 © Авторы статьи / Authors of the article

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ/FOOD SYSTEMS

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.13 EDN: EQKFJK

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗОМАЛЬТООЛИГОСАХАРИДА НА СВОЙСТВА ТЕРМОСТАТНЫХ ЙОГУРТОВ РАЗЛИЧНОЙ ЖИРНОСТИ

Научная статья

Пономарев В.Я.[1], Юнусов Э.Ш.[2,] *, Никитина Е.В.[3]
[1] ORCID : 0000-0003-1320-4881;
[2] ORCID : 0000-0001-7847-7229;
[3] ORCID : 0000-0003-2446-446X;
[1, 2, 3] Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ed.yunusov[at]gmail.com)

Предложена: 07.10.2026; Принята: 22.10.2026; Опубликована: 19.11.2026

Аннотация

Одним из приоритетных направлений исследований в пищевой биотехнологии выступает получение пищевых продуктов, в том числе молочных, обогащенных функциональными ингредиентами пребиотического действия, что позволяет сочетать высокую пищевую ценность молочных продуктов с функциональной направленностью за счет вносимых компонентов.

Целью данной работы являлось исследование влияния различных концентраций изомальтоолигосахарида на качественные показатели йогуртов различной жирности, изготовленных термостатным способом.

Результаты исследования показали, что добавление изомальтоолигосахарида в состав йогуртов, в особенности маложирных, в дозировке 3–5% позволяет понизить синерезис, улучшить сенсорные характеристики, а также улучшить функционально технологические свойства готовых продуктов и сформировать плотный устойчивый однородный сгусток.

Ключевые слова: пребиотики, йогурт, изомальтоолигосахарид, гидроколлоиды, синерезис, кисломолочные продукты.

A STUDY OF THE EFFECT OF ISOMALTOLIGOSACCHARIDE ON THE PROPERTIES OF THERMOSTABLE YOGHURTS WITH VARYING FAT CONTENTS

Research article

Ponomarev V.Y.[1], Yunusov E.S.[2,] *, Nikitina E.V.[3]
[1] ORCID : 0000-0003-1320-4881;
[2] ORCID : 0000-0001-7847-7229;
[3] ORCID : 0000-0003-2446-446X;
[1, 2, 3] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (ed.yunusov[at]gmail.com)

Suggested: 07.10.2026; Accepted: 22.10.2026; Published: 19.11.2026

Abstract

One of the priority areas of research in food biotechnology is the production of food products, including dairy products, enriched with functional ingredients that have a prebiotic effect; this makes it possible to combine the high nutritional value of dairy products with functional benefits derived from the added components.

The aim of this work was to examine the effect of different concentrations of isomaltoligosaccharide on the quality parameters of yoghurts with varying fat contents, produced using a thermostatic method.

The research results showed that adding isomaltoligosaccharide to yoghurts, particularly low-fat varieties, at a concentration of 3–5% reduces syneresis, improves sensory characteristics, enhances the functional and technological properties of the finished products, and results in a firm, stable and uniform curd.

Keywords: prebiotics, yoghurt, isomaltoligosaccharide, hydrocolloids, syneresis, fermented milk products.

Введение

Йогурт — один из наиболее популярных ферментированных молочных продуктов. Его получают путем сквашивания молока с помощью термофильных молочнокислых бактерий, главным образом *Streptococcus thermophilus u Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Йогурт также является наиболее изученным кисломолочным продуктом, положительные свойства которого для здоровья людей являются подтвержденными и доказанными. Употребление йогурта рекомендовано для людей с непереносимостью лактозы, артериальной гипертензией, сердечно-сосудистыми заболеваниями. При этом данный кисломолочный продукт обладает высокой пищевой ценностью и сбалансированными сенсорными свойствами, что позволяет включать его в ежедневный рацион питания [1].

