

УДК 577+637

Влияние сахарного сиропа, меда и злаков на реологические свойства йогурта

Д-р мед. наук А.Г. Шлейкин, shleikin@yandex.ru
канд. техн. наук Н.В. Баракова, n.barakova@mail.ru
М.Н. Петрова, smh7070@mail.ru
канд. техн. наук Н.П. Данилов, danilovn2005@yandex.ru
А.Е. Аргымбаева, arginbaeva_azhar@mail.ru

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

Знание реологических характеристик йогуртов важно для конструирования оборудования, контроля качества продукции, а также для предсказания стабильности продуктов при хранении и для создания пищевых материалов желаемого вкуса и текстуры. В работе исследовали реологические свойства йогурта с тремя различными вкусовыми наполнителями: сахарным сиропом, медом и злаками – с целью достижения желаемой консистенции продукта. Сахарный сироп применяется для расширения вкусового ряда йогуртов, мед используется вследствие своих питательных свойств, злаки содержат в своем составе ценные пищевые волокна.

Материалы и методы. Было произведено сквашивание молока закваской из термофильных стрептококков и болгарской палочки в йогурт, в готовый сгусток добавлены наполнители. Сахарный сироп и мед применялись в концентрациях 10%, 20%, 30%. Злаки применялись в концентрации 0,5%, 10%, 20%. Вязкость йогуртов измерялась на вискозиметре «Реотест-4», прочность йогуртов измерялась на анализаторе текстуры TA-XT Plus.

Результаты. Построены графические зависимости вязкости и прочности образцов йогурта от количества вносимых наполнителей. Показано, что увеличение концентраций сахарного сиропа и меда ведет к понижению вязкости и прочности готового продукта, в то время как увеличение концентрации злаков — к увеличению вязкости и прочности йогурта. Изменение концентрации злаков оказывает большее действие на изменение вязкости и прочности йогурта по сравнению с изменением концентрации сахарного сиропа и меда.

Для достижения желаемой консистенции необходимо выбирать подходящие концентрации добавок. Исследование применимо с целью расширения вкусового ряда кисломолочной продукции и для целей здорового питания населения.

Ключевые слова: йогурт; реологические свойства, вязкость, прочность, наполнитель, сахарный сироп, мёд, злаки.

The influence of sugar syrup, honey and cereals on the rheological properties of yogurt

D. Sc. A.G. Shleikin, shleikin@yandex.ru
Ph. D. N.V. Barakova, n.barakova@mail.ru
M.N. Petrova, smh7070@mail.ru
Ph. D. N.P. Danilov, danilovn2005@yandex.ru
A.E. Argymbaeva, arginbaeva_azhar@mail.ru

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

To study the rheological properties of yoghurt is important for the design of equipment, quality control. It is useful for prediction of the stability of the products during storage and to create food materials of desired flavor and texture. The rheological properties of yogurt with three different flavored fillings were investigated in this study. Sugar syrup, honey and cereals are applied with the aim of achieving the desired

consistency of the product. Sugar syrup is used to enlarge the number of yogurts` tastes, honey is used due to its nutritional properties, cereals contain valuable fiber.

Materials and methods. The fermentation of milk into yoghurtwith Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus ($5.0 \cdot 10^{10}$ CFU/g) starter was conducted. Fillers were added into ready clot. Sugar syrup and honey were used in concentrations of 10%, 20%, 30%. Cereals were used in a concentration of 0.5%, 10%, 20%. The viscosity of the yoghurt was measured on a viscometer Rheotest RN4.1, the strength of the yogurts were measured using a texture analyzer TA-XT Plus.

Results. Graphical dependences of viscosity and the strength of samples of yoghurt from the amount of applied fillers were built. It was shown that increasing concentrations of sugar syrup and honey leading to lower viscosity and strength of the finished product, while increasing the concentration of grains leads to an increase in the viscosity and strength of yoghurt. The change in the concentration of cereals has a greater effect on the viscosity and strength of yoghurt compared with the change in the concentration of sugar syrup and honey.

To achieve the desired consistency it is necessary to choose appropriate additive concentration. The study is applicable for the purposes of expanding a number of tastes of dairy products and for the healthy nutrition of the population.

Keywords: Yoghurt; rheological properties; viscosity; strength; filler; sugar syrup; honey; cereals.

1. Введение

Йогурт – это одна из разновидностей кисломолочного продукта с нарушенным или ненарушенным сгустком, повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, которая обладает уникальными пищевыми свойствами с большим разнообразием вкусовых оттенков.

Формирование вкусовых оттенков осуществляется за счет внесения в йогурт различных компонентов, которые могут существенно повлиять на реологические характеристики готового продукта.

Знание реологических характеристик йогуртов важно для конструирования оборудования, контроля качества продукции, а также для предсказания стабильности продуктов при хранении и для создания пищевых материалов желаемого вкуса и текстуры [1].

