

# Пищевые ингредиенты, сырье и материалы Food ingredients, raw materials and materials

Научная статья  
УДК 658.788.462+547.458.1  
DOI: 10.14529/food250102

## МЕТОДОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКТИВНЫХ ДВОЙНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ МОЛОЧНЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

**А.М.Я. Кади**, *kadia@susu.ru*

**В. Анйум**, *animum@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

**Аннотация.** В данном исследовании рассматривается влияние внедрения двойной эмульсии в пищевую матрицу йогурта для создания функционального кисломолочного продукта с улучшенными физиологическими характеристиками. Современные подходы к разработке пищевых продуктов акцентируют внимание на обогащении состава биологически активными компонентами, что способствует формированию улучшенных свойств усвояемости, биоактивности и антиоксидантного потенциала. В рамках работы были разработаны четыре образца йогурта, содержащие различные дозировки двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан), и проведена комплексная оценка их качественных характеристик. Результаты исследования показали, что введение двойной эмульсии в количестве 5 % способствует значительному повышению антиоксидантной активности (АОА), измеренной методом DPPH, до  $(60,3 \pm 0,6) \%$ . Кроме того, индекс биоактивности (ИБА) на стадии тонкого кишечника достигал  $(67,5 \pm 0,3) \%$ , что свидетельствует о высоком уровне сохранения биологически активных веществ после процессов пищеварения. Данные параметры подтверждают, что использование двойных эмульсий в составе йогурта может способствовать лучшему усвоению полезных компонентов организмом, снижению раздражающего воздействия на слизистую оболочку желудка и увеличению эффективности функционального питания. Дополнительно проведенные исследования подтвердили, что все образцы соответствуют требованиям ГОСТ 31981-2013 по органолептическим и физико-химическим показателям. Внесение двойной эмульсии не оказывает негативного влияния на основные характеристики йогурта, такие как вкус, консистенция, кислотность и содержание белка. Более того, оценка токсичности, проведенная с использованием инфузорий *Paramecium caudatum*, продемонстрировала отсутствие токсического воздействия, что свидетельствует о безопасности полученных образцов. Таким образом, внедрение двойных эмульсий с фукоиданом в технологию производства йогурта открывает новые перспективы для создания функциональных кисломолочных продуктов с повышенной питательной и профилактической ценностью. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейшего совершенствования рецептур и технологических процессов в пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** двойные эмульсии, йогурт, фукоидан, функциональный продукт, ультразвук, биоактивность

**Благодарности.** Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 22-76-10049.

**Для цитирования:** Кади А.М.Я., Анйум В. Методология применения биоактивных двойных эмульсий для молочных пищевых систем // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 1. С. 11–18. DOI: 10.14529/food250102

Original article  
DOI: 10.14529/food250102

## METHODOLOGY FOR THE APPLICATION OF BIOACTIVE DOUBLE EMULSIONS FOR DAIRY FOOD SYSTEMS

A.M.Y. Kadi, *kadia@susu.ru*

V. Anjum, *animumv@susu.ru*

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

**Abstract.** This study examines the effect of embedding a double emulsion into the food matrix of yogurt to create a functional fermented milk product with enhanced physiological properties. Modern approaches to food product development emphasize the enrichment of composition with bioactive components, which contributes to improved digestibility, bioactivity, and antioxidant potential. As part of this work, four yogurt samples containing different dosages of double emulsion (DE:50(PE):50(W) + fucoidan) were developed and comprehensively assessed for their quality characteristics. The results of the study demonstrated that the introduction of a double emulsion at a concentration of 5 % significantly increased the antioxidant activity (AOA), measured using the DPPH method, up to  $(60.3 \pm 0.6)$  %. Additionally, the bioactivity index (IBA) at the small intestine stage reached  $(67.5 \pm 0.3)$  %, indicating a high level of retention of biologically active substances after digestion. These parameters confirm that the use of double emulsions in yogurt formulations can enhance the absorption of beneficial components, reduce irritation of the gastric mucosa, and improve the effectiveness of functional nutrition. Further studies confirmed that all samples complied with GOST 31981-2013 standards for organoleptic and physicochemical parameters. The incorporation of double emulsion did not negatively affect key yogurt characteristics such as taste, consistency, acidity, and protein content. Moreover, toxicity assessment using *Paramecium caudatum* ciliates demonstrated no toxic effects, confirming the safety of the obtained samples. Thus, the integration of double emulsions with fucoidan into yogurt production technology opens new prospects for the development of functional fermented milk products with enhanced nutritional and preventive value. The obtained results can be useful for further improvement of formulations and technological processes in the food industry.