Особенностью термостатного йогурта является плотная структура, которая формируется при величине pH, близкой к изоэлектрическим значениям (около 4,6) за счет дисульфидных поперечных связей между денатурированными сывороточными белками и к-казеином, а также агрегации казеиновых мицелл с включением сывороточных белков

 © Авторы статьи / Authors of the article

посредством водородных связей [2]. Наиболее заметным и существенным технологическим дефектом для йогурта, произведенного термостатным способом, является синерезис, или отделение сыворотки. Он проявляется в виде жидкости, образующейся на поверхности ферментированного геля, что снижает товарный вид продукта, его потребительскую привлекательность, а также ухудшает органолептические характеристики [3].

Отделение сыворотки в йогурте может быть вызвано низким содержанием сухих веществ, ненадлежащим проведением тепловой обработки и гомогенизации, неправильным выбором заквасочных культур, нарушением режимов технологической обработки (продолжительность и температура сквашивания), а также механическими воздействиями, возникающими при транспортировке и реализации продукта [4].

Одним из наиболее распространенных способов снижения синерезиса йогурта является использование дополнительных ингредиентов, стабилизирующих структуру геля и повышающих его прочность [5]. В качестве стабилизаторов широко применяются гидроколлоиды, которые благодаря своему строению и наличию длинных и разветвленных молекул способны связывать воду, ограничивать ее перемещение внутри матрицы геля и снижать синерезис в продукте [6].

К числу наиболее популярных гидроколлоидов растительного происхождения, используемых при производстве молочной продукции, относится инулин — неперевариваемый фруктоолигосахарид, обладающий некоторыми свойствами пищевых волокон [7]. Было установлено положительное влияние инулина на технологические свойства маложирных йогуртов, в которых наблюдалось менее выраженное самопроизвольное отделение сыворотки, а сгусток обладал более стабильной и компактной структурой [8].

Сходным действием на свойства кисломолочного сгустка обладает изомальтоолигосахарид (ИМО), являющийся смесью короткоцепочечных углеводов и получаемый путем ферментативной обработки крахмала. ИМО состоит преимущественно из олигосахаридов (панозы, изомальтозы, изомальтотриозы и ряда других), остатки глюкозы в которых соединены α-(1→4)- и α-(1→6) гликозидными связями. ИМО обладает пребиотическими свойствами, оказывает благоприятное бифидогенное влияние на кишечную микробиоту, имеет сладкий вкус, но при этом низкую калорийность и умеренный гликемический отклик. ИМО также может быть отнесен к растворимым пищевым волокнам, он не выпадает в осадок, не придает мутности продукту и не кристаллизуется. Положительным моментом также является устойчивость ИМО к воздействию высоких температур (в отличие от инулина) и низким уровням pH [9]. В настоящее время ИМО представлен как функциональный пищевой ингредиент в Японии и странах Азии, но его использование в Европе и в нашей стране ограничено и не получило широкого распространения [10].

Целью данной работы являлось изучение влияния различных дозировок изомальтоолигосахарида на технологические, физико-химические и реологические свойства термостатных йогуртов различной жирности.

Методы и принципы исследования

Объектами исследования служили образцы йогуртов, изготовленные из коровьего молока с массовой долей жира 1,5% и 3,2% и обогащенные функциональной добавкой изомальтоолигосахарид (ИМО) в дозировке 3, 5, 7 и 10% к массе сырья. Контрольными образцами являлись йогурты жирностью 1,5% и 3,2% без внесения ИМО.

Йогурты изготавливали по стандартной технологической схеме производства термостатных йогуртов. Для сквашивания молока использовали коммерческую концентрированную лиофилизированную заквасочную культуру, включающую в себя *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus.* Бактериальные культуры вносили в молоко согласно рекомендациям производителя. Молоко нормализовали по массовой доле жира, гомогенизировали, подвергали пастеризации при температуре 90–95 °С с выдержкой 3–5 минут. В молоко вводили предварительно растворенный препарат ИМО в необходимой концентрации, смесь тщательно перемешивали до полного растворения, затем вносили заквасочную культуру. Сквашивание вели в термостате при температуре 41±1 °С до достижения кислотности 85-90 °Т. Готовые образцы йогуртов охлаждались и хранились при температуре 4±1 °С.