За последние годы определилась устойчивая тенденция создания продуктов, в которых молочная основа сочетается с растительными добавками. В работе [2] было исследовано влияние наполнителя сельдерея, содержащего комплекс биологически активных веществ, витаминов, органических кислот на характеристики термостатного йогурта. При этом внесение данного наполнителя влияет на реологические показатели йогурта, в частности, тиксотропные свойства. Исследования показали, что кривые течения имеют форму петли гистерезиса, что свидетельствует о частичном восстановлении структуры. Площадь петли гистерезиса у контрольного образца больше остальных образцов, это означает, что использование добавки является положительным с точки зрения улучшения реологических свойств продукта. Внесение добавки из порошка корня сельдерея уменьшает площадь петли гистерезиса, что свидетельствует о большей выраженности тиксотропных свойств структуры. Но при внесении разного процентного содержания порошка корня сельдерея они соизмеримы. Это свидетельствует об отсутствии выраженной модификации структуры при повышении содержания порошка корня сельдерея, что ценно, принимая во внимание задачу обогащения, т.е. необходимость в высоком содержании обогащающего компонента с сохранением текучести продукта.

Нами также показана возможность производства йогурта с добавлением амаранта – ценного растительного сырья, содержащего в своем составе питательные белки, витамины, сквален и другие полезные элементы. Для целей стабилизации структуры йогурта предлагается применять фермент, связывающий белки – транслугтаминазу [3].

В производстве йогуртов с наполнителями важно подбирать такие вещества, которые, помимо придания продукту функциональных свойств, формируют вкусовые характеристики продукта, например, сладость (сахарный сироп, мед), зерновой вкус (злаки).

Сахарный сироп широко используется в производстве молочных продуктов для расширения вкусового ряда. Сахарный сироп как вкусовой наполнитель входит в состав композиции для производства функционального молочного продукта [4]. Изобретение направлено на создание молочного продукта питания, позволяющего при регулярном применении повысить иммунитет человека, осуществить профилактику и лечение заболеваний органов пищеварения. Сахарный сироп входит в рецептуру кисломолочного напитка [5]. Изобретение позволяет улучшить органолептические показатели, получить напиток с устойчивым сбалансированным составом и длительным сроком хранения, а также расширить ассортимент.

Применение разнообразных вкусовых добавок и наполнителей является перспективным направлением в производстве обогащенных кисломолочных напитков. С этой целью могут быть использованы продукты пчеловодства, главным образом, мед. Распространено введение в состав кисломолочных продуктов растительного сырья, среди которого немаловажная роль отводится зерновым культурам и продуктам их переработки как источникам биологически активных соединений [6]. В работе [7] было изучен процесс производства йогурта с добавлением сухого кобыльего молока, а также овсяных хлопьев и меда. Мед добавлялся после сквашивания в готовый сгусток. Овсяные хлопья добавлялись двумя способами: до сквашивания в молоко и после сквашивания в готовый сгусток. Было показано, что при введении овсяных хлопьев до сквашивания продукт обладает лучшими органолептическими свойствами (имеет однородную консистенцию и равномерность сгустка). Было обнаружено увеличение количественного содержания витаминов в образцах йогуртов с наполнителями по сравнению с контрольным образцом, причем в образце йогурта с добавленными до заквашивания злаками содержание витаминов было несколько большим, чем в образце йогурта со злаками, добавленными непосредственно в готовый сгусток. Было показано, что йогурт, обогащенный овсяными хлопьями и медом, содержит на 35% больше фосфора, чем контрольный образец.

В работе [8] на основе анализа влияния продуктов пчеловодства на органолептические свойства получаемого кисломолочного продукта и время инкубации до достижения кислотности 90°Т рекомендуется применять трехштаммовую закваску, включающую *Streptococcus Thermophilus*, *Lactobacterium Acidophilum*, *Lactobacterium Bulgaricum* в равных количествах. Сообщается, что продукты пчеловодства улучшают сенсорное восприятие кисломолочных продуктов, а также укорачивают период сквашивания. Кроме того, мед в количестве 2–5% стимулирует рост и развитие молочнокислых бактерий. Он увеличивает их количество до $1,20 \cdot 10^9$ (*Str. Thermophilus*) на шестой день хранения по сравнению с контролем ($1,30 \cdot 10^7$) за такой же период. Маточное молочко в концентрации до 0,6% и пчелиная обножка в концентрации до 0,1% также положительно влияют на микробы закваски.

Одной из главных причин использования злаков в качестве сырья для производства молочных продуктов является присутствие в их составе пищевых волокон. Разработан [9] кисломолочный продукт, содержащий овсяные хлопья. Изобретение позволяет расширить ассортимент диетических кисломолочных продуктов, создать кисломолочный продукт, не вызывающий аллергических реакций, имеющий сбалансированный вкус, высокую пищевую ценность и высокие профилактические свойства.

Разработана [10] композиция кисломолочного продукта. Введение в композицию водного солодового экстракта из пшеницы или ржи и солода зеленого жареного обеспечивает повышение биологической и пищевой ценности напитка в результате обогащения его биологически активными веществами и пищевыми волокнами. Входящий в композицию мед обогащает продукт витаминами, ферментами, а глюкоза и фруктоза придают продукту диетические свойства.

