

УДК 637.146

Использование семян чиа (*Salvia hispanica L.*) в рецептуре ферментированного продукта на молочной основе

Канд. техн. наук **Т.Ф. Демьяненко**, tandem.50@list.ru
канд. техн. наук **М.Л. Доморощенко**, mdomor@mail.ru

*Всероссийский научно-исследовательский институт жиров
191119, Россия, Санкт-Петербург, ул. Черныховского, 10*

Е.Д. Кузнецова, katherine.k.spb@gmail.com
А.В. Сафронова, av-safronova@mail.ru
Д.В. Кузнецова, dv_kuznetcova@itmo.ru
канд. техн. наук **Л.А. Надточий**, l_tochka@itmo.ru

*Университет ИТМО
191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

Исследовали возможность использования муки семян чиа при производстве молочных ферментированных продуктов с двумя видами заквасок – *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*; *Streptococcus thermophilus* и *Lactococcus cremoris*. В качестве объекта изучения использовали семена чиа (*Salvia hispanica L.*) темных сортов с усредненным химическим составом: массовая доля белков – 24%, жиров – 31%, углеводов – 34%. В качестве молочной основы использовали молоко сухое обезжиренное. Исследуемые образцы представляли собой свежеприготовленные кисломолочные продукты с добавлением муки семян чиа в количестве 5 и 10%. Влияние муки семян чиа на динамику кислотонакопления молочно-растительных смесей изучали посредством измерения титруемой кислотности исследуемых образцов согласно индикаторному методу по ГОСТ Р 54669-2011. Влагоудерживающие свойства сгустков оценивали по количеству выделившейся сыворотки после центрифугирования 10 см³ разрушенного сгустка по методике ВНИМИ. Реологические характеристики образцов исследовали на приборе Реотест-2 с использованием формул расчета напряжения сдвига и динамической вязкости. Определено, что комбинация молочного и растительного сырья позволяет оптимизировать функционально-технологические свойства исследуемых образцов. Образцы с добавлением 5 и 10% муки семян чиа, сквашенные *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, показали ускорение процесса сквашивания на 0,5 и 1 ч соответственно по сравнению с контрольным образцом. Помимо этого, обеспечиваются высокие потребительские характеристики готового продукта за счет повышения влагоудерживающих свойств исследуемых образцов с мукой семян чиа. При введении в рецептуру кисломолочных продуктов данного растительного компонента отделение сыворотки уменьшается, причем при добавлении 10% муки чиа отделение сыворотки под действием механического воздействия не происходит. Доказано влияние внесения измельченных семян чиа на реологические характеристики исследуемых сгустков, в частности, увеличение динамической вязкости и коэффициента консистенции исследуемых образцов.

Ключевые слова: продукты молочнокислого брожения; *Salvia hispanica L.*; семена чиа; динамика кислотонакопления; влагоудерживающие свойства; реологические характеристики; функциональные продукты питания.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-3-73-80

The use of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) in the formulation of a milk-based fermented product

Ph. D. **Tatyana F. Demyanenko**, tandem.50@list.ru
Ph. D. **Maria L. Domoroshchenkova**, mdomor@mail.ru

*All-Russia Scientific Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij str., St. Petersburg, 191119, Russia*

Ekaterina D. Kuznetsova, katherine.k.spb@gmail.com
Anna V. Safronova, av-safronova@mail.ru
Daria V. Kuznetcova, dv_kuznetcova@itmo.ru
Ph.D. **Ludmila A. Nadtochii**, l_tochka@itmo.ru

*ITMO University
9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia*

The possibility of using chia seed flour in the production of fermented dairy products was investigated. Two types of starter cultures - *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*; *Streptococcus thermophilus* and *Lactococcus cremoris* were used. Dark variety of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) were used as the object of research. Chia seeds average chemical composition was the following: mass fraction of proteins – 24%, fats – 31%, carbohydrates – 34%. Skim milk powder was used as the milk base. Freshly made dairy products with the addition of chia seed flour in the amount of 5 and 10% were used as the test samples. The effect of chia seed flour on the dynamics of acid accumulation of milk-plant mixtures was studied by measuring titratable acidity of the studied samples. The indicator method according to R 54669-2011 GOST was used. The moisture-holding properties of the clots were evaluated by the amount of serum released after centrifugation of 10 cm³ of the destroyed clot by the VNIMI method. Rheological characteristics of samples were studied on Reotest-2 device using formulas for calculating shear stress and dynamic viscosity. According to the results of research, the functional and technological properties of samples were optimized by the combination of milk and plant raw materials. Samples with the addition of 5 and 10% chia seed flour and fermented with *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* showed an acceleration of the fermentation process by 0.5 and 1 hour respectively compared to the control sample. In addition, high consumer characteristics of the final product were ensured by increasing the water-holding properties of the test samples with chia seed flour. The separation of serum was reduced using the plant component. Moreover, the separation of serum by mechanical action did not occur with the addition of 10% chia flour. The effect of crushed chia seeds introduction on the rheological characteristics of the studied clots was proved, in particular, an increase in dynamic viscosity and consistency coefficient of the samples studied.

