

*Т.И. Шингарёва, Н.А. Скапцова, М.А. Глушаков*

*Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ И СПОСОБА КОАГУЛЯЦИИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Исследованы структурно-механические характеристики белковой продукции, полученной из различного молочного сырья способом термокислотной коагуляции, и творога, полученного кислотной коагуляцией. Установлена разница в формировании реологических параметров: прочности, упругости, пластичности, в зависимости от способа коагуляции, состава и свойств молочного сырья.*

**Введение.** Сегодня актуальным является расширение выпуска белковой продукции по интенсивным технологиям. В этой связи наряду с кислотной коагуляцией молока заслуживает внимание термокислотный способ, который выгодно отличается от кислотного более коротким технологическим циклом и возможностью коагулировать не только казеин (основной белок молока), но и сывороточные белки. Последние, как известно, содержат незаменимые аминокислоты, что повышает биологическую ценность белковой продукции.

Кислотный способ коагуляции молока изучен достаточно хорошо [1, 2]. Для этого способа в настоящий период используется технологическое оборудование, позволяющее с высокой степенью автоматизации вырабатывать различные виды творога. Что касается термокислотного способа коагуляции, он не так хорошо изучен. Его применение в сыроделии Беларуси началось только с середины прошлого столетия. Сегодня для этого способа не применяются специальные технологические линии на предприятиях молочной промышленности.

Целью данной работы являлось исследование структурно-механических характеристик белковых молочных продуктов, полученных из различного молочного сырья способом термокислотной коагуляции и творога, полученного на основе кислотной коагуляции молока.

### **Основная часть**

Объектами исследований явились:

*продукты на основе кислотной коагуляции молока:*

- творог жирный (11,0 %);
- творог обезжиренный;

*продукты на основе термокислотной коагуляции различного молочного сырья:*

- белковая масса жирная, полученная из натурального цельного молока (Натур ЦМ);
- белковая масса обезжиренная, полученная из натурального обезжиренного молока (Натур ОБМ);
- белковая масса обезжиренная, полученная из восстановленного обезжиренного молока (ВсОБМ 8,5 %);
- белковая масса обезжиренная, полученная из восстановленного обезжиренного молока с повышенным содержанием сухих веществ (16 %) (ВсОБМ 16 %).

Исследование образцов, полученных на основе молока натурального обезжиренного и цельного (3,6 %), проводилось для установления влияния массовой доли жира на структурно-механические свойства белковой продукции.

Эксперимент проходил следующим образом. Творог жирный и обезжиренный получали в производственных условиях (СТБ 315-2009), а образцы продукции способом термокислотной коагуляции молочного сырья вырабатывали в лабораторных условиях. При этом коагуляцию молочного сырья проводили при температуре  $(85\pm 2)^\circ\text{C}$  с выдержкой

5 мин. В качестве коагулянта применяли творожную сыворотку кислотностью  $(65 \pm 5)^\circ\text{T}$ .

При исследовании структурно-механических свойств предел прочности образцов продукции определяли по методу, основанному на установлении величины относительной деформации заготовки исследуемого продукта, возникшей под действием нормальной нагрузки, с последующим расчетом величины напряжения сжатия [3, 4].

Прибор для нормального нагружения заготовки исследуемого продукта представлен на рисунке 1.

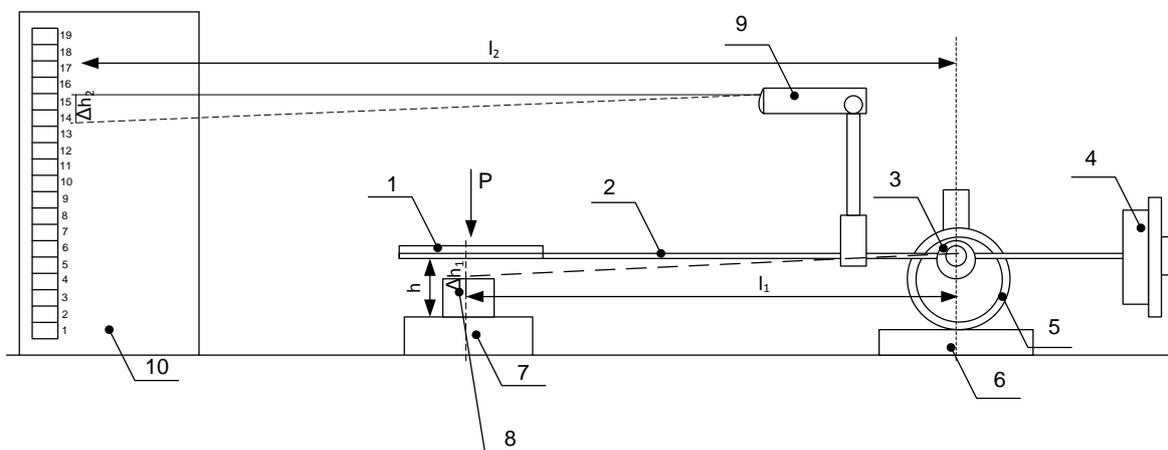


Рисунок 1 – Прибор для определения структурно-механических характеристик твердых продуктов