В работе [11] для создания кисломолочного продукта предложено использовать измельченные до 1–2 мм пророщенные зерна злаков. В работе [12] установлено ростостимулирующее влияние на бифидобактерии (*B. longum*) меда натурального и злаковой композиции в составе овсяных, ячменных и ржаных хлопьев. Установлено наличие влияния гранулометрического состава злаковой композиции на свойства биотехнологических систем. Показано, что с увеличением размера частиц злаковой композиции происходит повышение синергетической способности сгустков.

Целью данной исследовательской работы явилось исследование влияния сахарного сиропа, меда и злаков на вязкость йогуртов.

2. Материалы и методы

2.1. Приготовление образцов йогурта

Для проведения экспериментов использовали йогурт, полученный сквашиванием ультрапастеризованного молока (ЗАО Молочный комбинат «Авида», Старый Оскол). Содержание белка в молоке 3%, содержание жира 3,2%. Закваска (ООО «Зеленые линии», Красногорск) – сухие культуры термофильных стрептококков и болгарской палочки AiVi 22.11 R3 (лиофилизированный концентрат *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* – $5.0 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г). Молоко подогревали до температуры заквашивания 40°C, вносили закваску в количестве 1%. Сквашивание проводили при температуре 40°C до pH 4,6–4,7. По окончании сквашивания в готовый сгусток вносились наполнители.

В качестве наполнителей использовали сахарный сироп (содержание сахара 68,5%, сухих веществ 76,4%), мед цветочный и злаки жареные. Наполнители вносились при температуре 25°C при постоянном перемешивании. Дозы внесения наполнителей были установлены на основании органолептического анализа.

2.2. Определение вязкости

Вязкость полученных образцов определили на ротационном вискозиметре «Реотест-4» в течение 30 с, градиент сдвига 100 с^{-1} , использовали шпindelъ S1. Температура определения 25°C. Построение графиков и математическую обработку полученных результатов проводили в программах RHEO-42 и Excel.

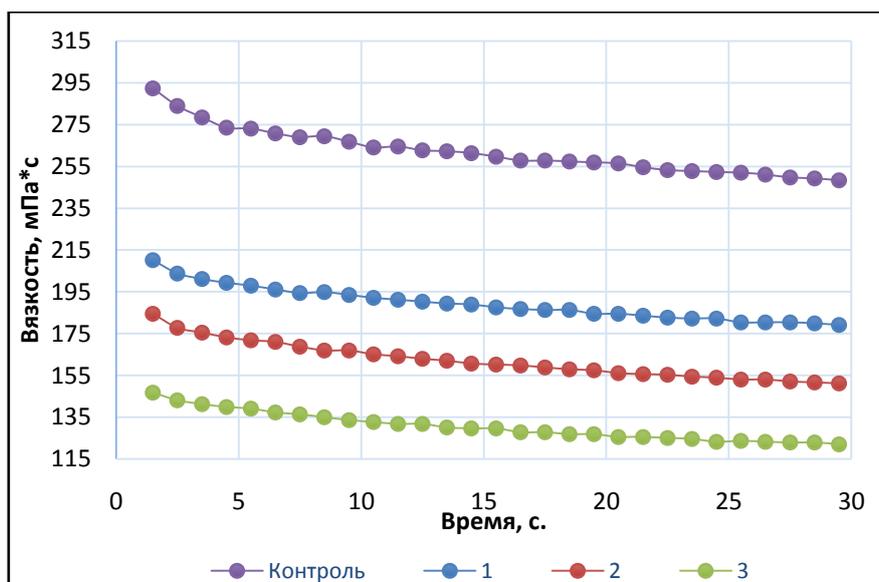
2.3. Измерение структурных свойств

Для измерения структурных свойств образцы йогуртов в емкостях объемом 0,06 л охлаждали до 4°C, измеряли прочность на анализаторе текстуры TA-XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., UK) с тензодатчиком 5 кг. Проводили тест на компрессию для получения графиков профилей структуры. Использовали цилиндрический зонд, задавали следующие параметры: скорость движения зонда до испытания 3 мм/с, во время испытания 1 мм/с и после испытания 3 мм/с. Дистанция погружения зонда 10 мм. Сила нагрузки 1 г. Получали зависимости прочности (г) от времени (с), результаты обрабатывали в программах Eхponent и Excel. Результаты представлены как среднее арифметическое из трех измерений с учетом стандартного отклонения.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Влияние сахарного сиропа на реологические свойства йогурта

На рис. 1 представлены полученные данные вязкости образцов йогурта в зависимости от концентрации сахарного сиропа.



**Рис. 1. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации сахарного сиропа:
1 – 0%, 2 – 20%, 3 – 30%**

При добавлении сахарного сиропа в количестве 10%, 20%, 30% от массы йогурта вязкость исследуемых образцов составила 179,1, 151,2 и 122 мПа*с (рис. 1). Вязкость йогурта без наполнителя составила 248,4 мПа*с. Таким образом, добавление сахарного сиропа способствует снижению вязкости йогурта. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации сахарного сиропа представлена на рис. 2.