**Keywords:** double emulsions, yogurt, fucoidan, functional product, ultrasound, bioactivity

**Acknowledgments.** The article was financially supported by a grant from the Russian Science Foundation (RSF) within the framework of project 22-76-10049.

**For citation:** Kadi A.M.Y., Anjum V. Methodology for the application of bioactive double emulsions for dairy food systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 11–18. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250102

### Введение

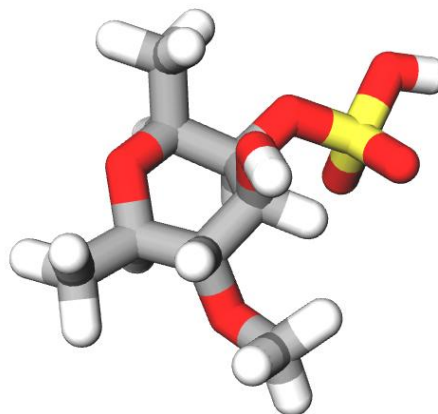
На сегодняшний день проблема поддержания отличного уровня здоровья и благополучия с целью обеспечения устойчивого развития является актуальной задачей и реализуется в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (Повестка-2030), которая сформировала единое понимание 17 целей устойчивого развития (ЦУР), а именно относящейся к цели № 3, которая направлена на обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте. Данная цель сосредоточена на различных аспектах здорового образа жизни.

Для достижения цели осуществляются разработки инновационных способов решения проблем поддержания отличного уровня здоровья и благополучия, что согласуется с основными задачами Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Данная стратегия предусматривает: развитие высокопродуктивного и экологически чистого агро- и аквахозяйства, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Разработка функциональных продуктов питания является актуальным направлением по следующим причинам: рост числа хронических заболеваний, снижение физической активности, недостаточная обеспеченность населения жизненно важными нутриентами, негативное влияние традиционных продуктов питания. Стоит отметить, что под термином «функциональные продукты питания» понимаются пищевые продукты, которые имеют дополнительные свойства помимо традиционной пищевой ценности в связи с добавлением (обогащением) дополнительных компонентов, новых или уже существующих. Для получения функциональных продуктов питания хорошим объектом являются кисломолочные продукты. Это связано с тем, что кисломолочные продукты обладают повышенной питательной ценностью и профилактическими свойствами благодаря наличию в составе витаминов, микроэлементов, биологически активных волокон и других ингредиентов. Наиболее популярной кисломолочной продукцией является йогурт. Йогурт – это кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих веществ. Его производят с использованием заквасочных микроорганизмов – термофильных стрептококков и болгарской молочнокислой палочки. Для обогащения пищевых систем применяют разные подходы, одним из возможных способов обогащения являются эмульсии (прямые, обратные, двойные и т. д.). Для получения функциональных кисломолочных продуктов (например, йогуртов) предлагается встраивать БАВ в двойную эмульсию и далее вносить в рецептуру продукта с целью повышения биоактивности и биодоступности.

