

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С ОВСЯНЫМИ ХЛОПЬЯМИ

Т.Л. Шуляк, Н.Ф. Коротченко, А.А. Стриханова

Исследован процесс структурообразования сгустка при производстве комбинированного молочного продукта – ряженки с овсяными хлопьями. Выделено три стадии формирования сгустка: индукционный период, стадия флоккуляции и стадия метастабильного равновесия. Показано, что в ряженке с овсяными хлопьями образование сгустка происходит более интенсивно по сравнению с традиционной ряженкой. Исследованы реологические свойства (вязкость, способность восстанавливать структуру после механического воздействия) разработанного комбинированного продукта. Установлено, что применение овсяных хлопьев при производстве ряженки способствует увеличению вязкости продукта и лучшему восстановлению структуры сгустка после механического воздействия.

Введение

Главной задачей, стоящей перед пищевой промышленностью на современном этапе, является удовлетворение физиологических потребностей населения в высококачественных, биологически полноценных и экологически безопасных продуктах, обладающих определенными функциональными свойствами. Разработка продуктов функционального питания может быть реализована за счет их многокомпонентности и, в частности, благодаря комбинированию молочного сырья с компонентами растительного происхождения. Именно молочно-растительные системы наиболее полно соответствуют формуле сбалансированного питания. Особый интерес в этом отношении представляют злаки. Злаки обладают уникальными свойствами, позволяющими использовать их для профилактики ряда заболеваний потенциально здорового населения. Возможность включения злаковых добавок различного химического состава и физиологической направленности в молочные продукты может обеспечить конструирование продуктов питания повышенной пищевой ценности и обладающих защитными комплексами. Злаковые добавки являются источником белков, минеральных веществ, витаминов, пищевых волокон и других ценных компонентов и способствуют повышению сопротивляемости организма вредному воздействию окружающей среды [1, 2].

На кафедре технологии молока и молочных продуктов Могилевского государственного университета продовольствия проводятся исследования по созданию научно обоснованной технологии производства комбинированного молочного продукта – ряженки с овсяными хлопьями [3]. Овсяные хлопья обладают набором биологически ценных веществ и оказывают обволакивающее воздействие на желудочно-кишечный тракт, что придает продукту диетические свойства.

Основным в технологии производства кисломолочных продуктов является этап формирования сгустка, свойства которого в конечном итоге определяют качественные показатели производимого продукта. Чтобы получить продукт или сгусток с определенными структурно-механическими (реологическими) и синергетическими свойствами, необходимо уметь контролировать процесс гелеобразования и управлять им. В связи с этим возникает необходимость изучения не только закономерностей процесса формирования структуры сгустка, но и продолжительности различных его стадий и соотношений между ними.

Цель работы – исследование реологических свойств ряженки с овсяными хлопьями, определяющих качество (консистенцию) готового продукта.

Результаты исследований и их обсуждение

Как известно, овсяные хлопья обладают высокой влагопоглощательной способностью, что не может не сказаться на процессе образования сгустка при сквашивании молока. В свя-

зи с этим исследовался процесс структурообразования кислотного сгустка при производстве ряженки с овсяными хлопьями.

Ряженка с овсяными хлопьями вырабатывалась по ранее разработанному способу: сухие неизмельченные хлопья заливали горячей молочной смесью после топления с температурой 95°C и выдерживали 5 мин при равномерном перемешивании. Овсяные хлопья вносили в концентрации 2,5% от массы продукта. Затем молочно-овсяную смесь охлаждали до температуры $43\pm 2^{\circ}\text{C}$, заквашивали бактериальной закваской термофильного стрептококка в концентрации 5,0% от массы продукта и сквашивали при температуре $43\pm 2^{\circ}\text{C}$ до образования сгустка. Контролем служила ряженка без овсяных хлопьев, которая вырабатывалась по традиционной технологии.

Кинетика структурообразования кислотных сгустков исследовалась реологическим методом с помощью ротационного вискозиметра марки VT 7 plus модификации L (производства Германии). Отбор проб для исследований осуществляли через каждые полчаса в течение 4 ч.