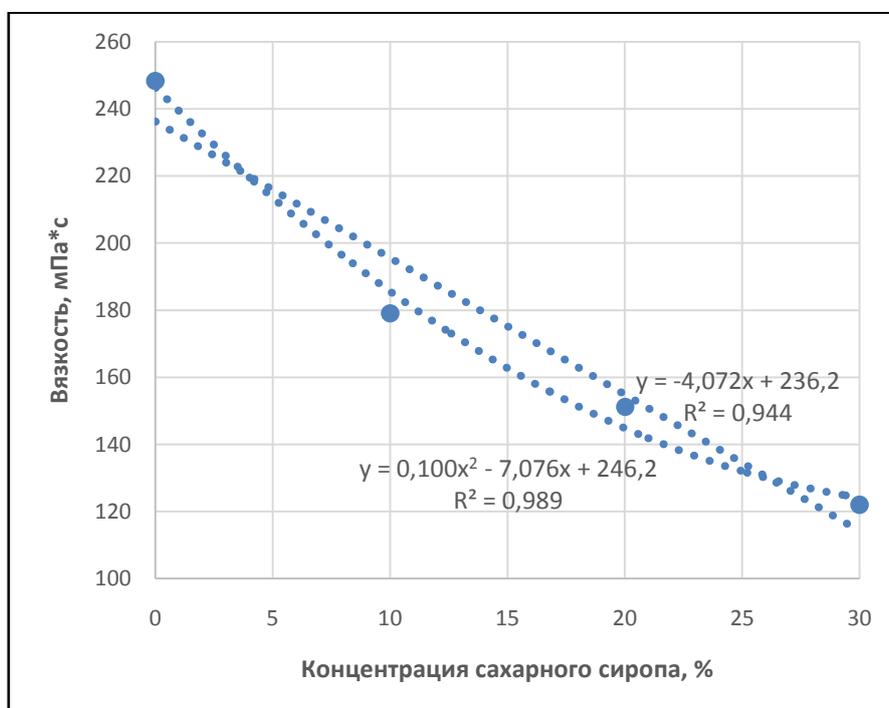


Рис. 2. Зависимость конечной вязкости йогуртов от концентрации сахарного сиропа

Зависимость вязкости йогуртов от концентрации сахарного сиропа характеризуется уравнением $y = 0,1x^2 - 7,08x + 246,26$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9896$ либо линейным уравнением $y = - 4,07x + 236,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,944$ в диапазоне концентраций сахарного сиропа 0–30% (рис. 2). Зависимость прочности йогуртов от концентрации сахарного сиропа представлена на рис. 3.

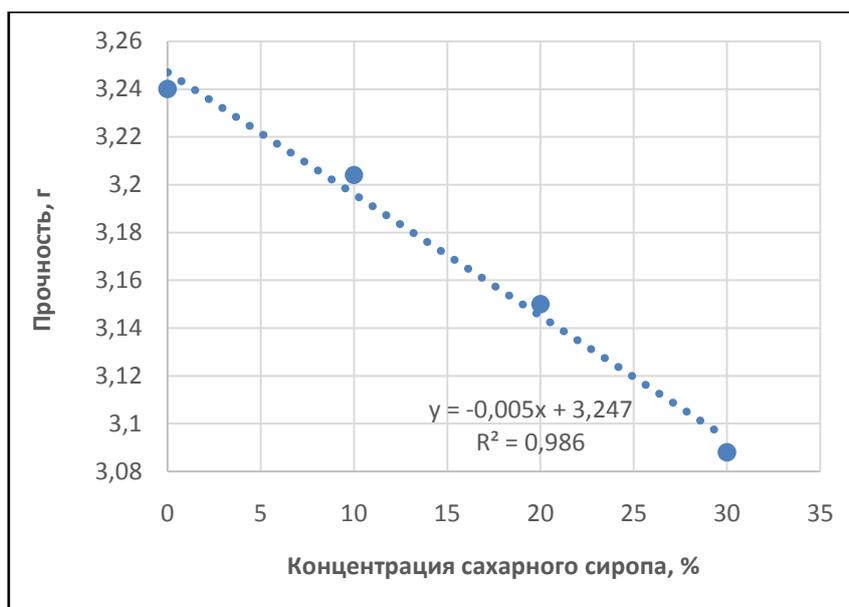


Рис. 3. Зависимость прочности йогуртов от концентрации сахарного сиропа

Как видно из рис. 3, прочность йогуртов снижается при увеличении концентрации сахарного сиропа. Зависимость описывается уравнением $y = -0,0051x + 3,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9868$.

3.2. Влияние меда на реологические свойства йогуртов

На рис. 4 представлены полученные данные вязкости образцов йогурта в зависимости от концентрации цветочного меда.