Двойные эмульсии – это коллоидная система, в которой первичная эмульсия «вода в масле» диспергируется в водной фазе. Стоит отметить, что наиболее часто используется двойная эмульсия «**вода в масле в воде**» для пищевых продуктов с пониженным содержанием жира. Капли водной фазы эмульгируются внутри масляной фазы, которая в последующем встраивается в виде капель внутри внешней водной фазы. В качестве БАВ используют различные ингредиенты, обладающие высокой антиоксидантной активностью, высокой физиологической активностью. К таким БАВ можно отнести сульфатированный гетерополисахарид фукоидан. Фукоидан содержится в клеточных стенках растения мор-

ских водорослей и служит для защиты его от внешних стрессов. Фукоидан обладает высокой физиологической активностью, включают в себя такие эффекты, как антикоагулянтные, противовирусные, антиоксидантные, гиполипидемические, противовоспалительные и противоопухолевые. Химическая структура фукоидана представлена на рисунке [2, 4–6].



Химическая структура фукоидана

Целью данного исследования является определение влияния встраивания двойной эмульсии в пищевую матрицу йогурта с целью получения уникального функционального кисломолочного продукта с улучшенными физиологическими свойствами.

#### Объекты и методы исследования

Для изучения влияния встраивания двойной эмульсии, полученной с помощью сонохимического подхода при встраивании БАВ фукоидана и без него в пищевую матрицу кисломолочной продукции, для достижения поставленной цели в качестве объекта исследования была выбрана йогуртовая продукция [3, 8].

Двойные эмульсии были получены с применением в технологии ультразвукового воздействия с учетом соблюдения следующих стадий: приготовление внутренней водной фазы, комбинирование внутренней водной фазы с масляной фазой, регулирование эмульсии типа «вода-в-масле» (PE – 40:40) с наружной водной фазой (W) с образованием двойной эмульсии (DE). Описание основных характеристик качества двойных эмульсий, используемых для получения образцов йогурта с целью получения уникального функционального кисломолочного продукта с улучшенными физиологическими свойствами, представлено в табл. 1.

Для ультразвуковой обработки в качестве генератора ультразвука использовали аппарат

Таблица 1

Основные характеристики образцов двойных эмульсий (без внесения и с внесением фукоидана)

Показатели качества	Фактические значения	
	Образец 1 DE: 50(PE):50(W)	Образец 2 DE: 50(PE):50(W) + фукоидан
Вязкость, мПа·с	1,88 ± 0,4	3,59 ± 0,2
Стойкость эмульсии, процент неразрушенной эмульсии, %	99,0 ± 0,1	99,3 ± 0,1
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг	4,0 ± 0,2	3,75 ± 0,1
АОА, % (DPPH)	73,4 ± 0,1	85,1 ± 0,2

гомогенизатор ультразвуковой Q700 Sonicator (мощность 700 Вт) с зондом 1/2 от Qsonica, длительность воздействия составила 20 минут с перерывами при амплитуде 75 % (мощность 525 Вт) [12, 13].

Для достижения цели в качестве объектов были получены опытные образцы йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии 3, 5 % без и с внесением фукоидана:

**образец 1** – йогурт с внесением 3 % DE: 50(PE):50(W);

**образец 2** – йогурт с внесением 5 % DE: 50(PE):50(W);

**образец 3** – йогурт с внесением 3 % DE: 50(PE):50(W) + фукоидан;

**образец 4** – йогурт с внесением 5 % DE: 50(PE):50(W) + фукоидан.

Технология приготовления образцов йогурта: к 100 мл молока жирностью 3,2 % добавляли двойные эмульсии, представленные выше в количестве 3, 5 мл и закваску в количестве 0,5 мг, сбраживали (сбраживали) при комнатной температуре в течение 20 часов.

В качестве нормативного документа для регулирования качества опытных образцов йогурта использовался ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия». Для определения влияния встраивания двойной эмульсии в пищевую матрицу йогурта с целью получения уникального функционального кисломолочного продукта с улучшенными физиологическими свойствами были определены следующие показатели качества: органолептические (внешний вид и консистенция, вкус и запах, цвет (ГОСТ 31981-2013)), массовая доля белка (ГОСТ 23327), кислотность и pH (ГОСТ 3624, ГОСТ 31976), антиоксидантная активность (метод DPPH), потенциальная биоактивность, оценка безопасности и

токсичности (по ГОСТ 31674-2012). Все исследования проводились в трех измерениях.