Определение текущей эффективной вязкости образцов продукта проводили с использованием стандартного набора цилиндрических роторов на всем диапазоне частот их вращения. По частоте вращения ротора (об/мин) и диаметру цилиндра находили градиент скорости (c^{-1}), используя коэффициенты пересчета в соответствии с паспортными данными прибора. Для каждого образца были определены зависимости вязкости от градиента скорости сдвига. Методом математической статистики получены уравнения, их описывающие. Затем были рассчитаны по полученным уравнениям значения вязкости каждого исследуемого образца в каждой контрольной точке при градиенте скорости, равным 1 c^{-1} , на основании которых построены реограммы. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Характер нарастания вязкости в процессе сквашивания такой же, как и для кислотных сгустков, изученных ранее другими исследователями [4]. На представленных реограммах можно выделить три стадии формирования сгустка: участок ОК – индукционный период; участок КГ – стадия флокуляции (массовой или явной коагуляции); ГС – стадия метастабильного равновесия (уплотнения сгустка).

Из реограммы видно, что после внесения закваски (точка О), вязкость молока почти не изменяется, лишь после точки К на второй стадии наблюдается ее резкое повышение, так как происходит массовая агрегация казеиновых частиц. На третьей стадии (участок ГС) кривая вязкости делает резкий перегиб и практически остается постоянной, так как наступает момент укрепления белковой сетки с помощью установления новых связей.

Влияние овсяных хлопьев на кинетику структурообразования сгустка при производстве ряженки представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние овсяных хлопьев на кинетику структурообразования

Образец	Продолжительность стадии, ч			$\tau_{ог}/\tau_{ок}$
	ОК	КГ	ГС	
Ряженка	1,5	1,5	1,0	2,00
Ряженка с овсяными хлопьями	1,5	1,0	1,0	1,66

В опытном образце продолжительность стадии флокуляции составляла 1,0 ч, а в контроле – 1,5 ч. Сокращение периода явной коагуляции в ряженке с овсяными хлопьями можно объяснить высокой влагопоглощательной способностью хлопьев, что способствует увеличению интенсивности образования сгустка. За счет сокращения продолжительности периода флокуляции процесс сквашивания опытного образца в целом сокращается.

Известно, что видимая коагуляция белков молока происходит в изоэлектрической точке (рН 4,7). Именно в этот момент наблюдается массовая коагуляция белков молока и образуется сгусток. Поэтому процесс структурообразования кислотных сгустков дополнительно контролировали по изменению активной и титруемой кислотностей. Отбор проб осуществляли так же, как и при определении вязкости.