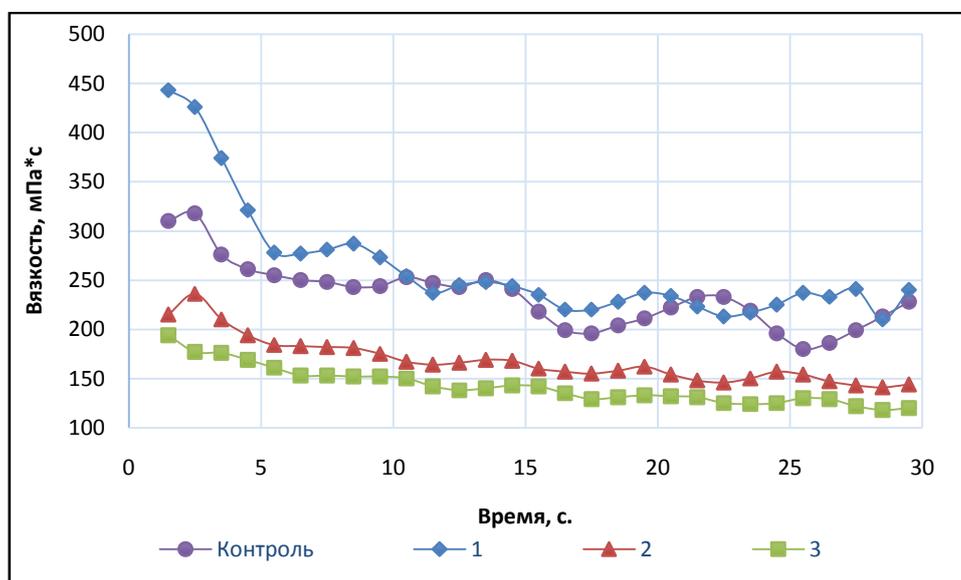


Рис. 4. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации меда: 1 – 10%, 2 – 20%, 3 – 30%

При добавлении меда в количестве 10%, 20%, 30% от массы йогурта вязкость исследуемых образцов составила 205, 144 и 120 мПа*с соответственно (рис. 4). Вязкость йогурта без наполнителя составила 228 мПа*с. Добавление меда также способствует снижению вязкости йогуртов. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации меда представлена на рис. 5.

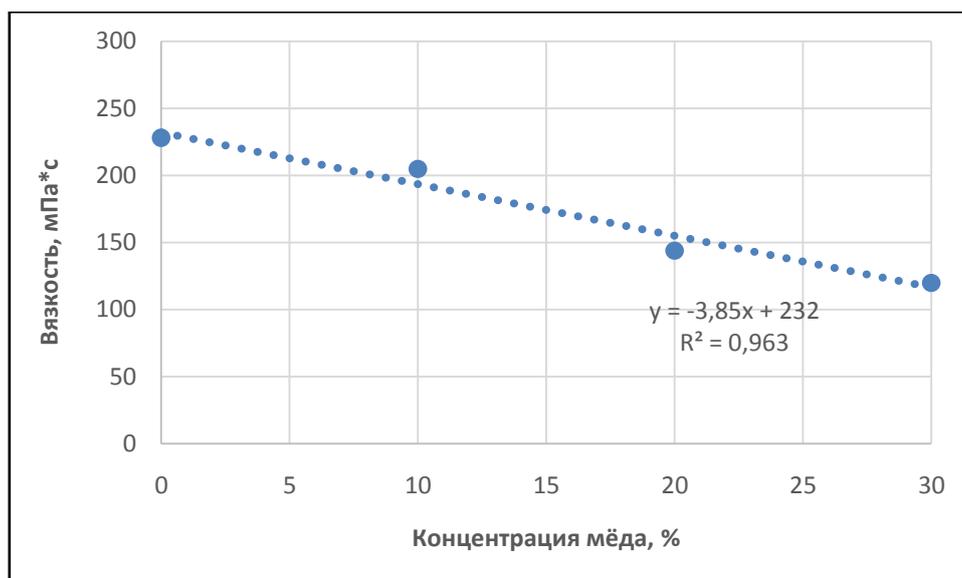


Рис. 5. Зависимость конечной вязкости йогуртов от концентрации мёда

Зависимость вязкости йогуртов от концентрации мёда описывается уравнением $y = -3,85x + 232$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9634$ в диапазоне концентраций мёда 0–30% (рис. 5). Зависимость прочности йогуртов от концентрации мёда представлена на рис. 6.