В готовых образцах йогуртов определяли физико-химические, реологические, структурные показатели, а также проводилась органолептическая оценка.

Физико-химические показатели йогуртов (содержание белка, сухих веществ) определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12».

Определение влагоудерживающей способности и синерезиса молочного сгустка проводили методом центрифугирования.

Определение pH проводили потенциометрически при помощи pH-метра, титруемую кислотность определяли титриметрическим методом.

Реологические показатели образцов йогуртов — вязкость и напряжение сдвига определяли с помощью ротационного вискозиметра.

Анализ профиля текстуры (ТРА) образцов в модификации для кисломолочных продуктов проводился на анализаторе текстуры «Структурометр СТ–2» [11].

Сенсорную оценку контрольных и опытных образцов йогуртов проводили дегустационной комиссией из 9 экспертов с использованием 20-балльной адаптированной шкалы, в которой баллы распределяются по ключевым органолептическим признакам. Итоговый результат представляет собой среднее значение. Достоверность результатов сенсорного анализа была подтверждена методом априорного ранжирования факторов [12].

Все исследования проводились минимум в трех повторностях, с последующей статистической обработкой данных.

Результаты и обсуждение

Для обоснования целесообразности использования изомальтоолигосахарида (ИМО) в технологии йогуртов различной жирности и определения дозировки, обеспечивающей оптимальный технологический эффект, было исследовано влияние различных концентраций добавки на качественные показатели контрольных и опытных образцов продуктов.

 © Авторы статьи / Authors of the article

В таблице 1 представлены данные по изучению влияния ИМО на физико-химические показатели йогуртов.

Таблица 1 - Физико-химические показатели йогуртов

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.13.1

Образец	pH	Белок, %	Сухие вещества, %
йогурт с м.д.ж. 1,5%			
Контроль	4,25 ± 0,11	3,82±0,14	7,55±0,09
3%	4,19 ± 0,10	3,91±0,14	9,80±0,12
5%	4,16 ± 0,10	3,99±0,14	11,21±0,14
7%	4,12 ± 0,10	4,02±0,14	12,52±0,16
10%	4,05 ± 0,10	4,11±0,15	14,74±0,18
йогурт с м.д.ж. 3,2%			
Контроль	4,3±0,11	3,82±0,14	11,20±0,14
3%	4,3±0,11	3,94±0,15	13,48±0,17
5%	4,3±0,11	4,01±0,15	14,92±0,19
7%	4,25±0,11	4,06±0,15	16,32±0,20
10%	4,2±0,10	4,09±0,15	18,26±0,23

При внесении ИМО в дозировках 3-10% наблюдалось снижение pH, увеличение количества белка и сухих веществ, причем наблюдаемые тенденции были наиболее выражены для образцов йогуртов с жирностью 1,5%. Для йогуртов с жирностью 3,2% наблюдаемая тенденция сохранялась, но была менее выраженной. Увеличение содержания сухих веществ и белка является следствием внесения добавки и связано с суммарным ростом сухих веществ при снижении влажности за счет гигроскопичности добавки. Снижение pH указывает на стимуляцию молочнокислой микрофлоры и способствует более интенсивному накоплению молочной кислоты. Аналогичные данные были получены при исследовании воздействия ИМО на свойства маложирного кефира [13].