Рабочим органом прибора является предметный столик 1, представляющий собой жесткий стальной диск. На предметный столик устанавливаются грузы с заданным весом. Предметный столик прикреплен через балку 2 к шарниру 3 и может перемещаться только вниз или вверх. Для уравновешивания системы используется противовес 4. Шарнир подвижно соединен со стойкой 5 на платформе 6. Заготовка исследуемого продукта 8 размещается на платформе 7. Для удобства фиксирования небольших деформаций ( $\Delta h_1$ ), возникающих в заготовке исследуемого продукта под внешней нагрузкой используется принцип рычага. На балке прибора жестко закреплен лазерный указатель 9, луч

которого проецируется на линейку 10, удаленную от прибора на расстояние ( $l_2$ ), составляющее не менее 2 м. При этом соблюдается правило: во сколько раз расстояние  $l_2$  больше, чем  $l_1$  (расстояние от соединения шарнира и стойки до центра заготовки исследуемого продукта) во столько раз величина перемещения проекции лазерного луча  $\Delta h_2$  больше реальной деформации заготовки продукта  $\Delta h_1$  (формула 1):

$$\Delta h_1 = \Delta h_2 \frac{l_1}{l_2} \quad (1)$$

Величина нагрузки, вызвавшей разрушение заготовки продукта, является критической и характеризует предел прочности ( $P_{кр}$ ) исследуемого продукта или его предельное напряжение сжатия. С учетом этого в ходе эксперимента увеличение нагрузки прекращали, как только в заготовке исследуемого образца продукции проявлялись явные признаки разрушения.

Для каждой зафиксированной экспериментальной точки (нагрузка + показания по линейке) рассчитывали величину напряжения, приложенного к заготовке образца продукции, из формулы (2):

$$\theta = \frac{Mg}{ab} \quad (2)$$

где  $\theta$  – напряжение сжатия, приложенное к заготовке продукта, Па;

$M$  – общая масса груза, вызвавшего разрушение заготовки продукта, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$a$  – длина заготовки, м;

$b$  – ширина заготовки, м.

Упругие свойства исследуемых образцов продукции определяли после установления предела прочности. Для этого заготовку исследуемого продукта помещали на платформу 7 (рис. 1) и к нему сразу

прилагали нагрузку, равную половине его предела прочности ( $P_{кр}$ ), выдерживали 1 с и фиксировали положение проекции лазерного луча по линейке. После этого быстро снимали нагрузку и каждые 5 с фиксировали положение проекции лазерного луча на линейке до полной остановки процесса восстановления исследуемого образца.

Определение вязких свойств продукции проходило аналогичным образом: к исследуемому образцу прилагали нагрузку равную половине его предела прочности ( $P_{кр}$ ), при этом одновременно включали секундомер и каждый 5 с фиксировали положение проекции лазерного луча на линейке до полного прекращения деформации заготовки исследуемого продукта.

Состав молочного сырья, способы коагуляции и физико-химические показатели образцов белковой продукции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели молочного сырья и белковой продукции

Образец	Состав молочного сырья	Способ коагуляции	Массовая доля в белковом продукте, %		
			сухих веществ	жира	влаги
1	2	3	4	5	6
Творог жирный	молоко натуральное цельное, массовая доля сухих веществ 11,5%, жира 3,6%	кислотный	32	11	68
Творог обезжиренный	молоко обезжиренное, массовая доля сухих веществ 8,5%	кислотный	27	-	73
Белковая масса № 1	молоко натуральное цельное, массовая доля сухих веществ 11,5%, жира 3,6%	термокислотная	35	17	65
Белковая масса № 2	молоко обезжиренное, массовая доля сухих веществ 8,5%	термокислотный	33	-	67

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Белковая масса № 3	молоко восстановленное обезжиренное, массовая доля сухих веществ 8,5%	термокислотный	30	-	70
Белковая масса № 4	молоко восстановленное обезжиренное, массовая доля сухих веществ 16%	термокислотный	37	-	63

Исследование прочностных характеристик белковой продукции, полученной кислотной коагуляцией молока натурального цельного и обезжиренного, показало, что кислотный способ коагуляции обеспечивает получение белковой продукции, обладающей сравнительно малой прочностью и упругостью, но ярко выраженными вязкими характеристиками (рис. 2-4).