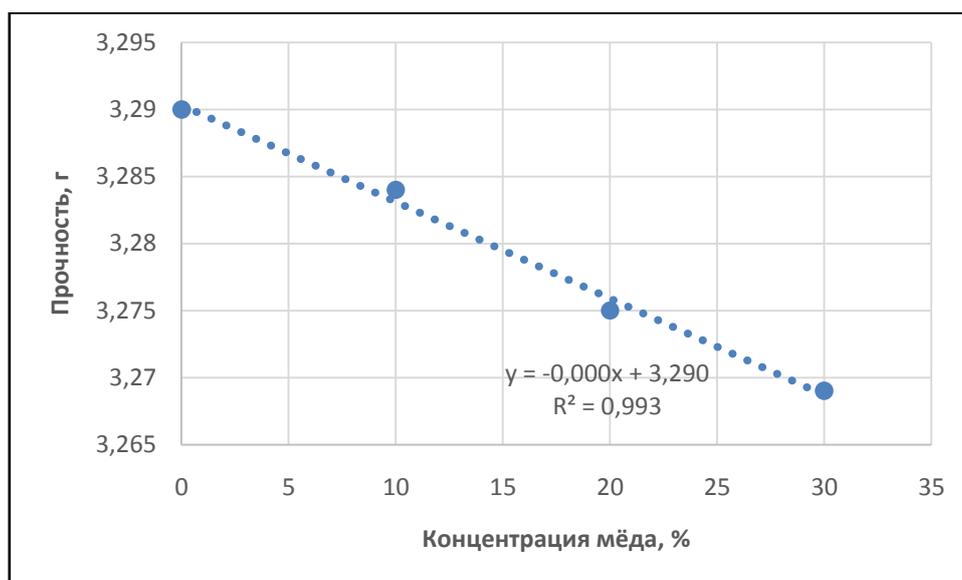


Рис. 6. Зависимость прочности йогуртов от концентрации мёда

Как видно из рис. 6, прочность йогуртов снижается при увеличении концентрации мёда. Зависимость описывается уравнением $y = -0,0007x + 3,29$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9931$.

3.3. Влияние злаков на реологические свойства йогуртов

На рис. 7 представлены полученные данные вязкости образцов йогурта в зависимости от концентрации злаков.

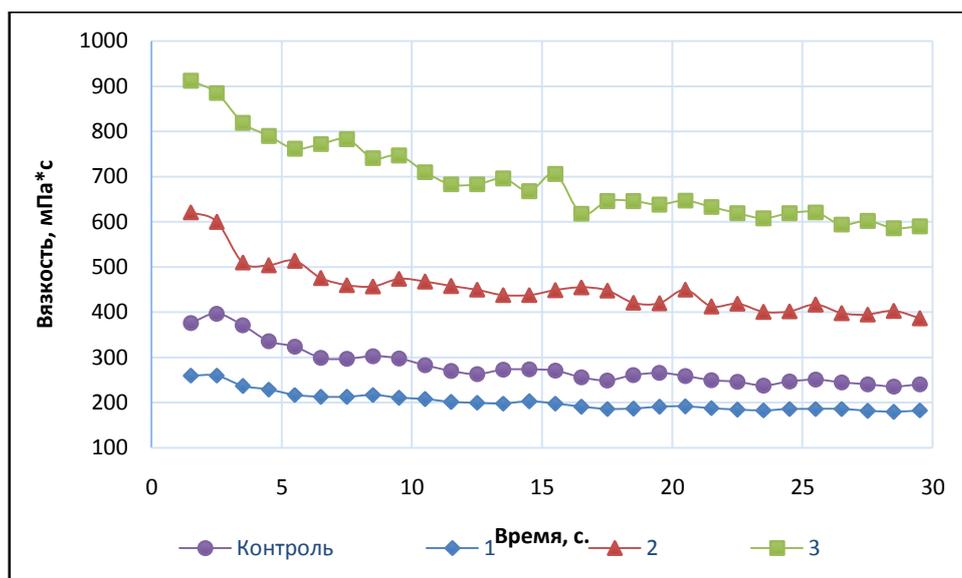


Рис. 7. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации злаков: 1 – 0,5%, 2 – 10%, 3 – 20%

При добавлении злаков в количестве 0,5%, 10 %, 20 % от массы йогуртов вязкость исследуемых образцов составила 183, 387 и 590 мПа*с соответственно (рис. 7). Вязкость йогурта без наполнителя составила 228 мПа*с. Добавление злаков способствует увеличению вязкости сгустков, причем в небольшой концентрации (0,5%) злаки не оказывают влияния на увеличение вязкости йогурта. Стабилизирующее действие злаков объясняется наличием в их составе крахмала, связывающего воду.

Зависимость вязкости йогуртов от концентрации злаков представлена на рис. 8.