Также было отмечено эффективное воздействие ИМО на технологические и реологические показатели йогуртов. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Технологические и реологические показатели йогуртов

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.13.2

Образец	Влагоудерживающая способность, %	Вязкость, Па×с	Синерезис, %	Напряжение сдвига, мПа
йогурт с м.д.ж. 1,5%				
Контроль	34,5±1,7	1502,5±32,3	70±1,23	12891,4±683,2
3%	39,5±2,0	961,3±24,1	60±0,98	8247,9±714,3
5%	39,5±2,0	850,4±23,8	40±0,96	7534,5±756,3
7%	40,5±2,0	782,8±22,6	30±1,10	6716,4±698,3
10%	54,7±2,7	634,4±22,3	10±0,86	5443,1±453,4
йогурт с м.д.ж. 3,2%				
Контроль	55,0±2,7	1266,09±32,3	30±1,05	10863,1±724,3
3%	59,0±2,9	816,9±26,2	20±1,01	7009±653,9
5%	61,5±3,1	981,6±26,3	10±0,97	8422,1±499,6
7%	66,5±3,3	1196,2±29,5	10±0,99	10263,3±854,7
10%	88,0±4,4	1652,2±34,2	10±0,89	14175,8±956,7

Для опытных образцов йогуртов независимо от жирности внесение ИМО приводило к увеличению влагоудерживающей способности и резкому снижению синерезиса. Наблюдаемый эффект связан с тем, что многочисленные гидроксильные группы ИМО связывают воду за счет водородных связей, ограничивая ее подвижность. Воздействуя на казеиновую сетку ИМО повышает ее стабильность и препятствует расслоению.

Реологические показатели образцов йогуртов с внесением различных дозировок ИМО менялись разнонаправленно в зависимости от жирности продукта. В йогурте с массовой долей жира 1,5% было установлено снижение вязкости и напряжения сдвига, а в образцах с массовой долей жира 3,2% была отмечена немонотонная зависимость. При концентрации ИМО 3% отмечен минимум значений как вязкости, так и напряжения сдвига. При дозировках ИМО 5-10% был установлен рост данных показателей выше контрольных значений.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Разнонаправленное изменение реологических показателей связано с механизмом действия ИМО на структуру молочного геля. ИМО по своему строению и свойствам относится к нейтральным гидроколлоидам. Его механизм действия объясняется повышением вязкости непрерывной фазы за счет физических и структурно-реологических эффектов, таких как наличие длинных гидратируемых молекул, образования рыхлой трехмерной сетки и слабых нековалентных взаимодействий посредством гидрофобных эффектов и водородных связей [14].

При низком содержании жира с внесением добавки происходит пластификация белковой сетки, гель становится однородным и менее плотным. При содержании жира 3,2% при концентрации 3–5% гидроколлоид встраивается в поры геля и снижает сопротивление течению. При более высоких концентрациях добавки за счет роста количества сухих веществ жир выступает дополнительным структурообразующим компонентом, усиливается взаимодействие между ИМО и казеином. Подобная зависимость характерна для нейтральных гидроколлоидов и описана для инулина и некоторых фруктоолигосахаридов.

Оценку структурных показателей контрольных и опытных образцов йогуртов вели методом ТРАанализа. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Показатели текстуры йогуртов

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.13.3

Образец	Твердость, г	Упругость, %	Когезия, %	Липкость, г	Сила адгезии, г
йогурт с м.д.ж. 1,5%					
Контроль	42,9±0,45	76,76±0,73	93,21±0,23	39,38±1,1	9±0,9
3%	53,5±0,52	83,73±0,95	96,43±0,27	51,59±2,0	9,7±1,1
5%	46,7±0,39	77,53±0,82	95,54±0,31	44,61±2,3	7,8±1,2
7%	43,1±0,46	77,73±0,94	97,03±0,30	41,82±1,8	7,1±0,8
10%	42±0,32	76,47±1,01	97,51±0,26	40,96±1,9	6,6±0,8
Йогурт с м.д.ж. 3,2%					
Контроль	45,8±0,62	78,4±0,95	93,53±0,27	42,83±2,1	9,2±1,1
3%	53,1±0,47	79,96±0,89	90,44±0,32	48,02±1,2	9,8±0,7
5%	49,2±0,52	78,73±0,91	94,78±0,26	46,63±1,6	8,6±0,9
7%	48,7±0,51	78,33±0,93	93,9±0,28	45,73±2,1	8,8±1,0
10%	48±0,49	79,33±0,95	96,55±0,32	46,34±1,8	8,9±0,8