Влияние молочного жира и влаги в твороге на структурно-механические свойства продукции показало следующее. Так, творог обезжиренный, имея большую влагу, в сравнении с творогом жирным, обладает несколько меньшей прочностью (рис. 2), но быстрее восстанавливает форму (рис. 4) после деформации (упругость), при этом его вязкие свойства практически одинаковые с творогом жирным (рис. 3).

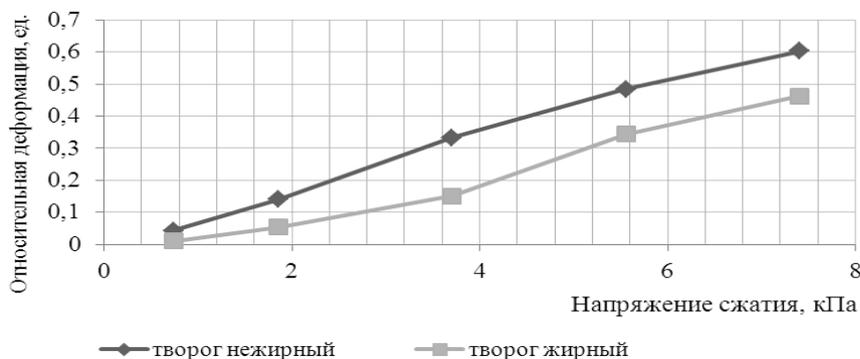


Рисунок 2 – Влияние напряжения сжатия на относительную деформацию продукции (прочность)

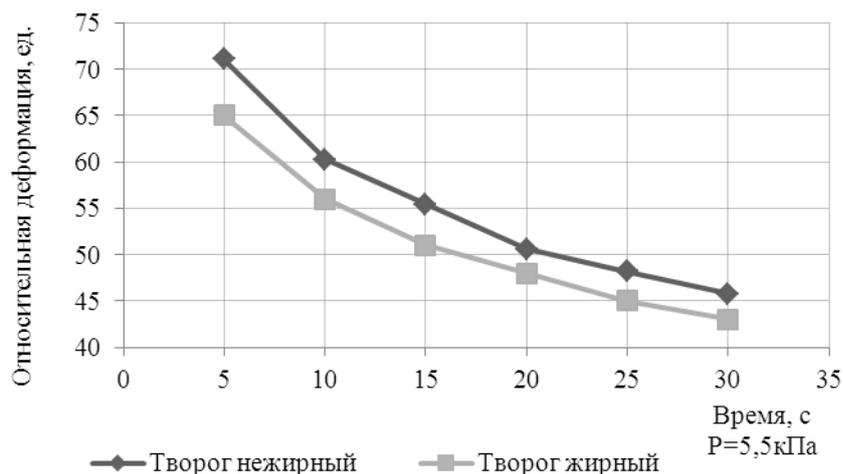


Рисунок 3 – Зависимость относительной деформации творога от продолжительности выдержки образцов под нагрузкой (вязкость)

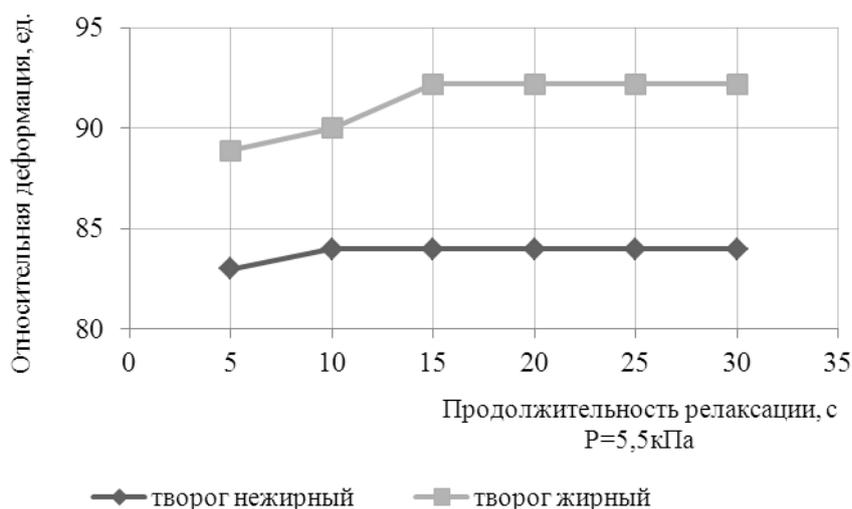


Рисунок 4 – Зависимость относительной деформации творога от продолжительности релаксации образцов (упругость)

Таким образом, исследование прочностных характеристик творога, показывает, что кислотный способ коагуляции молока не обеспечивает упругих свойств белковой продукции, но способствует формированию хорошо выраженных вязкостных характеристик продукции. При этом, присутствие молочного жира в твороге жирном (11 %) способствуют повышению предела прочности продукции.