*Антиоксидантная активность* оценивалась спектрофотометрически при 515 нм путем определения поглощающей способности свободного радикала 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила.

*Потенциальная биоактивность* – на основе определения индекса биоактивности (ИБА) по методике. Использование моделирования процесса переваривания *in vitro* проходило последовательно в две фазы: 1-я фаза – фаза ротовой полости (pH 6, фермент амилаза, температура 37 °С, 15 мин); 2-я фаза – фаза желудка (pH 2,5, фермент пепсин свиной, температура 37 °С, 2 ч); 3-я фаза – фаза тонкого кишечника (pH 6,5–7, ферменты панкреатин и липаза, температура 37 °С, 2 ч), затем смесь центрифугируется (8000 об/мин, 10 мин), фильтруется через мембранный ацетат-целлюлозный фильтр (0,45 мкм). В полученном фильтрате определяется количество АОА (DPPH, %).

Индекс биоактивности (И<sub>БА</sub>, %) рассчитывается по формуле

$$И_{БА} = \frac{АОА_{конц}}{АОА_{исх}} \times 100, \quad (1)$$

где АОА<sub>конц</sub> – АОА (DPPH, %) БАВ после процесса переваривания *in vitro*; АОА<sub>исх</sub> – АОА (DPPH, %) БАВ в исследуемом растворе до процесса переваривания.

*Оценку безопасности и токсичности* проводили с помощью автоматизированного аппаратно-программного комплекса «БиоЛат» на тест-организмах – инфузориях вида *Paramecium caudatum* путем подсчета количества выживших простейших в лунках с помощью программы Auto Ciliata сразу после подсаживания их в исследуемые растворы и через

2 ч после начала исследования. Оценка токсичности производилась автоматически.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования проводилась оценка полученных образцов йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии (без внесения и с внесением фукоидана) по органолептическим показателям качества по ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия». Полученные результаты исследования представлены в табл. 2.

Полученные результаты исследования подтвердили, что все полученные образцы йогурта по органолептическим показателям (внешний вид и консистенция, вкус и запах, цвет) соответствуют требованиям, представленным по ГОСТ 31981-2013. Внесение двой-

ной эмульсии (DE: 50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 3 и 5 % в состав йогурта оказало незначительный эффект на вкус и запах [1].

На втором этапе исследования была проведена физико-химическая оценка качества опытных образцов йогурта с целью выявления влияния вносимой добавки на характеристики готового продукта. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Полученные результаты исследований позволяют говорить о том, что внесение двойных эмульсий в йогурт в количестве 3 и 5 % существенно не оказало влияние на массовую долю белка, которая соответствует норме не менее 3,2 %. В то время как кислотность соответствует заявленной норме только у йогурта (образец 3) при внесении двойной

**Таблица 2**  
Результаты органолептической оценки качества опытных образцов йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии (без внесения и с внесением фукоидана)

Показатели качества	Исследуемые образцы йогурта			
	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4
Внешний вид и консистенция	Однородная, с нарушенным сгустком жидкость	Однородная, с нарушенным сгустком жидкость	Однородная, с нарушенным сгустком жидкость	Однородная, с нарушенным сгустком жидкость
Вкус и запах	Чистые, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов.	Чистые, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов.	Чистые, кисломолочный, слегка прослеживается привкус добавленного ингредиента. Без посторонних привкусов и запахов.	Чистые, кисломолочный, слегка прослеживается привкус добавленного ингредиента. Без посторонних привкусов и запахов.
Цвет	Молочно-белый, равномерный	Молочно-белый, равномерный	Молочно-белый, равномерный	Молочно-белый, равномерный

**Таблица 3**  
Результаты физико-химической оценки качества опытных образцов йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии (без внесения и с внесением фукоидана)