Keywords: lactic fermentation products; *Salvia hispanica L.*; chia seeds; dynamics of acid accumulation; water-holding properties; rheological characteristics; functional food.

Введение

Семена чиа (*Salvia hispanica L.*) представляют особый интерес как важный нутрицевтический продукт и богатейший источник пищевых волокон, белков и полиненасыщенных жирных кислот растительного происхождения, в том числе для обогащения продуктов питания функционального назначения и производства продуктов, свободных от глютена [1–3]. В масле семян чиа содержится около 60% альфа-линоленовой кислоты (омега-3 жирная кислота), содержание белка в семенах составляет около 20% и пищевых волокон около 30% общего веса [2]. В настоящее время растет количество публикаций на тему медико-биологических исследований семян чиа, связанных с их уникальными пищевыми свойствами и возможным влиянием на здоровье человека и животных.

Важно отметить, что семена чиа не оказывают таких нежелательных эффектов, как аллергические реакции при потреблении в пищу, что позволяет широко использовать их при производстве продуктов питания, в основном в хлебо-булочной и кондитерской промышленности, при производстве паст, каш, йогуртов, десертов и снеков [1, 3].

Использование семян чиа в пищевой промышленности не ограничивается применением цельных семян, в рецептурах используются и продукты их переработки, в том числе мука семян чиа, жмых и гель на основе семян чиа, которые обладают высокими абсорбционными свойствами. С точки зрения пищевой технологии большое значение имеют такие функционально-технологические свойства семян чиа, как влагоудерживающая и жирудерживающая способность, вязкость, поддержание стабильности эмульсии и пенообразования [1].

В настоящее время исследования влияния семян чиа на процессы ферментации кисломолочных продуктов весьма ограничены [3]: представлено незначительное число публикаций по тематике, связанной с технологией совместной ферментации молочного и растительного сырья. Проводились исследования обогащения йогуртового мусса [1] и йогурта [4, 5] семенами чиа, по результатам исследования которых варьируется рекомендуемое содержание семян чиа в готовом продукте, однако, отмечено, что обогащение йогурта семенами чиа приводит к повышению его пищевой ценности. Согласно исследованиям авторов [3], обогащение йогурта 2% масла семян чиа приводит к повышению содержания фитостеролов и полиненасыщенных жирных кислот в йогурте с высокой стабильностью его свойств в течение 4 недель хранения. Кроме того были проведены исследования влияния геля семян чиа на структуру низкожирных йогуртов [6], которые показали положительные результаты его использования в качестве натурального стабилизатора и эмульгатора. По другим исследованиям,

внесение комплексной добавки, содержащей 1,4% семян чиа, значительно повышало стабильность молочнокислой микрофлоры йогурта в течение 21 дня хранения [7]. Кроме того, внесение экстрактов семян чиа положительно влияет на развитие микрофлоры молочнокислого продукта [8].

Ранее в Университете ИТМО проводились исследования динамики кислотонакопления йогурта с использованием двух способов внесения семян чиа – в цельном и измельченном виде [9]. Согласно данным исследованиям, выявлено, что измельченные семена оказывают более значительный эффект.

В рамках настоящей работы проведено исследование возможности использования муки семян чиа при производстве молочных продуктов с двумя видами заквасок. С этой целью изучено влияние семян чиа на динамику кислотонакопления молочно-растительных смесей, влагоудерживающие свойства исследуемых сгустков и их реологические характеристики.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали семена чиа (*Salvia hispanica L.*) темных сортов, изготовленных в соответствии с ТУ 01.11.99.790-001-2016 (ООО «Группа компаний «Хозяин»). Усредненный химический состав семян чиа: массовая доля белков – 24%, массовая доля жиров – 31%, массовая доля углеводов – 34%.