Исследование физико-химических характеристик образцов белковой продукции, выработанной способом термокислотной коагуляции из молочного сырья разного состава и свойств (натурального цельного и

натурального обезжиренного, восстановленного обезжиренного с массовой долей сухих веществ 8,5 и 16 %), и их влияние на реологические показатели отражено на рисунках 5-7.

Выявлено, что способ коагуляции молока оказывает существенное влияние на структурно-механические свойства продукции. Так образцы белковой массы, полученной способом термокислотной коагуляции, независимо от свойств молочного сырья, в сравнении с творогом, где применяли кислотную коагуляцию молока (рис. 2), способны выдерживать большую нагрузку при нагружении образцов, то есть обладают большим пределом прочности. Причем им также характерна большая упругость (рис. 3, 6), но значительно меньшая вязкость (рис. 4, 7). При этом, в отличие от кислотной коагуляции, присутствие молочного жира существенно влияет на структурно-механические характеристики исследуемой продукции. Так как белковая масса, полученная из натурального цельного молока (3,6 %), в сравнении с молоком обезжиренным разного состава, обладает наименьшей прочностью и упругостью (рис. 5, 7).



Рисунок 5 – Влияние напряжения сжатия на относительную деформацию белковой массы (прочность), полученной способом термокислотной коагуляции молочного сырья

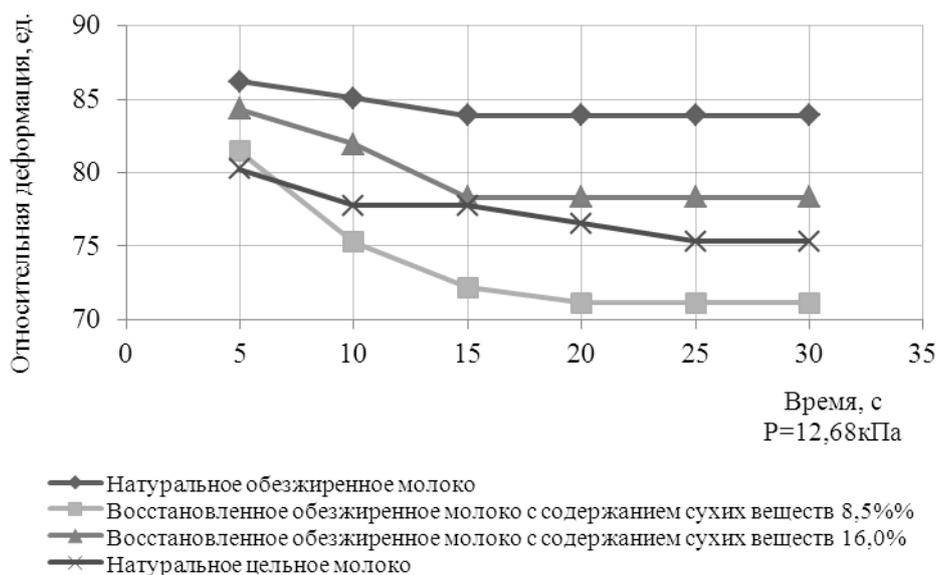


Рисунок 6 – Зависимость относительной деформации от продолжительности выдержки под нагрузкой продукции (вязкость), полученной способом термокислотной коагуляции молочного сыря

