

quality and safety of the cheese, selects control actions that ensure quality and safety, and using the information matrix model (IMM) An assessment was made of the degree of relationship between factors and the occurrence of defects in semi-hard cheeses.

Key words: *cheese, quality, defects, non-conformity, quality control, information matrix model.*

УДК 664

БИГЕЛИ КАК НОВЫЕ ДВУХФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Неповинных Наталия Владимировна, д-р техн. наук, доцент, профессор
кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени
Н.И. Вавилова», e-mail: nnepovinnyykh@yandex.ru*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»,
Россия, Саратов, e-mail: rector@vavilovsar.ru

Аннотация: Бигели как новые двухфазные системы привлекли значительное внимание исследователей благодаря своим преимуществам, охватывающим как свойства гидрогелей, так и олеогелей. Эффективность и применение бигелей в пищевых системах зависят от их структурно-механических свойств. В статье особое внимание уделяется характеристикам и внешним факторам, влияющим на структурно-механические свойства бигелей. Это понимание позволит спроектировать бигели для конкретных применений, связанных с пищевыми технологиями.

Ключевые слова: бигель, гидрогель, олеогель, пищевая промышленность

Гели классически определяются как мягкие вещества, состоящие по меньшей мере из одного компонента, структурирующего агента, и другого преобладающего соединения - растворителя. Гели могут быть классифицированы в зависимости от процесса гелеобразования полярной или неполярной жидкой фазы, в результате чего получаются гидрогели и олеогели, причем последние являются подкатегорией органогелей [1-3].

Гидрогели в основном состоят из воды, и их сеть формируется в результате образования биополимерных цепей посредством химического сшивания ковалентными связями, физического сшивания посредством нековалентных взаимодействий или обеих комбинаций. Гидрогели могут служить системами доставки, реагирующими на нежелательные воздействия окружающей среды, такие как изменения температуры и pH, и в качестве ингредиентов для

улучшения различных свойств пищевых продуктов, включая имитацию жира, эластичность и стабильность при производстве пищевых продуктов [4-6]. Однако не смотря на такие уникальные свойства, гидрогели не подходят для получения гидрофобных комплексов.

Олеогелирование - это процесс получения гелей, в которых жидкое масло иммобилизовано внутри трехмерной сетв, образованной олеогелеобразователем, и поскольку олеогелирование является физическим методом, оно не изменяет химическую природу масел и не приводит к образованию трансжирных кислот. Таким образом, олеогели определяются как полутвердые смеси, содержащие органическую жидкую фазу, заключенную в трехмерную сеть, получаемую добавлением небольшого количества желирующего агента в жидкое растительное масло [7-10].

На структуру и свойства олеогелей влияют различные факторы, включая структуру и состав масла и олеогелатора, количество олеогелатора, параметры обработки и взаимодействие между различными факторами. Поэтому крайне важно найти подходящие комбинации масла и олеогелаторов и условия обработки для получения олеогеля с желаемыми свойствами, поэтому хотя олеогели обладают рядом преимуществ, у них есть определенные недостатки, которые необходимо учитывать, включая их более мягкую текстуру и меньшую пластичность по сравнению с традиционными твердыми жирами.

Бигели - это инновационные двухфазные системы, состоящие из двух гелеобразных фаз, обычно образующихся в результате механического смешивания при определенной температуре и условиях гелеобразования. Производство бигелей обладает преимуществами как гидрогелей, так и олеогелей, включая способность включать как гидрофильные, так и гидрофобные компоненты, термодинамическую стабильность, а также характеристики контролируемого высвобождения [11-13].

Ключевыми свойствами бигелей являются их уникальное термодинамическое поведение, характеристики текстуры и универсальность. Эти свойства можно точно регулировать с помощью различных факторов, включая комбинации материалов, соотношения рецептур, типы желирующих агентов и включение добавок. Следовательно, бигели привлекли значительное внимание исследователей, особенно в области контролируемого высвобождения биологически активных соединений, таких как коэнзим Q10, ликопин, β -каротин и Омега-3 жирные кислоты [14-16].

Примечательно, что бигели нашли разнообразное применение в пищевой промышленности, способствуя повышению стабильности, вкуса, безопасности и пользы для здоровья, способствуя улучшению питательного состава и функциональных свойств пищевых продуктов. Кроме того, их универсальность и уникальные структурные свойства позволяют им служить заменителями жира, «умной» упаковкой пищевых продуктов, инновационным производством пищевых продуктов с 3D-печатью [17].