Показатели качества	Норма по ГОСТ 31981-2013	Исследуемые образцы йогурта			
		образец 1	образец 2	образец 3	образец 4
Массовая доля белка, %	не менее 3,2	3,1 ± 0,2	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,3 ± 0,2
Кислотность, °Т	от 75 до 140 включ.	73,3 ± 0,1	74,3 ± 0,2	76,0 ± 0,2	75,6 ± 0,2
pH	—*	4,6 ± 0,1	4,9 ± 0,1	4,9 ± 0,2	4,8 ± 0,1
АОА, % (DPPH)	—*	22,6 ± 0,2	33,9 ± 0,4	49,8 ± 0,2	60,3 ± 0,6

\* Данный показатель не нормируется по ГОСТ.

эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 3 % и составляет  $(76,0 \pm 0,2)^\circ\text{T}$  и у йогурта (образца 4) при внесении двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 5 % и составляет  $(75,6 \pm 0,2)^\circ\text{T}$ . Показатель pH у всех образцов йогурта существенно не изменился. Уровень pH может варьироваться в зависимости от процесса ферментации. Наибольшая антиоксидантная активность наблюдается у йогурта (образца 4) при встраивании двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 5 % и составляет  $(60,3 \pm 0,6) \%$ . Таким образом, высокая антиоксидантная активность позволит **уменьшить интенсивность свободнорадикального окисления и нейтрализовать свободные радикалы.**

На следующем этапе исследований проводилась оценка потенциальной биоактивности опытных образцов йогурта. Для решения этих задач широко применяются модели пищеварения *in vitro*, которые удобно использовать для прогнозирования биоактивности БАВ, встроенных в двойную эмульсию, поскольку они отличаются простотой исполнения, экономической доступностью и этической составляющей в сравнении с методами *in vivo*.

Переваривание представляет собой сложный процесс, при котором двойная эмульсия одновременно подвергается воздействию нескольких факторов: физических (механических, температурных), химических (pH) и биохимических (ферментных). Под индексом **биоактивности (ИБА)** понимается показатель, который характеризует сохраненную антиоксидантную активность (АОА) биологически активных веществ (БАВ) после смоделированного процесса пищеварения. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 4.

В тонкой кишке осуществляются завер-

шающие стадии гидролиза двойных эмульсий, начатого с помощью ферментов слюны, желудочного и поджелудочного соков. Наиболее высокий индекс биоактивности (ИБА) на 3-й фазе тонкого кишечника наблюдается у йогурта (образца 4) при встраивании двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 5 % и составляет  $(67,5 \pm 0,3) \%$ . Высокий ИБА у йогурта (образец 4) прослеживается на всех 3-х фазах пищеварения.

На заключительном этапе исследования проводилась оценка безопасности опытных образцов йогуртов с учетом показателя степени токсичности, которую определяли по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* через 2 часа экспозиции в вытяжке исследуемого продукта. Полученные результаты исследования представлены в табл. 5.

Результаты оценки степени токсичности опытных образцов йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии (без внесения и с внесением фукоидана) продемонстрировали прирост инфузорий, таким образом, была доказана нетоксичность образцов [3, 7, 9–11].

#### **Выводы по результатам работы**

Таким образом, результаты исследования доказывают, что встраивание двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в количестве 5 % в состав йогурта позволит получить уникальный функциональный кисломолочный продукт с улучшенными физиологическими свойствами. При встраивании двойной эмульсии (DE:50(PE):50(W) + фукоидан) в состав йогурта в количестве 5 % удалось достигнуть АОА (метод DPPH) до  $(60,3 \pm 0,6) \%$ , в то время как ИБА (3-я фаза – тонкого кишечника) продемонстрировал наибольший эффект, который составил  $(67,5 \pm 0,3) \%$ . Применение двойных эмульсий в составе йогуртовой продукции позволит сформировать новые физиологические свойства.