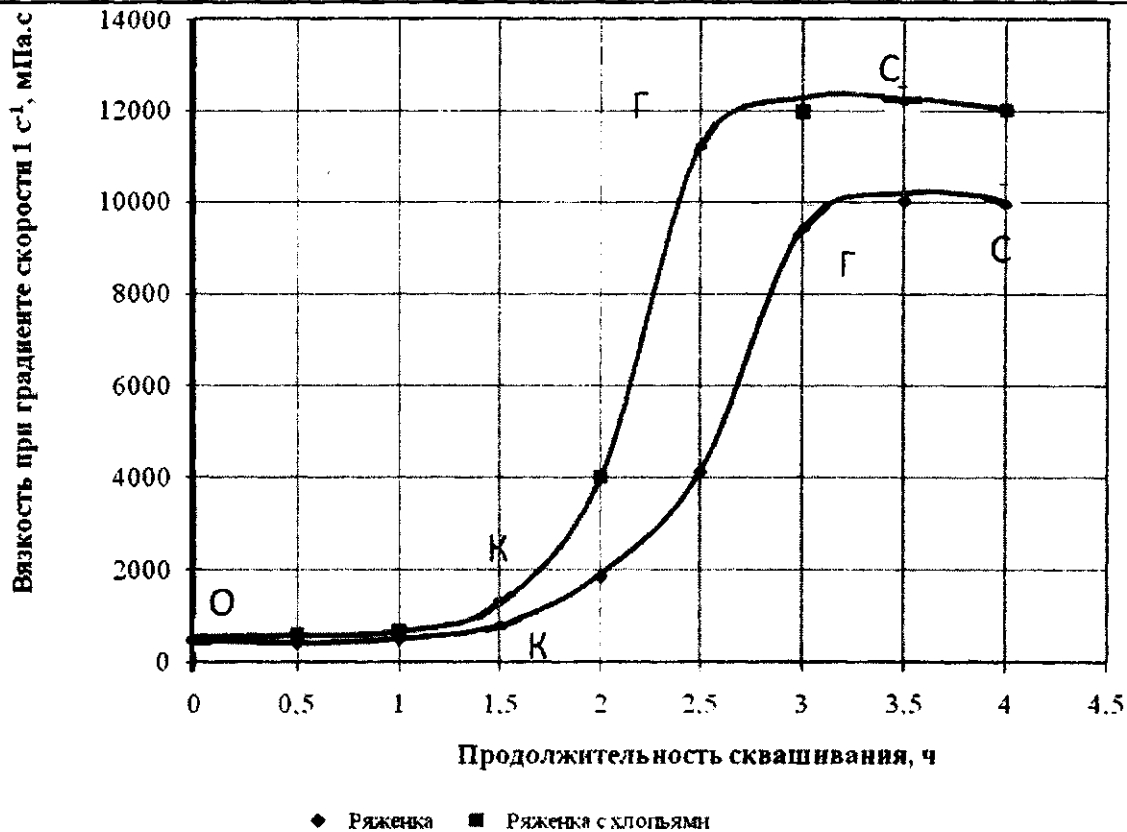


Рисунок 1 – Кинетика образования сгустка в процессе сквашивания

На рисунке 2 представлено нарастание титруемой кислотности в процессе сквашивания. Установлено, что характер изменения титруемой кислотности в обоих образцах одинаков. В течение первого часа титруемая кислотность не изменяется, так как происходит приспособление микроорганизмов закваски к среде (лаг-фаза), далее титруемая кислотность постепенно нарастает. В ряженке с овсяными хлопьями повышение титруемой кислотности в процессе сквашивания происходит быстрее, чем в контроле.

Изменение активной кислотности в процессе сквашивания при производстве ряженки традиционной (контроль) и ряженки с овсяными хлопьями (опыт), представлено на рисунке 3. Как видно из рисунка 3, активная кислотность в процессе сквашивания в обоих случаях снижается. Однако в опытном образце снижение активной кислотности в процессе сквашивания происходит быстрее, чем в контроле.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что добавление овсяных хлопьев в молочную смесь перед заквашиванием интенсифицирует сквашивание продукта. Поэтому при производстве ряженки с овсяными хлопьями процесс сквашивания может быть закончен в среднем на полчаса раньше, чем при производстве традиционной ряженки.

Одним из важных свойств любого кисломолочного продукта является консистенция, характеризующаяся как совокупность его реологических свойств, воспринимаемых с помощью механических, зрительных и осязательных ощущений.

Количественной характеристикой консистенции кисломолочных продуктов является вязкость. Определение вязкости продуктов проводилось реологическим методом с помощью ротационного вискозиметра так же, как при исследовании процесса структурообразования сгустков. Известно, что вязкость зависит от температуры. Поэтому в работе был установлен характер влияния овсяных хлопьев на вязкость ряженки при изменении температуры. Контролем служила ряженка без овсяных хлопьев. Готовые продукты исследовали при температурах 4, 20, 25, 30°C. Температура 4°C соответствует условиям хранения продуктов в холодильнике, а температуры 20–30°C – комнатным условиям. Определение вязкости проводили при минимальных сдвиговых скоростях при возможности без разрушения сгустка. На осно-

вании полученных данных построены реограммы зависимости эффективной вязкости от температуры, которые представлены на рисунке 4.

