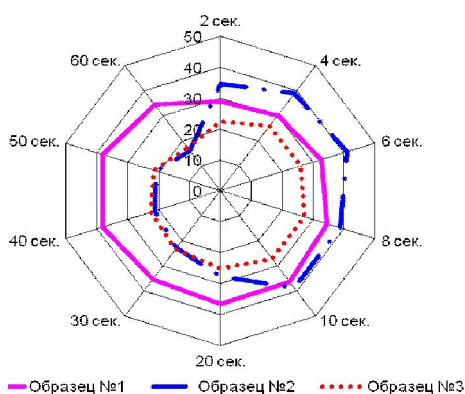


Рисунок 4 – Эффективная вязкость образцов (6,а, I, время сквашивания - 4 часа), Па•с

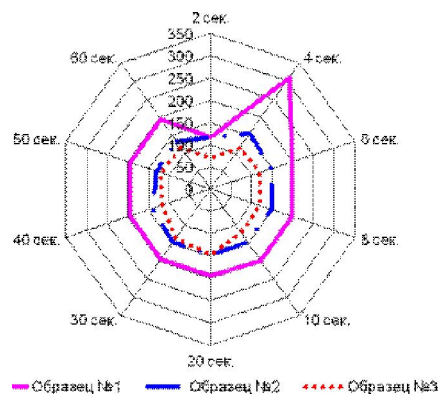


Рисунок 5 – Эффективная вязкость образцов (2,а, I, время сквашивания - 4 часа), Па•с

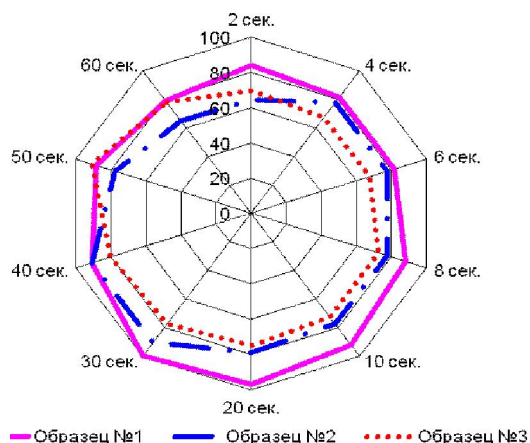


Рисунок 6 – Эффективная вязкость образцов (4,а, I, время сквашивания - 4,5 часа), Па•с

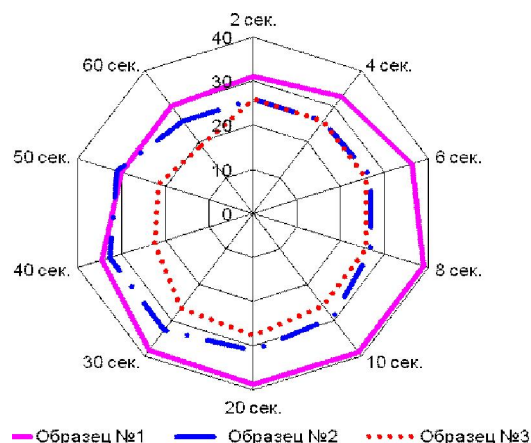


Рисунок 7 – Эффективная вязкость образцов (6,а, I, время сквашивания - 4,5 часа), Па•с

При рассмотрении эффективной вязкости, при заданных условиях в зависимости от времени воздействия на исследуемое вещество установлено, что более высокими показателями отличается пер-

вый образец. Эффективная вязкость образцов 1 и 2 при заданных условиях (2,а, I,) и времени сквашивания 3,5 часа существенно не отличалась друг от друга и находилась в пределах 170-190 Па•с, а

у образца 3 эффективная вязкость составляла 124 Па·с, что значительно ниже показателей у 1-го и 2-го образцов. При изменении заданных условий (4,а,1,) и времени сквашивания 3,5 часа эффективная вязкость образцов 2 и 3 была значительно ниже 46 – 77 Па·с, чем у образца 1, эффективная вязкость которого была в пределах 90 – 103 Па·с. При заданных условиях (6,а,1,) и времени сквашивания 4,5 часа эффективная вязкость образцов 2 и 3 находилась в пределах 18 – 25 Па·с, а у образца 1- 30 – 38 Па·с. Это связано с тем, что молочный сгусток при производстве зерненого творога из молока, обогащенного сухими концентратами, образуются и уплотняются быстрее. Таким образом, установлено, что сгустки образцов с добавлением сухих концентратов быстрее достигают значений необходимого pH,

т.е. готовы к разрезанию.