Изменение показателей текстуры у йогуртов с различными дозировками ИМО зависело от жирности продукта. Для образцов с массовой долей жира 1,5% было отмечено возрастание всех рассматриваемых показателей при дозировке ИМО 3%. При увеличении дозировки до 5–10% ИМО в маложирных йогуртах было отмечено снижение твердости, липкости и упругости и рост когезии. Для йогуртов с массовой доли жира 3,2% данные показатели также имели максимум при дозировке 3–5% и снизились при увеличении концентрации ИМО, но данная тенденция была менее выражена. Таким образом при дозировке 3% ИМО наблюдается оптимальное действие механизмов структурирования сгустка — олигосахарид эффективно встраивается в белковую сеть и уплотняет ее за счет усиления гидратации белковой матрицы и перераспределения влаги внутри структуры геля. Полученные данные хорошо согласуются с исследованиями по влиянию инулина на качество маложирных йогуртов и влияния галактоолигосаридов и полидекстрозы на качество греческого йогурта [15], [16].

Результаты органолептической оценки контрольных и опытных образцов йогуртов представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Органолептическая оценка йогуртов

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.13.4

Образец	Внешний вид	Консистенция и цвет	Вкус и запах	Итого
йогурт с м.д.ж. 1,5%				
Контроль	5	4	8	17
3%	5	5	9	19
5%	5	5	9	19
7%	5	5	8	18
10%	5	5	5	15
йогурт с м.д.ж. 3,2%				
Контроль	5	4	9	18
3%	5	5	9	19

 © Авторы статьи / Authors of the article

Образец	Внешний вид	Консистенция и цвет	Вкус и запах	Итого
5%	5	5	8	18
7%	5	5	6	16
10%	5	5	5	15

Суммарная органолептическая оценка была наибольшей при дозировке 3-5% ИМО. При увеличении дозировки в образцах проявлялась избыточная сладость, что снизило итоговую оценку. При этом внешний вид образцов получил максимальную оценку.

Заключение

Разработка рецептур кисломолочных продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами, в том числе и пребиотического действия, является одним из приоритетных направлений развития пищевой биотехнологии, так как полученные продукты сочетают высокую пищевую ценность молока с функциональной направленностью за счет вносимых компонентов. Включение гидроколлоидов в состав йогуртов представляет интерес, так как такие компоненты оказывают не только физиологическое воздействие, связанное со стимулирующим воздействием на кишечную микрофлору, но и способны положительно влиять на физико-химические, структурные и сенсорные характеристики продукта. Для термостатных кисломолочных продуктов это особенно важно, так как формирование плотного, устойчивого и однородного сгустка — один из ключевых факторов восприятия продукта потребителем. Изомальтоолигосахарид представляется перспективной добавкой, которая является как источником растворимых углеводов, так и модификатором структуры молочного сгустка.

По совокупности проведенных исследований изомальтоолигосахарид можно рекомендовать для использования в технологии производства термостатных йогуртов, в особенности маложирных, в дозировке 3–5%. При данных концентрациях ИМО достигается снижение синерезиса, улучшаются функционально-технологические показатели молочного сгустка, а также сенсорное восприятие продукта.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Donmez O. Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders / O. Donmez, B.A. Mogol, V. Go¨kmen // J Dairy Sci. — 2017. — № 100. — P. 901–907. — DOI: 10.3168/jds. 2016-11262.

2. Wang X. The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt / X. Wang, E. Kristo, G. LaPointe // Food Hydrocoll. — 2019. — № 91. — P. 83–91. — DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.004.