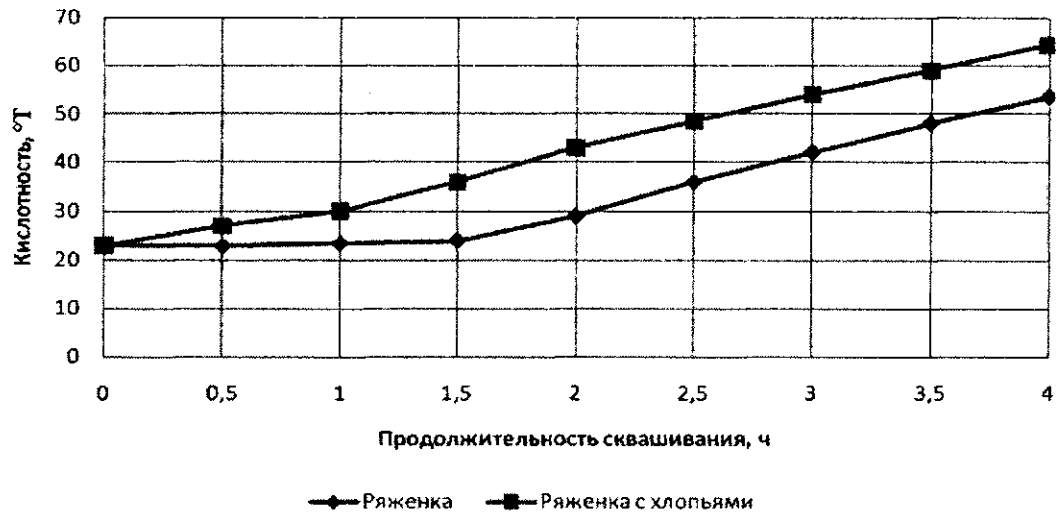


Рисунок 2 – Изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания

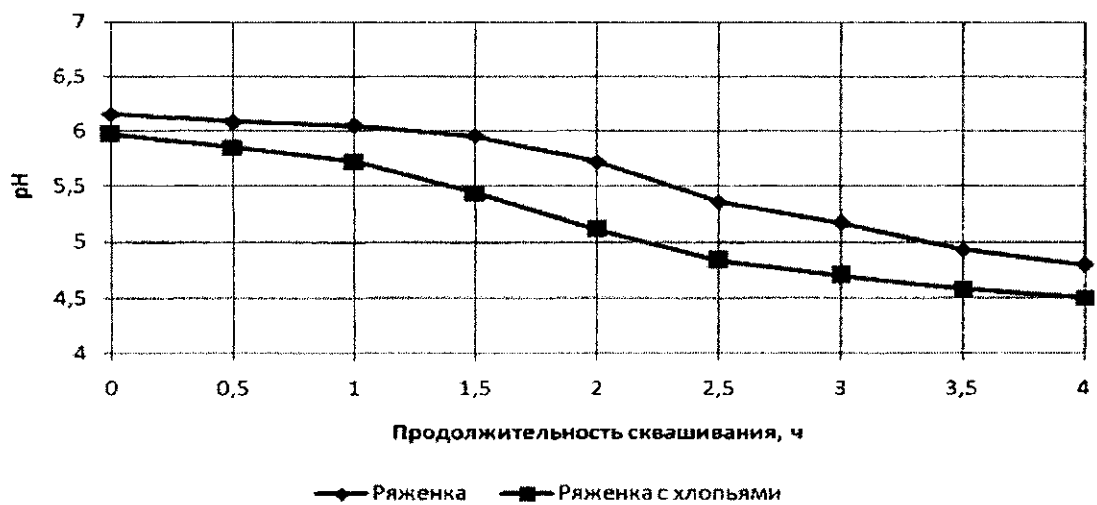


Рисунок 3 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания

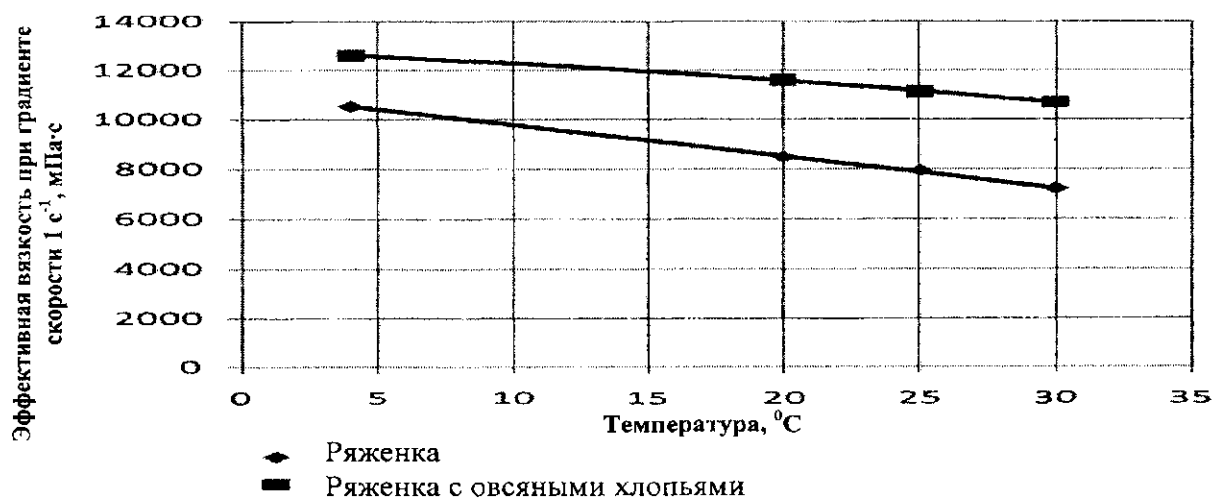


Рисунок 4 – Влияние температуры на вязкость продуктов

Из рисунка 4 видно, что при повышении температуры эффективная вязкость во всех образцах снижается, так как при увеличении температуры продукта происходит уменьшение энергии связи между частицами в потоке, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению эффективной вязкости [5].

Для ряженки с овсяными хлопьями наблюдается наименьшее влияние температуры на эффективную вязкость продукта. Овсяные хлопья, являясь частью структуры продукта, способствуют образованию прочных поперечных связей в потоке. Поэтому при повышении температуры не происходит значительного уменьшения энергии связи между частицами в потоке, и соответственно вязкость продукта существенно не изменяется.