Применение обезжиренного молока в качестве сырья для зерненого творога увеличивает скорость формирования сгустка и синерезиса. Установлено, что плотность, рассыпчатость, упругость и обезвоженность сгустка возрастают при увеличении концентрации натурального молока, следовательно, структура сгустка формируется в процессе его уплотнения. При повышении концентрации возрастает также плотность белковой сетки. Т.е., образец №1, в составе которого использовался сухой концентрированный белок, имеет более прочный сгусток (белковую сетку) по сравнению с остальными опытными образцами. Это подтвердилось и при исследовании эффективной вязкости сгустков в процессе сквашивания (табл. 2)

Таблица 2 – Эффективная вязкость сгустков в процессе сквашивания молочной смеси

Параметры продукта			Исследования	Эффективная вязкость при данных условиях, Па с	Уравнение регрессии
время сквашивания	pH сгустка	номер образца			
3,5 часа	5,40±0,15	образец №1	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	178,63±0,19	$y = 146,93x + 0,1085$ R2 = 0,435
	5,55±0,11	образец №2	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	170,87±0,12	$y = 108,6x + 0,2516$ R2 = 0,7975
	5,88±0,21	образец №3	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	124,27±0,14	$y = 146,61x - 0,0621$ R2 = 0,1433
3,5 часа	5,40±0,15	образец №1	Н ячейка, 4,а,1, 20°C	98,38±0,12	$y = 97,591x + 0,0079$ R2 = 0,0103
	5,55±0,11	образец №2	Н ячейка, 4,а,1, 20°C	69,90±0,13	$y = 59,215x + 0,0659$ R2 = 0,1415
	5,88±0,21	образец №3	Н ячейка, 4,а,1, 20°C	58,25±0,13	$y = 44,784x + 0,1239$ R2 = 0,8526
4 часа	5,36±0,22	образец №1	Н ячейка, 6,а,1, 20°C	36,24±0,13	$y = 28,956x + 0,1138$ R2 = 0,8179
	5,39±0,25	образец №2	Н ячейка, 6,а,1, 20°C	30,20±0,14	$y = 47,92x - 0,3418$ R2 = 0,5472
	5,77±0,19	образец №3	Н ячейка, 6,а,1, 20°C	25,030,19	$y = 26,5x - 0,0761$ R2 = 0,1631
4 часа	5,36±0,22	образец №1	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	194,17±0,13	$y = 172,82x + 0,0783$ R2 = 0,0614
	5,39±0,25	образец №2	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	147,57±0,12	$y = 135,73x + 0,0248$ R2 = 0,0458
	5,77±0,19	образец №3	Н ячейка, 2,а,1, 20°C	120,38±0,14	$y = 87,679x + 0,1889$ R2 = 0,5002

продолжение таблицы 2					
4,5 часа	5,06±0,62	образец №1	Н ячейка, 4,а,І, 20 ⁰ С	91,910,19	$y = 0,509x + 85,34$ $R^2 = 0,051$
	5,17±0,65	образец №2	Н ячейка, 4,а,І, 20 ⁰ С	77,670,19	$y = 0,635x + 74,30$ $R^2 = 0,049$
	5,70±0,17	образец №3	Н ячейка, 4,а,І, 20 ⁰ С	75,08±0,12	$y = 1,915x + 64,54$ $R^2 = 0,683$
4,5 часа	5,06±0,62	образец №1	Н ячейка, 6,а,І, 20 ⁰ С	32,79±0,13	$y = -0,216x + 36,18$ $R^2 = 0,031$
	5,17±0,65	образец №2	Н ячейка, 6,а,І, 20 ⁰ С	29,34±0,12	$y = 0,522x + 25,94$ $R^2 = 0,295$
	5,70±0,17	образец №3	Н ячейка, 6,а,І, 20 ⁰ С	25,89±0,13	$y = -0,638x + 28,19$ $R^2 = 0,499$

Эффективная вязкость образца № 1 при равных заданных условиях на порядок выше, чем у других опытных образцов сгустка. Так, при времени сквашивания 3,5 часа эффективная вязкость при данных условиях (Н ячейка, 2,а,І, 20 °С) у образца № 1 составила 178,63 Па•с, а у контрольного образца - 124,27 Па•с. При времени сквашивания 4,5 часа эффективная вязкость при данных условиях (Н ячейка, 6,а,І, 20 °С) у образца № 1 составила 32,79 Па•с, а у контрольного образца - 25,89 Па•с, что на 6,90 Па•с меньше.

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что сгустки опытных образцов молочных смесей, предназначенных для выработки зерненого творога с добавлением сухих концентратов, быстрее достигают необходимых значений рН и готовы к разрезанию для дальнейшей обработки. Уравнение регрессии показывает корреляционную зависимость между количеством вноси-

мого сухого концентрата, временем сквашивания и активной кислотностью сгустка. У образца №3 коэффициент детерминации выше, чем у остальных образцов, что свидетельствует о соответствии, обеспечиваемом уравнением регрессии. Обогащение молока сухими концентратами сокращает технологический процесс производства и сокращает экономические затраты при повышении рентабельности производства зерненого творога.

Библиографический список

1. Аввакумов, А.К. Микроструктурный анализ молока и молочных продуктов [Текст]: учебное пособие / А.К. Аввакумов, Н.Г. Алексеев и др. – СПб.: ГИОРД, 1993. – 58 с.
2. Горбатова, А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст] / А.В. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1995.
3. Домашний сыр – решение проблем [Текст] // Молочная промышленность. – 2008. – № 1. – С. 41-42.