В настоящей статье представлена информация по разработке пищевых бигелей с желаемыми характеристиками, а также собственные исследования по разработке и включению бигелей в рецептурные составы традиционных

продуктов питания [18, 19].

Способы приготовления бигелей в основном включают метод гелеобразования при нагревании и метод гелеобразования при охлаждении, которые также называются одноступенчатым методом смешивания и двухступенчатым методом смешивания, соответственно. Метод гелеобразования при нагревании и метод гелеобразования при охлаждении основаны на разных механизмах гелеобразования. Метод гелеобразования при нагревании приводит к снижению межфазного натяжения между водной и масляной фазами и снижению вязкости системы. По сравнению с методом гелеобразования при нагревании, метод гелеобразования при холодном отверждении может обеспечить более упорядоченную сетчатую структуру, более высокую механическую прочность и стабильность. Таким образом, гели, приготовленные методом термостойкого гелеобразования, обычно выглядят как каучукоподобные гели, в то время как гели, приготовленные методом холодного гелеобразования, это мягкие гели. Параметры смешивания, особенно скорость и температура перемешивания, играют решающую роль в определении конечных свойств бигелей.

Также современные подходы к производству бигелей связаны с применением распылительной сушки, микроволновой обработки и гамма-излучения. Эти передовые технологии способствуют эффективному и контролируемому производству бигелей, делая их более подходящими для различных применений в пищевой и фармацевтической промышленности.

Включение двух гелеобразных фаз в систему бигеля может привести к получению различных структур, каждая из которых обладает своими уникальными свойствами и областями применения, а именно гидрогеля в олеогеле, олеогеля в гидрогеле и двухкомпонентных гелей. Тип образующихся бигелей зависит от концентрации компонентов олеогеля и гидрогеля. Тип олеогеля в гидрогеле: бигели проявляют тип олеогеля в гидрогеле, когда концентрация олеогеля ниже 50 %. Двухкомпонентный тип: бигели переходят в двухкомпонентный тип при равном содержании олеогеля и гидрогеля. Тип гидрогеля в олеогеле: дальнейшее увеличение концентрации олеогеля до 70 % приводит к тому, что бигели становятся типом гидрогеля в олеогеле. Эти системы бигеля находят перспективное применение в пищевой промышленности благодаря их термомеханическим свойствам и стойкости к разделению фаз с течением времени.

Факторы, влияющие на механические свойства бигелей, в основном включают внутренние характеристики, такие как корректировка рецептуры и сочетания гелевых фаз (например, соотношение олеогеля и гидрогеля, типы органогелирующих веществ и гидрогелаторов), и внешние факторы, такие как включение добавок / эмульгаторов, а также изменение pH. Регулируя как внутренние, так и внешние факторы, бигели можно адаптировать к различным потребностям применения.

Соотношение олеогель/гидрогель является фундаментальным параметром, который существенно влияет на структуру геля и, следовательно, на гелевые свойства бигелей, такие как прочность, адгезивность, вязкость, когезионная

способность и липкость. Как правило, изменения в соотношении олеогель / гидрогель могут влиять на межфазную поверхность бигелей, которая связана с участками взаимодействия дисперсной фазы и матрицы. Когда гидрогель служит доминирующей фазой (непрерывной фазой), олеогель действует как дисперсионная фаза. При увеличении соотношения олеогеля образуется больше капель масла. Эти капли масла увеличивают общую площадь межфазной поверхности бигелей, обеспечивая большее количество участков взаимодействия между дисперсной фазой и пищевой матрицей. С другой стороны, изменение соотношения олеогель / гидрогель может привести к более упорядоченному структурному образованию.

Так, прочность, присущая обеим фазам в составе бигелей, а именно фазе олеогеля и фазе гидрогеля, имеет фундаментальное значение для определения механической прочности и общей текстуры этих сложных материалов. Структура бигелей зависит от степени сшивания и прочности полимера обеих фаз.

Таким образом, бигели представляют собой структурированные системы, стабилизированные образованием трехмерной сети, создаваемой органогелаторами, соединениями, обладающие способностью иммобилизовать неполярную фазу в гелеобразной структуре. Добавление гелеобразующего агента считается важной стратегией для создания носителей с более компактной структурой. Обычно гелеобразующими агентами для структурирования масла служат низкомолекулярные гелеобразующие агенты, а для структурирования водной фазы используются высокомолекулярные гелеобразующие агенты.