Структурно-механические свойства кисломолочных продуктов обусловлены характером связей между его белковыми компонентами. Прочность этих связей определяет устойчивость молочного сгустка к механическим воздействиям. Если после нарушения целостности молочного сгустка происходит восстановление связей между его компонентами, то оно обусловлено явлением тиксотропии, то есть способностью структур после их разрушения самопроизвольно восстанавливаться во времени [6].

Структурированные системы как коагуляционно-конденсационные структуры, возникающие в молоке при выработке кисломолочных продуктов, должны содержать необратимо-разрушающиеся и тиксотропно-обратимые связи.

Характер связей в структуре сгустка (продукта) можно определить путем измерения эффективной вязкости – вязкости, обусловленной образованием в продукте внутренних структур. При этом определяют и сравнивают между собой эффективную вязкость неразрушенной, разрушенной и восстановленной структур [6].

В соответствии с теорией П.А. Ребиндера [5] механизм тиксотропного восстановления структуры продукта описывается двучленной зависимостью

$$\eta_a = \eta_p + \alpha(\eta_n - \eta_p), \quad (1)$$

где η_a – вязкость восстановленной структуры;

η_p – наименьшая вязкость предельно разрушенной структуры;

η_n – наибольшая вязкость практически неразрушенной структуры;

α – степень тиксотропного восстановления структуры.

Нами изучалось влияние овсяных хлопьев на восстановление структуры сгустков после механического воздействия. Измеряли эффективную вязкость образцов с неразрушенной структурой и с разрушенной (после перемешивания). Для всех образцов применяли одинаковый режим перемешивания. После перемешивания выдерживали сгустки в течение 4 ч и снова контролировали вязкость. Все измерения проводились при температуре продуктов 4°C. Результаты исследования, а также рассчитанная степень тиксотропного восстановления структуры α продуктов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Тиксотропные свойства продуктов

Наименование продукта	Вязкость сгустка при градиенте скорости 1 с ⁻¹ , мПа·с			Степень тиксотропного восстановления структуры α
	неразрушенного	разрушенного	восстановленного	
Ряженка	10532	8405	9090	0,32
Ряженка с овсяными хлопьями	12606	10205	11238	0,43

По полученным данным видно, что применение овсяных хлопьев при производстве ряженки способствует лучшему восстановлению структуры сгустка после механического воздействия. Это имеет важное технологическое значение, так как при производстве кисломолочных продуктов резервуарным способом очень важно получить сгусток с максимальным количеством тиксотропно-обратимых связей, способствующих образованию хорошей конси-

стенции продуктов.

Таким образом, установлено, что ряженка с овсяными хлопьями характеризуется лучшими реологическими свойствами по сравнению с традиционной ряженкой: более высокая вязкость, наименьшее влияние температуры на вязкость продукта, хорошие тиксотропные свойства.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что овсяные хлопья, обладая высокой влагопоглощательной способностью, оказывают положительное влияние на реологические свойства комбинированного молочного продукта. Изучен процесс структурообразования сгустка в присутствии овсяных хлопьев при производстве ряженки. Показано, что по сравнению с традиционной ряженкой продолжительность сквашивания продукта сокращается на 0,5 ч. Установлено, что ряженка с овсяными хлопьями характеризуется высокой вязкостью, хорошими тиксотропными свойствами, что имеет важное технологическое значение для получения продукта высокого качества.

Литература

- 1 Мусина, О.Н. Современные тенденции использования зерновых добавок в производстве молочных продуктов: монография / О.Н. Мусина, М.П.Щетинин, М.Н.Сахрынин. – Барнаул: Издательство АлтГТУ, 2004. – 340 с.
- 2 Захарова, Л.М. Оценка биологической ценности кисломолочных белковых продуктов с зерновыми добавками / Л.М. Захарова, И.А. Мазеева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 1. – С. 39–41.
- 3 Шуляк, Т.Л. Создание комбинированного молочного продукта с овсяными хлопьями / Т.Л. Шуляк, Н.Ф. Коротченко, Ю.И. // Вестник МГУП. -- 2009. – №2 (7). – С. 10–16.
- 4 Горбатова, К.К. Химия и физика белков молока / К.К. Горбатова. – М.: Колос, 1993. – 192 с.
- 5 Урьев, Н.Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. – М: Пищевая промышленность, 1976. -- 240 с.
- 6 Горбатова, К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К.К. Горбатова. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.

Поступила в редакцию 17.06.2010