В качестве молочной основы использовали молоко сухое обезжиренное (вырабатываемое из цельного коровьего молока), заготавливаемое по ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные». Молоко сухое, имеющее следующие показатели:

массовая доля влаги, %, не более	5,0
массовая доля жира, %, не более	1,5
массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее	34,0
содержание лактозы, %	47,0 – 54,0
минеральные вещества, %	0,75
индекс растворимости сырого осадка, см ³ , не более	0,2
титруемая кислотность, °Т	14,0 – 21,0

Исследуемыми образцами служили свежеприготовленные кисломолочные продукты с использованием муки семян чиа в количестве 5 и 10%. Для получения муки из семян чиа их измельчали на лабораторной мельнице «Вьюга» фирмы Экон. В качестве контрольного образца использовали свежеприготовленный кисломолочный продукт без добавления муки семян чиа.

Для ферментации образцов использовались свежеприготовленные закваски следующих видов:

1. закваска для производства йогурта, приготовленная на чистых культурах молочнокислых бактерий (*Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*);
2. закваска, приготовленная на чистых культурах молочнокислых бактерий (*Streptococcus thermophilus* и *Lactococcus cremoris*).

Титруемую кислотность изучали согласно ГОСТ Р 54669-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности». Определение влагоудерживающих свойств исследуемых образцов йогурта проводили по количеству выделившейся сыворотки, методом центрифугирования 10 см³ разрушенного сгустка по методике ВНИМИ при мощности центрифугирования 1500 мин⁻¹. Реологические свойства определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2», снабженным специальной системой для стабилизации температуры в измерительном зазоре прибора. Точность стабилизации ±1°С. Для измерений было выбрано рабочее тело – цилиндр S₂, который позволял определить величину сдвиговых напряжений и эффективную вязкость исследуемых образцов в широком диапазоне скоростей сдвига (1–437 с⁻¹).

Напряжение сдвига рассчитывали по формуле [10]

$$\tau = z \cdot \alpha,$$

где τ – напряжение сдвига, Па;

z – константа цилиндра, Па/деление шкалы

α – значение, снятое со шкалы прибора, деления шкалы.

Динамическую вязкость определяли по формуле:

$$\mu \equiv \frac{\tau}{\dot{\gamma}},$$

Где μ – динамическая вязкость, Па·с;

τ – напряжение сдвига, Па;

γ - скорость сдвига, с^{-1} .

Все исследования проводились во ВНИИ жиров в трехкратной повторности для обеспечения 95% достоверности полученных данных.

Обсуждение результатов

С целью проведения исследования составлялись вариации исследуемых образцов путем следующей комбинации молочно-растительного сырья: 95% молочного сырья +5% муки семян чиа; 90% молочного сырья +10% муки семян чиа. В качестве контрольного образца служил образец на основе молочного сырья.