Низкомолекулярные гелеобразующие агенты могут самоорганизовываться и создавать стабильную кристаллическую сеть из малых молекул, эффективно стабилизируя масляную фазу. Этот процесс основан на контролируемом температурой образовании физических взаимодействий между малыми молекулами, т.е. Ван-дер-Ваальсовых, гидрофобных и водородных связей. Из-за роли этих физических взаимодействий в структурообразовании и использования низкомолекулярных строительных блоков низкомолекулярные гелеобразующие агенты очень чувствительны к температуре и сдвигу. К этой категории относятся такие виды воска, как пчелиный воск, воск из рисовых отрубей, моностеарат сорбитана, обычно встречаются стеариновая кислота и глицерилстеарат. Именно, гелеобразующая способность органогелаторов в олеогелях зависит от достижения тонкого баланса между взаимодействиями между самими молекулами гелеобразователя (гелеобразующие взаимодействия) и взаимодействиями между молекулами гелеобразователя и масляной фазой (гелеобразующие взаимодействия с маслом).

Высокомолекулярные гелеобразователи представляют собой полимерные структуры, способные образовывать трехмерные сети. Высокомолекулярные гелеобразующие агенты, такие как белки и полисахариды, образуют полимерные сетчатые структуры за счет физических взаимодействий (т.е. водородных связей). Благодаря своей полимерной природе гидрогели проявляют вязкоупругие свойства, на которые сильно влияют молекулярный вес,

конформация и концентрация полимера.

При фиксированном соотношении олеогель / гидрогель различные желирующие агенты могут давать различные типы бигелей. Выбор гидрогелаторов играет решающую роль в определении текстурных и реологических свойств бигелей. Различные гидрогелаторы могут приводить к различиям в вязкости, растекаемости, твердости и стойкости к деформации бигелей. Различные биополимеры являются наиболее часто используемыми гелеобразующими агентами при производстве гидрогеля. Полисахариды, такие как альгинат натрия, гуаровая камедь, желатин, пектин, гидроксипропилметилцеллюлоза и смесь агара и желатина обычно используются в качестве гидрогелаторов в рецептурах бигелей. В процессе получения бигелей на основе полисахаридов взаимодействие между молекулами воды и данными гидрогелаторами приводит к образованию упорядоченной структуры вокруг молекул полисахаридов, способствуя структурной стабилизации. Например, когда гуаровая камедь диспергируется в воде, взаимодействие боковых цепей галактозы с молекулами воды приводит к «запутыванию» межмолекулярных цепей, что приводит к повышению вязкости бигелей. По мере увеличения концентрации гуаровой камеди усиливается «запутанность» или степень межмолекулярной цепной реакции, что приводит к увеличению вязкости бигелей. Такое усиленное переплетение приводит к образованию более плотной и взаимосвязанной сети, что способствует повышению механической прочности и жесткости. При практическом применении разветвленные и линейные полисахариды могут использоваться в качестве гидрогелаторов в рецептурах бигелей для достижения определенных структурных и механических свойств. Когда требуется более плотная или твердоподобная текстура, обычно предпочтительны разветвленные полисахариды, тогда как для получения более мягких или гелеобразных свойств могут быть выбраны линейные полисахариды. Выбор зависит от предполагаемого применения конечного продукта и желаемых вкусовых качеств.

Стабильность двухфазной матрицы зависит от равновесия между силами притяжения и отталкивания, действующими между ее компонентами. Хотя органогелаторы и гидрогелаторы обладают способностью иммобилизовать водомасляные компоненты, разделение фаз все же может происходить во время подготовки образца и перед гелеобразованием. Высокие температуры, применяемые в процессе термоэмульгирования, повышают подвижность молекул внутри системы. Эмульгаторы могут повысить стабильность бигелей за счет увеличения толщины межфазного слоя. Например, стеариновая кислота и моностеарат сорбитана действуют как смешанные эмульгаторы в бигелях и могут адсорбироваться на каплях масла с образованием более толстого межфазного слоя благодаря амфифильной природе молекул. Важно отметить, что многослойные структуры создаются за счет агрегации капель, которая происходит из-за адгезии между твердыми липидными частицами и гидрофильными гелями. Это обеспечивает равномерную и эффективную загрузку лекарственных средств различной растворимости.