3. El Bouchikhi S. Syneresis investigations of lacto-fermented sodium caseinate in a mixed model system / S. El Bouchikhi, P. Page`s, Y. El Alaoui [et al.] // BMC Biotechnol. — 2019. — № 19. — P. 57. — DOI: 10.1186/s12896-019-0539-1.

4. Bierzunska P. Storage stability of texture and sensory properties of yogurt with the addition of polymerized whey proteins / P. Bierzunska, D. Cais-Sokolinska, A. Yigit // Foods. — 2019. — № 8. — P. 548. — DOI: 10. 3390/foods8110548.

5. Khanniri E. Development of an efficient stabiliser mixture for physical stability of nonfat unfizzy doogh / E. Khanniri, M. Yousefi, N. Khorshidian // Int J Dairy Technol. — 2019. — № 72. — P. 8–14. — DOI: 10.1111/1471-0307.12554.

6. Yemeniciog˘lu A. A review of current and future food applications of natural hydrocolloids / A. Yemeniciog˘lu, S. Farris, M. Turkyilmaz [et al.] // Int J Food Sci Technol. — 2020. — № 55. — P. 1389–1406. — DOI: 10.1111/ijfs. 14363.

7. El-Nagar G. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin / G. El-Nagar, G. Clowes, M. Tudorica [et al.] // International Journal of Dairy Technology. — 2002. — № 55. — P. 89–93. — DOI: 10.1046/j.1471-0307.2002.00042.x/pdf.

8. Ramchandran L. Effect of exopolysaccharides and inulin on the proteolytic, angiotensinI-converting enzyme- and α-glucosidase-inhibitory activities as well as on textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage / L. Ramchandran, N.P. Shah // Dairy Science & Technology. — 2009. — № 89 (6). — DOI: 10.1051/dst/2009039.hal-00895717.

9. Sharma S. Isomaltooligosaccharides utilization and genomic characterization of human infant anti-inflammatory Bifidobacterium longum and Bifidobacterium breve strains / S. Sharma, S. Singh, V. Chaudhary [et al.] // 3 Biotech. — 2022. — № 12 (4). — P. 89. — DOI: 10.1007/s13205-022-03141-2. — PMID: 35299989; PMCID: PMC8901852.

10. Wang W. Isomalto oligosaccharides ameliorate visceral hyperalgesia with repair damage of ileal epithelial ultrastructure in rats / W. Wang, H. Xin, H., Fang [et al.] // PLOS ONE. — 2017. — № 12 (4). — Art. e0175276.

 © Авторы статьи / Authors of the article

11. Najgebauer-Lejko D. Changes in the viscosity, textural properties, and water status in yogurt gel upon supplementation with green and Pu-erh teas / D. Najgebauer-Lejko, M. Witek, D. Żmudziński [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2020. — Vol. 103. — Iss. 12. — P. 11039–11049. — DOI: 10.3168/jds.2020-19032.

12. Ponomarev V.Y. Modelling of recipe mixtures of food products by directional variation of quantitative ratios of raw components / V.Y. Ponomarev, E.S. Yunusov // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — № 12(40). — DOI: 10.23649/JAE.2023.40.26.

13. Jun M. The effect of isomaltooligosaccharide as a fat replacer on the quality of nonfat kefir manufacture / M. Jun, F. Fei, l. Yunfei // International Journal of Dairy Technology. — 2016. — № 70. — P. 407–414. — DOI: 10.1111/1471-0307.12363.

14. Yousefi M. Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties / M. Yousefi, S.M. Jafari // Trends Food Sci Technol. — 2019. — № 88. — P. 468–483. — DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.015.

15. Paseephol T. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition / T. Paseephol, D.M. Small, F. Sherkat // Journal of Texture Studies. — 2008. — № 39. — P. 617–634.

16. Guven M. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture / M. Guven, K. Yasar, O.B. Karaca [et al.] // International Journal of Dairy Technology. — 2005. — № 58 — P. 180–184.