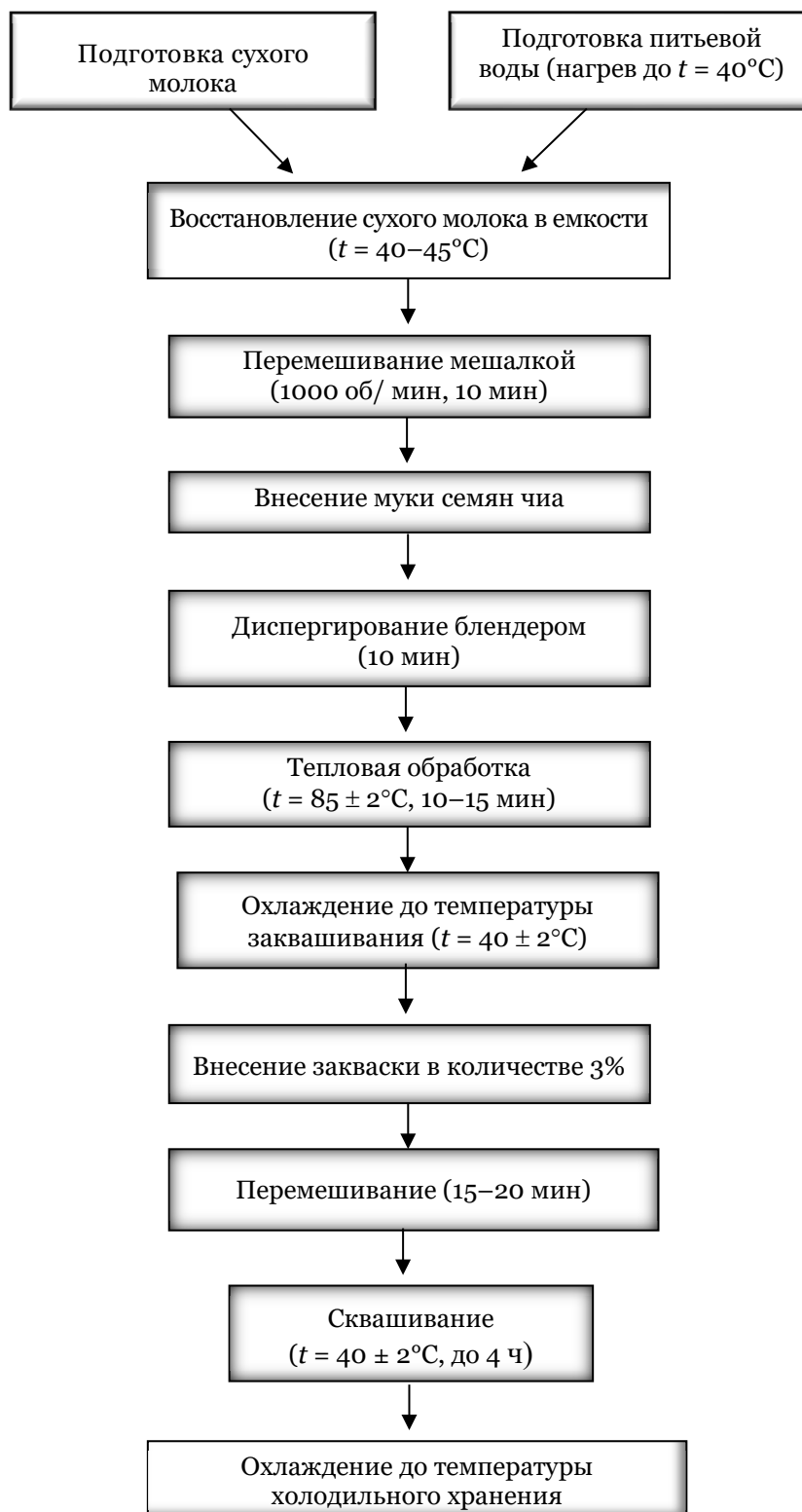


Рисунок 1 – Технологическая схема производства исследуемых образцов в лабораторных условиях
 Figure 1. Technological scheme of studied samples production in laboratory setting

Сквашивание проводили с использованием свежеприготовленных лабораторных заквасок на основе заквасочных культур: 1. *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*; 2. *Streptococcus thermophilus* и *Lactococcus cremoris* в количестве 3% от объема заквашиваемой смеси. Технологическая схема приготовления исследуемых образцов посредством сквашивания представлена на рисунке 1.

Для исследования динамики кислотонакопления определяли титруемую кислотность во всех исследуемых образцах в течение сквашивания продолжительностью 4 ч. Полученные результаты исследования представлены графически на рисунках 2 и 3.