Стоит отметить, что некоторые эмульгаторы, такие как монодиглицериды,

могут действовать как эмульгаторы, так и модификаторы кристаллов жира в системах бигеля. Добавление этих эмульгаторов может улучшить межфазную и структурную стабилизацию за счет образования кристаллов, задерживающих масляную фазу и затвердевающий олеогель. Другими словами, они обладают двойным эффектом: регулируют механические свойства и улучшают физическую стабильность.

Применение бигелей в пищевой промышленности обширно и разнообразно, охватывая различные аспекты производства продуктов питания и инноваций, от использования в качестве заменителей жира до эффективных систем доставки биоактивных ингредиентов и создания возможностей для инновационного производства продуктов питания с 3D-печатью.

Нами разработан ассортимент пищевой продукции с заменой в традиционной рецептуре изделий жировой составляющей (маргарина или кондитерского жира) на пищевые бигели [18, 19].

Для создания бигелей были использованы следующие рецептурные ингредиенты: вода питьевая, альгинат натрия, пчелиный воск, масло виноградных косточек.

Олеогель готовили из смеси 60 мл масла виноградных косточек с 20 % природного органогелатора пчелиного воска. Гидрогель готовили в количестве 10 мл 2 %-ого водного раствора альгината натрия. Для получения гибридных гелей гидрогель смешивали при помощи механической мешалки (Heidolph, Германия) при 600 об/мин в течение 15 мин при температуре $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ с олеогелем при различных соотношениях. Схематично производство пищевого бигеля представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема получения пищевого бигеля

В качестве одного из примера разработанных продуктов можно более подробно представить технологию кондитерской глазури и кондитерской массы для формования при замене в традиционной рецептуре изделий заменителя масла какао на разработанный пищевой бигель.

Для производства кондитерской глазури (массы для формования) рецептурные компоненты (сахар, какао-порошок, молоко) смешивают и гомогенизируют при постоянном нагреве при температуре 100°C , затем в полученную охлажденную до 70°C смесь вводят пищевой бигель, перемешивают до однородности и оставляют для структурирования и образования плотной

структуры при температуре 15-20 °С. Упаковка продукта возможна блоками или в наливном виде.

Рецептуры кондитерской глазури и массы для формования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Рецептуры кондитерской глазури и массы для формования

Наименование рецептурных компонентов	Расход рецептурных компонентов, кг	
	Кондитерская глазурь	Кондитерская масса для формования
Сахар белый	24	24
Какао-порошок	18	18
Молоко с массовой долей жира 2,5 %	24	24
Пищевой бигель	34	17
Кондитерский жир/заменитель масла какао	-	17
Выход	100	100

При замене заменителя масла какао на пищевой бигель в количестве 50 % от массы заменителя масла какао глазурь приобретает консистенцию массы для формования.

Результаты органолептического анализа кондитерской глазури (массы для формования) с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты органолептического анализа кондитерской глазури (массы для формования) с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель

Наименование и изделия	Наименование показателя	Характеристика показателя	Баллы
Кондитерская глазурь	Яркость вкуса	При снижении температуры глазури слегка заметное послевкусие продуктов пчеловодства	4,7
	Послевкусие	Какао и продуктов пчеловодства	5,0
	Сладость	Выраженная	5,0
	Запах	Какао и продуктов пчеловодства	4,6
	Насыщенность запаха	Умеренная	5,0
	Текстура	Пластичная, однородная, в растопленном состоянии текучая	5,0

	Флейвор	Более гармоничный из-за медовых ноток	5,0
	Цвет	Шоколадный с переливом в карамельный	5,0
Кондитерская масса для формования	Яркость вкуса	При снижении температуры глазури заметное послевкусие продуктов пчеловодства	4,5
	Послевкусие	Какао и продуктов пчеловодства	5,0
	Сладость	Выраженная	5,0
	Запах	Какао и продуктов пчеловодства	4,6
	Насыщенность запаха	Умеренная	5,0
	Текстура	Твердая, однородная, в растопленном состоянии текучая	5,0
	Флейвор	Более гармоничный из-за медовых ноток	5,0
	Цвет	Коричневый с карамельным оттенком	5,0

По результатам органолептического анализа установлено, что образцы кондитерской глазури и массы для формования с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель имели высокие органолептические показатели и соответствовали требованиям ГОСТ 34383-2018 «Шоколадная, кондитерская и жировая глазури и массы для формования».

Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования) представлены в таблице 3.