**Таблица 4**

**Результаты оценки потенциальной биоактивности опытных образцов йогурта при разной дозировке внесения двойной эмульсии (без внесения и с внесением фукоидана)**

Исследуемые образцы йогурта	Индекса биоактивности (ИБА, %)		
	1-я фаза – ротовой полости	2-я фаза – желудка	3-я фаза – тонкого кишечника
Образец 1	$9,93 \pm 0,1$	$83,3 \pm 0,2$	$52,7 \pm 0,3$
Образец 2	$34,5 \pm 0,1$	$82,9 \pm 0,2$	$51,3 \pm 0,2$
Образец 3	$19,52 \pm 0,4$	$74,5 \pm 0,1$	$45,2 \pm 0,2$
Образец 4	$41,07 \pm 0,6$	$84,2 \pm 0,4$	$67,5 \pm 0,3$

Таблица 5

Результаты установление степени токсичности опытных образцов йогурта  
на основе выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum*

Исследуемые образцы йогурта	Среднее количество инфузорий в начале опыта, шт.	Среднее количество инфузорий через 2 часа, шт.	Средняя выживаемость, %	Степень токсичности
Образец 1	118 ± 10	141 ± 10	119,4	Нетоксичный
Образец 2	125 ± 10	139 ± 10	111,2	Нетоксичный
Образец 3	128 ± 10	165 ± 10	128,9	Нетоксичный
Образец 4	119 ± 10	160 ± 10	134,4	Нетоксичный

### Список литературы

- ГОСТ 31981-2013. Йогурты. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
- Потороко И.Ю. и др. Улучшение биологической активности *Saccharomyces cerevisiae* и *Lactococcus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* сонохимически микроструктурированным фукоиданом // Труды конференции АИР. Издательство АИР, 2021. Т. 2419. № 1.
- Ускова Д.Г., Попова Н.В. Исследование хранимоспособности йогуртов, произведенных на основе сонохимически микронизированного фукоидана // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019. Т. 7, № 2. С. 24–34. DOI: 10.14529/food190203
- Alizadeh A.; Ehsani M.R.; Homayouni A. Acetaldehyde production rate in yoghurt made from ultrafiltered skim milk // Asian J. Chem. 2008. Vol. 20. 6529.
- Corrieu G.; Be'al C. Yoghurt: The Product and its Manufacture // In The Encyclopedia of Food and Health; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016. Vol. 5. P. 617–624. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00766-2
- EL-Sayed S.M.; Salama H.H.; El-Sayed M.M. Preparation and properties of functional milk beverage fortified with kiwi pulp and sesame oil // Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. 2015. Vol. 6. P. 609–618.
- Garti N., Aserin A. Double emulsions stabilized by macromolecular surfactants. // Surfactants in Solution, 2020. P. 297–332. DOI: 10.1201/9781003067580-21
- Knorr D. et al. Applications and potential of ultrasonics in food processing / D. Knorr, M. Zenker et al. // Trends in Food Science & Technology. 2004. Vol. 15. P. 261–266. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.12.001
- Muscholik G., Dickinson E. Double emulsions relevant to food systems: preparation, stability, and applications // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2017. Vol. 16(3). P. 532–555. DOI: 10.1111/1541-4337.12261
- Muhammad Saleem et al. Development of functional yogurt by using freeze-drying on soybean and mung bean peel powders // Frontiers in Sustainable Food Systems, 2023. P. 1–9. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1083389
- Santillán-Urquiza E.; Méndez-Rojas M.Á.; Vélez-Ruiz J.F. Fortification of yoghurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties // LWT Food Sci. Technol. 2017. Vol. 80. P. 462–469. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.025
- Uday Bagale et al. Ultrasound Assisted Comparative Study of Fucolam and Sodium Alginate and Impact on Their Physiochemical Properties Using Box-Behnken Design // Karbala International Journal of Modern Science. 2023. Vol. 9(3). P. 495–513. DOI: 10.33640/2405-609X.3319
- Uday Bagale et al. Impact of a Sonochemical Approach to the Structural and Antioxidant Activity of Brown Algae (Fucoidan) Using the Box–Behnken Design Method // Processes. 2023. Vol. 11 (7). P. 1884. DOI: 10.3390/pr11071884.