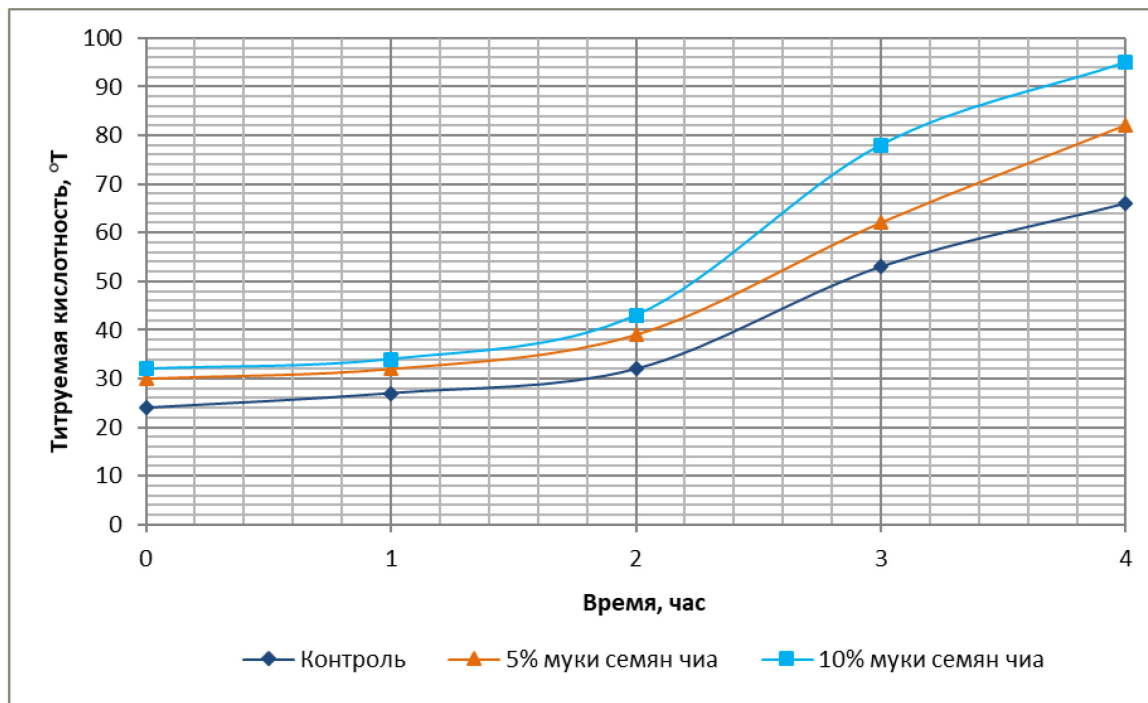


Рисунок 2 – Изменение титруемой кислотности при заквашивании *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 2. The changes of titrated acidity during fermentation by *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* starter cultures

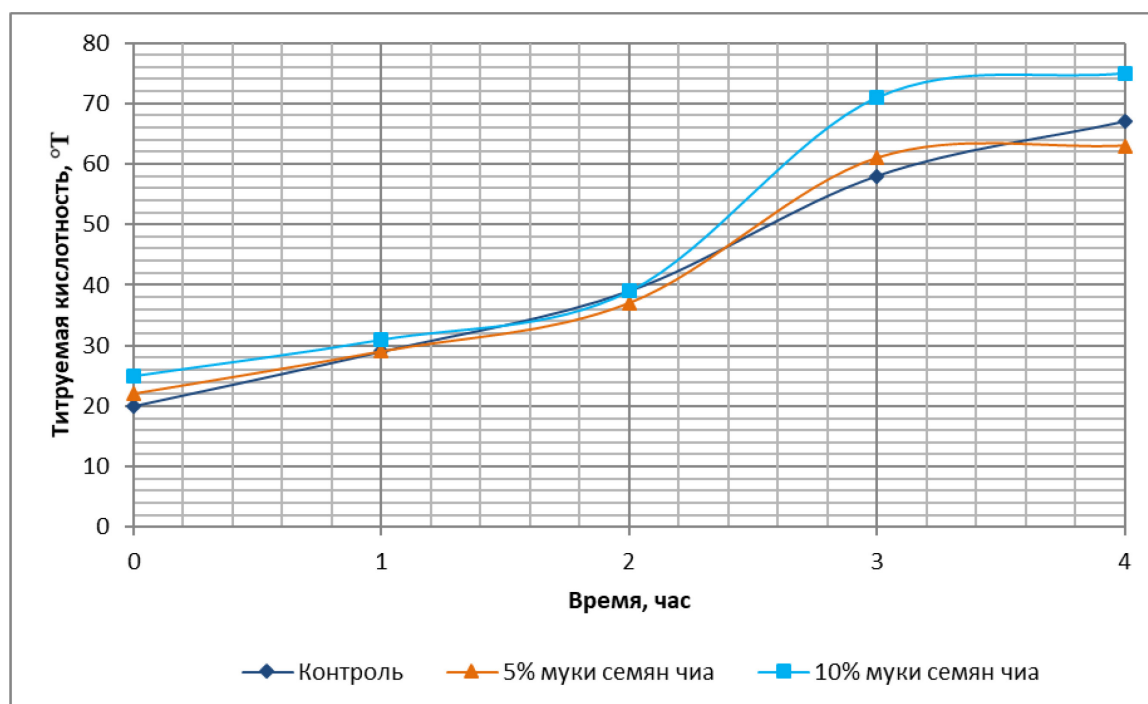


Рисунок 3 – Изменение титруемой кислотности при заквашивании *Streptococcus thermophilus* и *Lactococcus cremoris*