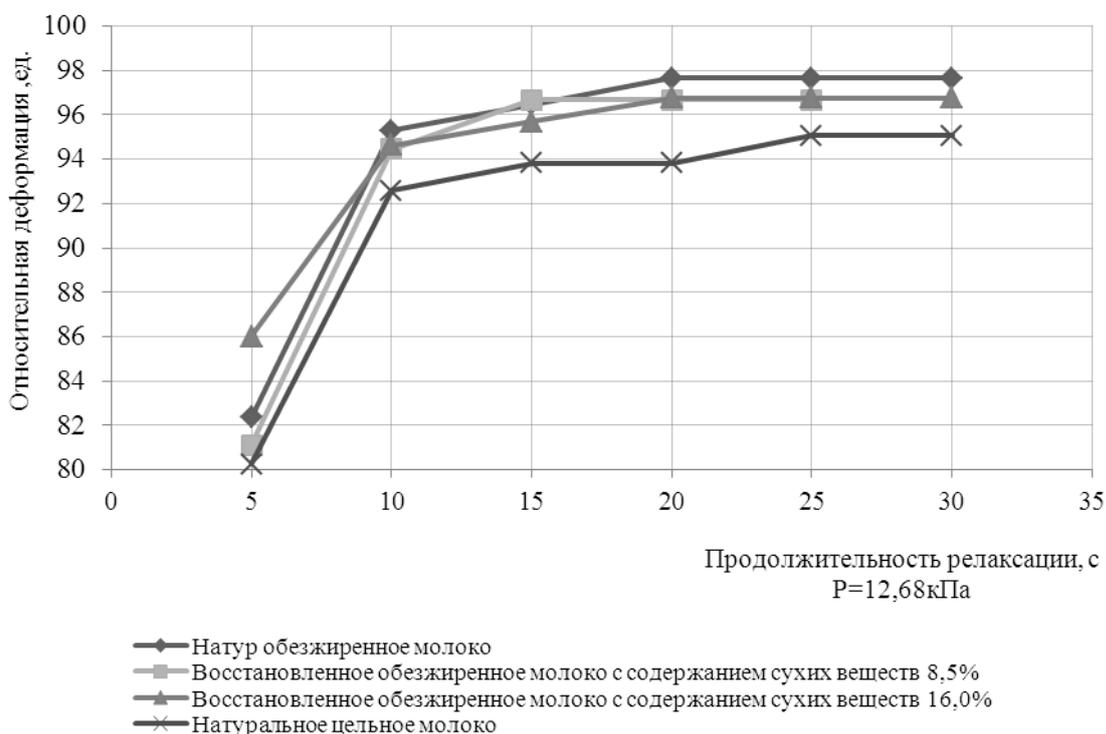


Рисунок 7 – Зависимость относительной деформации от продолжительности релаксации продукции (упругость), полученной способом термокислотной коагуляции молочного сыря

Что касается белковой продукции, полученной из восстановленного обезжиренного молока, выявлено, что здесь массовая доля сухих

веществ, существенного влияния на структурно-механические свойства не оказывает, за исключением вязкости (рис. 5-7).

Сравнение образцов продукции из натурального и восстановленного обезжиренного молока выявили заметное влияние состава сырья на вязкостные характеристики продукции (рис. 6). Это вероятно связано с изменениями технологических свойств сухого молока на стадии его получения в процессе сушки [5]. В результате, в сравнении с натуральным обезжиренным молоком, такое молоко способствует большему удержанию влаги в белковой продукции при термокислотной коагуляции (табл. 1).

Полученные данные могут быть использованы при разработке новых технологий белковых продуктов из молочного сырья разными способами коагуляции, а также оптимизации технологических параметров производства и фасовки белковых продуктов.

**Заключение.** Определены структурно-механические характеристики белковых молочных продуктов, полученных способом кислотной (творог) и термокислотной коагуляции. Выявлено, что кислотный способ позволяет получать белковые продукты с явно выраженными пластичными свойствами, при этом молочный жир способствует повышению прочности творога. У продукции, полученной термокислотным способом, преобладают упругие свойства, которые еще больше возрастают при отсутствии молочного жира, при этом применение восстановленного молока, в качестве молочного сырья, способствует повышению вязкости белковой продукции.

## Литература

1. Гудков, С.А. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под редакцией С.А. Гудкова. – М.: Дели принт, 2003. – 627с.

2. Горбатова, К.К. Химия и физика молока: учебник для вузов / К.К. Горбатова.- СПб.: ГИОРД, 2003. – 288 с.

3. Крусъ, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ – М.: Колос, 2002. – 367 с.

4. Брусиловский, Л.П. Инструментальные методы и экспресс-анализаторы для контроля состава и качества молока и молочных продуктов / Л.П. Брусиловский – М.: Молочная промышленность, 1997. – 48 с.

5. Липатов, Н.Н. Восстановленное молоко / Н.Н. Липатов, К.И. Тарасов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.

*T.I.Shingareva, H.A Skaptsova, M.A.Glushakov*

## **INFLUENCE OF DAIRY RAW MATERIALS AND COAGULATION MEAN ON STRUCTURALLY-MECHANICAL CHARACTERISTIC ALBUMINOUS PRODUCTION**

### **Summary**

Structurally-mechanical characteristics of the albuminous production received from various dairy raw materials by a mean of thermoacid coagulation, and the cottage cheese received by acid coagulation are investigated. The difference in formation of rheological parametres is positioned: hardness, elasticity, plasticity, depending on a mean of coagulation, composition and properties of dairy raw materials.