### References

1. GOST 31981-2013. Yogurty. Obshchie tekhnicheskie usloviya [GOST 31981-2013. Yoghurts. General technical conditions]. Moscow, 2014. 12 p.
2. Potoroko I. et al. Improvement of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactococcus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* bioactivity by sonochemically microstructured fucoidan. *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing, 2021, vol. 2419, no. 1. DOI: 10.1063/5.0068773
3. Uskova D.G., Popova N.V. The Study of Storage Stability of Yoghurt Made on the Basis of Sonochemical Micronized Fucoidan. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 24–34. (In Russ.) DOI: 10.14529/food190203
4. Alizadeh A.; Ehsani M.R.; Homayouni A. Acetaldehyde production rate in yoghurt made from ultrafiltered skim milk. *Asian J. Chem*, 2008, vol. 20, 6529.
5. Corrieu G.; Be'al C. Yoghurt: The Product and its Manufacture. In the *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016, vol. 5, pp. 617–624. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00766-2
6. EL-Sayed S.M.; Salama H.H.; El-Sayed M.M. Preparation and properties of functional milk beverage fortified with kiwi pulp and sesame oil. *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, 2015, vol. 6, pp. 609–618.
7. Garti N., Aserin A. Double emulsions stabilized by macromolecular surfactants. In book: *Surfactants in Solution*, 2020, pp. 297–332. DOI: 10.1201/9781003067580-21
8. Knorr D., Zenker M. et al. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 2004, vol. 15, pp. 261–266. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.12.001
9. Muschiolik G., Dickinson E. Double emulsions relevant to food systems: preparation, stability, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, vol. 16(3), pp. 532–555. DOI: 10.1111/1541-4337.12261
10. Muhammad Saleem, Aleena Tahir, Munir Ahmed, Ahmal Khan, Leonid Cheslavovich Burak, Shahid Hussain, Li Song. Development of functional yogurt by using freeze-drying on soybean and mung bean peel powders. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023, pp. 1–9. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1083389
11. Santillán-Urquiza E.; Méndez-Rojas M.Á.; Vélez-Ruiz J.F. Fortification of yoghurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT Food Sci. Technol.*, 2017, vol. 80, pp. 462–469. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.025
12. Uday Bagale, Ammar Kadi, Artem Malinin, Varisha Anjum, Irina Potoroko. Ultrasound Assisted Comparative Study of Fucolam and Sodium Alginate and Impact on Their Physicochemical Properties Using Box-Behnken Design. *Karbala International Journal of Modern Science*, 2023, vol. 9(3), pp. 495–513. DOI: 10.33640/2405-609X.3319
13. Uday Bagale, Ammar Kadi, Artem Malinin, Varisha Anjum, Irina Potoroko, Shirish H Sonawane. Impact of a Sonochemical Approach to the Structural and Antioxidant Activity of Brown Algae (Fucoidan) Using the Box–Behnken Design Method. *Processes*, 2023, vol. 11 (7), p. 1884. DOI: 10.3390/pr11071884.

### Информация об авторах

**Кадия Аммар Мохаммад Яхья**, ассистент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kadia@susu.ru

**Анийум Вариша**, доктор философии (PhD) фармакогнозии и фитохимии, старший научный сотрудник кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; aniumv@susu.ru.

### Information about the authors

**Ammar M.Y. Kadi**, Assistant at the Department of Food and Biotechnologies, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kadia@susu.ru

**Varisha Anjum**, Doctor of Philosophy (PhD) Pharmacognosy and Phytochemistry, Senior Researcher of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; aniumv@susu.ru

*Статья поступила в редакцию 15.01.2025*

*The article was submitted 15.01.2025*