Figure 3. The changes of titrated acidity during fermentation by *Streptococcus thermophilus* and *Lactococcus cremoris* starter cultures

Из полученных данных следует, что внесение муки чиа существенно ускоряет процесс кислотонакопления при сквашивании продукта закваской *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*: при внесении 5 и 10% муки семян чиа исследуемые образцы достигают титруемой кислотности, равной 60°Т, за 3 и 2,5 ч соответственно, что говорит об ускорении процесса сквашивания примерно на 0,5 и 1 ч соответственно по сравнению с контрольным образцом. При этом исследуемые образцы на основе закваски *Streptococcus thermophilus* и *Lactococcus cremoris* с добавлением муки семян чиа не продемонстрировали существенных отличий от контрольного образца.

Функционально-технологические свойства молочных продуктов, в частности, влагоудерживающие и реологические свойства, оказывают существенное влияние на показатели качества готового продукта, поэтому важно исследовать устойчивость пищевой системы. Отделение сыворотки в молочном продукте происходит в результате изменения внешней среды, в частности при механическом воздействии, а также в процессе его хранения. В данном исследовании влагоудерживающие свойства кисломолочного сгустка оценивались по способности удерживать сыворотку под воздействием центробежных сил. Чрезмерное отделение сыворотки кисломолочным продуктом приводит к изменению консистенции, потере товарного вида, снижению выхода готового продукта и пр. Результаты исследования влагоудерживающих свойств исследуемых образцов отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Влагоудерживающие свойства исследуемых образцов
Table 1. Water-holding capacity of the samples under investigation

Продолжительность центрифугирования, мин.	Количество отделившейся сыворотки (%) в исследуемых образцах с использованием заквасочной микрофлоры					
	<i>Streptococcus thermophilus</i> и <i>Lactococcus cremoris</i>			<i>Streptococcus thermophilus</i> и <i>Lactobacillus bulgaricus</i>		
	контроль	5% семян чиа	10% семян чиа	контроль	5% семян чиа	10% семян чиа
5	30,0	18,0	Отделение сыворотки не наблюдалось	40,0	10,0	Отделение сыворотки не наблюдалось
10	50,0	20,0		50,0	15,0	
15	60,0	22,0		55,0	20,0	
20	70,0	24,0		60,0	22,0	
25	75,0	25,0		70,0	24,0	
30	80,0	28,0		72,0	25,0	

Как следует из приведенных данных, отделение сыворотки уменьшается при введении в рецептуру кисломолочных продуктов муки семян чиа, причем при добавлении 10% муки чиа отделение сыворотки под действием механического воздействия не происходит. Наиболее выраженными влагоудерживающими свойствами обладают исследуемые образцы с использованием муки семян чиа, приготовленные на основе заквасочной микрофлоры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*. Устойчивость к отделению сыворотки в исследуемых образцах с использованием муки семян чиа может быть обусловлена протеканием процессов структурообразования с уплотнением трехмерной сетки молочно-растительного сгустка. На основании преимущественного выбора кисломолочных продуктов с ярко выраженными влагоудерживающими свойствами для дальнейшего исследования применялись исследуемые образцы, полученные на основе йогуртной закваски.

Исследуемые образцы кисломолочных продуктов представляют собой сложную пищевую систему, составляющие которой относятся к различным классам веществ (углеводы, белки, жиры), взаимодействующих между собой в процессе технологического производства и хранения. На величины структурно-механических характеристик пищевых продуктов существенно влияют технологические параметры продуктов и их химический состав. В связи с этим, определенный интерес представляет исследование реологических характеристик продуктов в зависимости от состава.

Для исследования реологических характеристик использовались исследуемые образцы, приготовленные на основе заквасочной микрофлоры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, результаты представлены на рисунке 4.