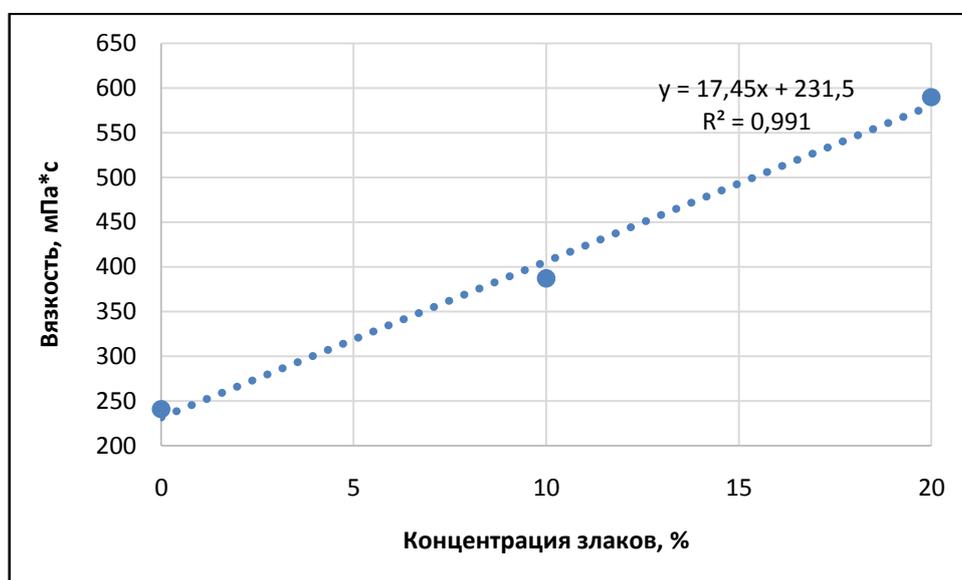


Рис. 8. Зависимость конечной вязкости йогуртов от концентрации злаков

Зависимость вязкости йогуртов от концентрации злаков хорошо описывается линейным уравнением $y = 17,45x + 231,5$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9912$ в диапазоне концентраций злаков 0 – 20% (рис. 8). Из рис. 2, 5, 8 следует, что увеличение концентрации злаков оказывает наибольшее влияние на изменение вязкости йогурта. Стоит учитывать, что использование злаков в большой концентрации (20%) способствует получению йогурта вязкой консистенции, в то время как

для получения консистенции питьевого йогурта целесообразно использовать меньшие концентрации злаков. Зависимость прочности йогуртов от концентрации злаков представлена на рис. 9.

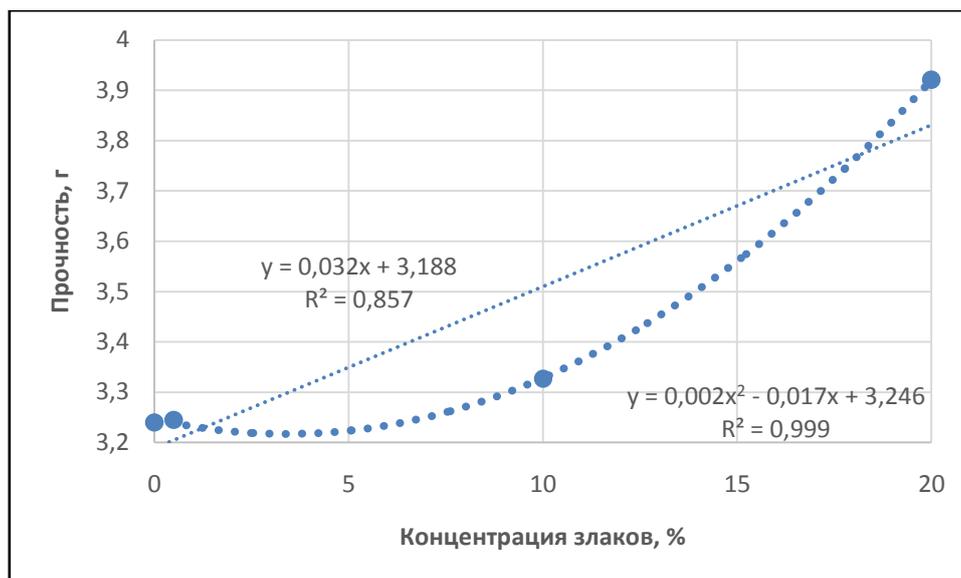


Рис. 9. Зависимость прочности йогуртов от концентрации злаков

Как видно из рис. 9, прочность йогуртов увеличивается при увеличении концентрации злаков. Зависимость описывается уравнением $y = 0,0026x^2 - 0,0175x + 3,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9997$, либо линейным уравнением $y = 0,0321x + 3,19$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,8578$. Как видно из рис. 3, 6, 9 изменение концентрации злаков оказывает большее влияние на изменение прочности йогуртов по сравнению с другими исследованными наполнителями.

Таким образом, необходимо подбирать корректную концентрацию наполнителя для достижения желаемой вязкости получаемого йогурта: питьевого или вязкого – учитывая также органолептические свойства.

4. Выводы

Проведены исследования влияния сахарного сиропа, меда и злаков на реологические свойства йогуртов. Найдены эмпирические зависимости вязкости и прочности йогуртов от концентрации введенных наполнителей. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации сахарного сиропа характеризуется уравнением $y = -4,07x + 236,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,944$ в диапазоне концентраций сахарного сиропа 0–30%. Зависимость прочности йогуртов от концентрации сахарного сиропа описывается уравнением $y = -0,0051x + 3,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9868$ в диапазоне концентраций сахарного сиропа 0–30%. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации меда описывается уравнением $y = -3,85x + 232$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9634$ в диапазоне концентраций меда 0–30%. Зависимость прочности йогуртов от концентрации меда описывается уравнением $y = -0,0007x + 3,29$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9931$. Зависимость вязкости йогуртов от концентрации злаков хорошо описывается линейным уравнением $y = 17,45x + 231,5$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9912$ в диапазоне концентраций злаков 0–20%. Зависимость прочности йогуртов от концентрации злаков описывается уравнением $y = 0,0026x^2 - 0,0175x + 3,25$ с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9997$ в диапазоне концентраций злаков 0–20%.