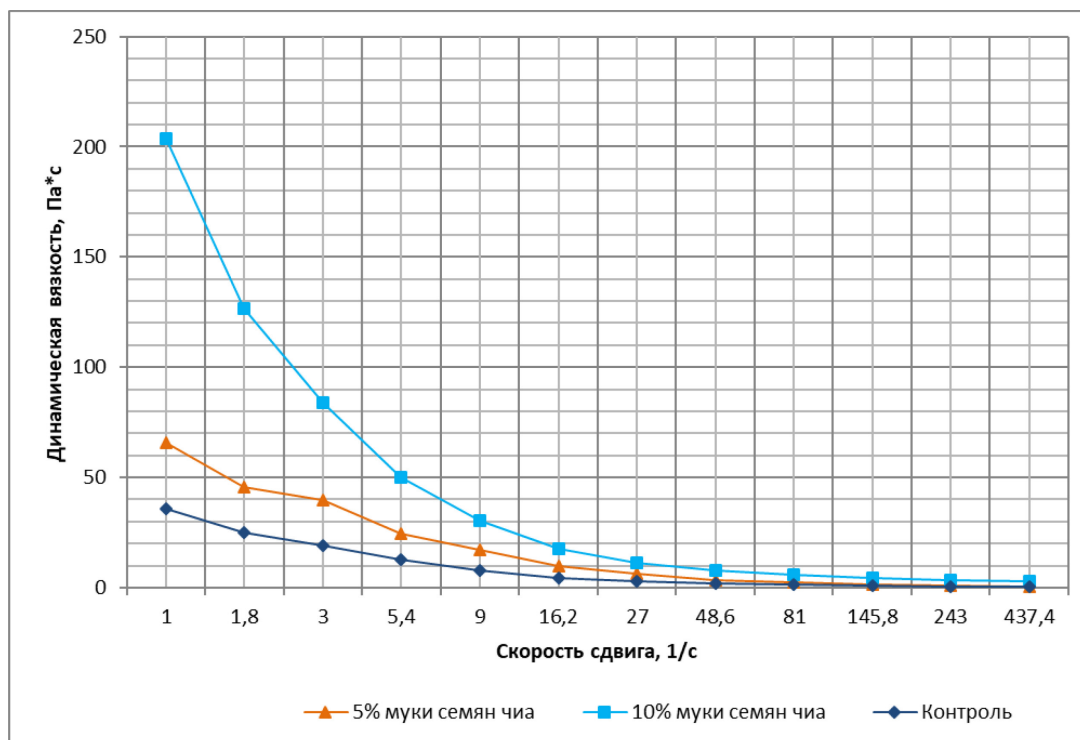


Рисунок 4 – Изменение динамической вязкости исследуемых образцов
 Figure 4 – The changes of dynamic viscosity for the samples under investigation

На основании данных рисунка 4, можно констатировать, что исследуемые образцы являются неньтоновскими псевдопластичными жидкостями. Очевидно, что динамическая вязкость исследуемых образцов зависит от количества муки семян чиа в их составе: наиболее высокие значения динамической вязкости обнаружены в исследуемом образце с введением 10% муки семян чиа при низких скоростях сдвига (в интервале от 1 до 27 с⁻¹). При увеличении скорости сдвига свыше 27 с⁻¹ эффективная вязкость всех исследуемых образцов не имеет ярко выраженных отличий.

Для детализации реологических свойств изучаемых систем проведено исследование динамической вязкости исследуемых образцов при скорости сдвига, равной 1,8 с⁻¹, помимо этого определены значения коэффициента консистенции (K) и индекса текучести (n) – показателя неньтоновского поведения жидкости. Найденные значения K и n приведены в таблице 2. Значения индекса текучести (n) подтверждают неньтоновский характер изучаемых систем. Из приведенных в таблице 2 данных видно, что с увеличением количества муки семян чиа в исследуемых образцах существенно возрастает динамическая вязкость и коэффициент консистенции образцов, при этом индекс текучести не имеет существенных различий.

Таблица 2 – Реологические показатели исследуемых образцов с различным количеством муки семян чиа
 Table 2. Rheological indicators for the samples with different chia flour content

Исследуемые образцы	Коэффициент консистенции (K)	Индекс текучести (n)	Динамическая вязкость, Па·с (при $\dot{\gamma} = 1,8 \text{ c}^{-1}$)
5% муки семян чиа	9	0,103	4,6
10% муки семян чиа	25	0,103	12,6

Все исследуемые образцы подвергались органолептической оценке, результаты которой выражались органолептическими характеристиками (таблица 3). Как следует из представленных данных, при введении муки семян чиа в рецептуру кисломолочных продуктов происходит изменение во внешнем виде и консистенции продукта, в частности, уплотнение сгустка. При этом с увеличением доли муки семян чиа в продукте увеличивается количество твердых частиц, что обусловлено присутствием большого количества пищевых волокон в растительном компоненте. Таким образом, в результате добавления муки семян чиа в рецептуру кисломолочного продукта, образуются системы с ярко выраженными влагоудерживающими свойствами, обладающие неньтоновским поведением, с более высокими значениями динамической вязкости, прямо пропорциональными концентрации муки семян чиа в составе продукта и обратно пропорциональными сдвиговым напряжениям.

Таблица 3 – Органолептические показатели исследуемых образцов кисломолочного продукта
 Table 3. Organoleptic indicators of the fermented-milk product samples under investigation

Органолептические показатели	Контрольный образец	Исследуемые образцы с добавлением муки чиа в количестве	
		5%	10%
внешний вид	плотный глянцевый сгусток без видимого отделения сыворотки	плотный сгусток без видимого отделения сыворотки	чрезмерно плотный сгусток без отделения сыворотки
консистенция	однородная	однородная с незначительными включениями растительного компонента	однородная с видимыми включениями растительного компонента
вкус, запах	чистый кисломолочный	кисломолочный	кисломолочный

Заключение

В данном исследовании выявлено влияние добавленной муки семян чиа в составе исследуемых образцов на их динамику кислотонакопления. С увеличением доли муки семян чиа, повышаются влагоудерживающие свойства образцов, возрастает плотность сгустка и динамическая вязкость. Заквасочная микрофлора также оказывает влияние на изучаемые показатели исследуемых образцов, закваска на основе *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* определена как преимущественная при изготовлении кисломолочного продукта с использованием муки семян чиа. Отмечено, что при использовании данной заквасочной микрофлоры ускоряется процесс кислотонакопления, что позволяет сократить технологический процесс производства данного продукта.

Использование муки семян чиа в рецептурах кисломолочных продуктов позволит расширить ассортимент продукции данного вида, в том числе и диетического назначения за счет присутствия в семенах чиа высокого содержания пищевых волокон.

References

1. Attalla N.R., El-Hussieny E.A. Characteristics of nutraceutical yoghurt mousse fortified with chia seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017, V. 2, no. 4, pp. 2033–2046.
2. Ayaz A., Akyol A., Inan-Eroglu E., Kabasakal Cetin A., Samur G., Akbiyik F. Chia seed (*Salvia Hispanica* L.) added yogurt reduces short-term food intake and increases satiety: randomised controlled trial. *Nutrition research and practice*. 2017, V. 11, no. 5, pp. 412–418.
3. Derewiaka D., Stepnowska N., Bryś J., Ziarno M., Ciecierska M., Kowalska J. Chia seed oil as an additive to yogurt. *Grasas y Aceites*. 2019, V. 70, no. 2, pp. 302.
4. dos Santos M.V., da Cruz R.G., Almeida M.E.F. Desenvolvimento e avaliação sensorial de iogurte com sementes de chia. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*. 2017, V. 72, no. 1, pp. 1–10.
5. Kibui A.N., Owaga E., Mburu M. Proximate composition and nutritional characterization of Chia enriched yoghurt. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2018, V. 18, no. 1, pp. 32–39.
6. Darwish A.M.G., Khalifa R.E., El Sohaimy S.A. Functional Properties of Chia Seed Mucilage Supplemented In Low Fat Yoghurt. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2018, V. 39, July–September, pp. 450–459.
7. Pop C., Vlaic R., FĂRCAȘ A., Salanță L., Ghicășan D., Semeniuc C., Rotar A.M. Influence of pollen, chia seeds and cranberries addition on the physical and probiotics characteristics of yogurt. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*. 2015, V. 72, no. 1, pp. 141–142.
8. Kwon H.C., Bae H., Seo H.G., Han S.G. Chia seed extract enhances physiochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*. 2019, V. 102, no. 6, pp. 4870–4876.
9. Nadtochii L.A., Safronova A.V., Abdullaeva M.S., Lepeshkin A.I., Muradova M.B., Zhavoronkova A.S. Investigation of acid-forming dynamics of yogurt with chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *International Research Journal*. 2017, no. 02(56), Part 3, pp. 128–131 (In Russian).
10. Kolesnikova A.A., Kompantsev D.V. The study of the structural and mechanical properties of oleo gel with extract of *rhaponticum carthamoides*. *Far East Medical Journal*. 2016, no. 4, pp. 67–69 (In Russian).

Статья поступила в редакцию 08.08.2019