Литература

1. Мансуров В.А., Прокопьев Н.А., Маршак В.А. Реологические свойства йогурта с различными стабилизаторами // Минский международный форум по тепло- и массообмену. Минск, 2004.
2. Харитоновна И.Б. Изучение структурно-механических свойств кисломолочных напитков с добавкой из порошка корня сельдерея // Молодой ученый. 2011. т.1. №4. С. 76–79.
3. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П., Аргымбаева А.Е. Модификация структуры йогурта с помощью амарантового экстракта и трансглутаминазы // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 2.
4. Трофимов А.Н., Клабукова И.Н., Кислицын А.Н., Ткаченко Ю.А. Композиция для производства функционального молочного продукта и способ производства функционального молочного продукта: пат. 2335132 Российская Федерация. 2008. Бюл. № 28. 14 с.
5. Просеков А.Ю., Разумникова И.С., Крупин А.В., Короткая Е.В. Способ производства ферментированного напитка: пат. 2413419 Российская Федерация. 2011. Бюл. № 7. 6 с.
6. Еремина, О.Ю., Иванова Т.Н. Кисломолочные напитки с крупяными концентратами // Пищевая промышленность. 2009. № 3. С. 55–56.
7. Канарейкина С.Г. Создание молочно-растительного йогурта // Политематический научный журнал Башкирского государственного аграрного университета. 2013.
8. Ломова Н.Н., Снежко О.О. Влияние меда, маточного молочка и пыльцы на биотехнологические процессы, происходящие в кисломолочных напитках // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 2. № 12(68). С. 62–65.
9. Ильин В.П., Ильина С.Г., Юрченко Н.А., Лунева Н.М. Кисломолочный продукт и способ его получения: пат. 2329651 Российская Федерация, 2008. Бюл. № 21. 11 с.
10. Шилова Н.М., Гаврилова Н.Б. Композиция для приготовления кисломолочного продукта: пат. 2321262 Российская Федерация. 2008. Бюл. № 10. 6 с.
11. Лемехова А.А., Силантьева Л.А., Ивановская Л.С. Кисломолочные продукты с проростками злаковых культур // Молочная промышленность. 2012. № 10. С. 58.
12. Тарасова Е.Ю. Исследование и разработка технологии ферментированного молочно-злакового продукта: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2014.

References

1. Mansurov V.A., Procopyev N.A., Marshak V.A. Rheological properties of yogurt with different stabilizers. *Minsk international forum on heat and mass transfer*. Minsk, 2004. (In Russian)
2. Kharitonova I.B. The study of the structural and mechanical properties of fermented milk drinks with the addition of celery powder. *Young Scientist*. 2011, V. 1, № 4, pp. 76–79. (In Russian)
3. Shleikin A.G., Danilov N.P., Argymbaeva A.E. Yoghurt structure modification with amaranth extract and transglutaminase addition. *Scientific journal NRU ITMO Series "Processes and equipment for food production"*. 2015, № 2. (In Russian)
4. Trofimov A.N., Klabukova I.N., Kislitsyn A.N., Tkachenko Y.A. *The composition for the production of functional dairy product and the method for the production of functional dairy product*. Patent RF, no. 2335132. 2008. (In Russian)
5. Prosekov A.Y., Razumnikova I.S., Krupin A.V., Korotkaya E.V. *The method of a fermented beverage producing*. Patent RF no. 2413419. 2011. (In Russian)
6. Eremina O.Y., Ivanova T.N. Fermented milk drinks with cereal concentrates. *Food production*. 2009, № 3, pp. 55–56. (In Russian)
7. Kanareikina S.G. Dairy-vegetable yogurt creation. *Russian Electronic Scientific Journal*. 2013. (In Russian)

8. Lomova N.N., Snezhko O.O. The influence of honey, royal jelly and pollen on biotechnological processes in dairy drinks. *East European journal of advanced technology*. 2014, V. 2, № 12(68), pp. 62–65.(In Russian)
9. Ilyin V.P., Ilyina S.G., Yurchenko N.A, Luneva N.M. *Fermented milk product and method for its production*. Patent RF 2329651. 2008. (In Russian)
10. Shilov N.M., Gavrilova N.B. *Composition for the preparation of fermented milk product*. Patent RF no. 2321262. 2008. (In Russian)
11. Lemehova A.A., Silantyeva L.A., Ivanovskaya L.S. Dairy products with sprouts of cereals. *Dairy industry*. 2012. № 10. P. 58.(In Russian)
12. Tarasova E.Y. Research and development of technology of fermented milk-based cereal products. *Candidate's thesis*. Omsk, 2014. (In Russian)