Таблица 3
Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования)

Наименование показателя	Значение показателя	
	Кондитерская глазурь	Кондитерская масса для формования
Массовая доля жира в пересчете на сухие вещества, %	32,1	34,0
Степень измельчения, %	91	93
Массовая доля влаги, %	0,3	
Массовая доля общего сухого остатка какао в пересчете на сухие вещества, %	12,1	

Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования) соответствовали требованиям ГОСТ 34383-2018 «Шоколадная, кондитерская и жировая глазури и массы для формования».

Проведенные результаты исследований показывают, что разработанный пищевой бигель может быть использован в качестве замены насыщенным, гидрогенизированным жирам и заменителя масла какао и позволяет получить здоровые трансобезжиренные продукты. Использование предлагаемого способа

приготовления кондитерской глазури (массы для формования) является одной из профилактических мер снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, развития сахарного диабета, повышения холестерина в организме человека в результате исключения/уменьшения потребления насыщенных и трансжиров.

В заключении следует отметить, что в настоящее время бигели стали объектом многочисленных исследований в пищевой науке благодаря своим двойным преимуществам олеогеля и гидрогеля, однако некоторые вопросы, тесно связанные с применением в пищевой промышленности, остаются нерешенными и со временем их необходимо изучить. Хотя бигели являются многообещающими пищевыми матрицами для разработки функциональных продуктов питания, метаболическую функцию компонентов, составляющих эти системы, еще предстоит подробнее изучить. В настоящее время бигели, разработанные для пищевых продуктов, были оценены исключительно в исследованиях *in vitro*. Однако проведение экспериментов *in vivo* необходимо для полного установления механизмов метаболизма. В этой связи для достижения этой цели важно рассмотреть более практичные модели, включая клеточные культуры, эксперименты на животных для точной оценки переносимости и усвояемости бигелей, а также биодоступности инкапсулированных биоактивных соединений в них. Несомненно, решение этих вопросов потребует значительных дальнейших исследований, в том числе и в нашей будущей исследовательской перспективе.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда на тему «Биополимерные гели как структуры пищи: «умные» ингредиенты и пищевые инкапсуляторы» (грант № 24-26-00108).

Библиографический список

1. Роговина, Л.З. К определению понятия "полимерный гель" / Л.З. Роговина, В.Г. Васильев, Е.Е. Браудо // Высокомолекулярные соединения. Серия С. - 2008. - № 7 (50). - С. 1397-1406.
2. Nishinari, K. Some thoughts on the definition of a gel / K. Nishinari // Progress in Colloid and Polymer Science. - 2009. – V. 136. - P. 87–94.
3. Cao, Y. Design principles of food gels / Y. Cao, R. Mezzenga // Nature Food. - 2020. - № 1. - P. 106-118
4. Nishinari, K. Hydrocolloid gels of polysaccharides and proteins / K. Nishinari, H. Zhang, S. Ikeda // Current Opinion in Colloid and Interface Science. - 2000. - № 5 - P. 195-201.
5. Ahmed, E.M. Hydrogel: preparation, characterization, and applications: a review / E.M. Ahmed // Journal of Advanced Research. - 2015. - № 6. - P. 105-121.
6. Khalesi, H. New insights into food hydrogels with reinforced mechanical properties: A review on innovative strategies / H. Khalesi, W. Lu, K. Nishinari, Y. Fang // Advances in Colloid and Interface Science. - 2020. - V 285. -P. 102278.
7. Marangoni, A.G. Edible Oleogels: Structure and Health Implications / A.G. Marangoni, N. Garti // Edible Oleogels: Structure and Health Implications. – 2018. –

P. 1-342.

8. Кочеткова, А.А. Пищевые олеогели: свойства и перспективы использования / А.А. Кочеткова, В.А. Саркисян, В.М. Коденцова, Ю.В. Фролова, Р.В. Соболев // *Пищевая промышленность*. – 2019. – Т. 8. – С. 30–35.

9. Фролова, Ю.В. Олеогели как перспективные пищевые ингредиенты липидной природы / Ю.В. Фролова, А.А. Кочеткова, Р.В. Соболев, В.М. Воробьева, В.М. Коденцова // *Вопросы питания*. – 2021. – № 4 (90). – С. 64–73.

10. Li, L. Edible oleogels as solid fat alternatives: Composition and oleogelation mechanism implications / L. Li, G. Liu, O. Bogojevic, J.N. Pedersen, Z. Guo // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2022. - № 21 (3). – p. 2077-2104.

11. Martins, A.J. Food-grade bigels: Evaluation of hydrogel:oleogel ratio and gelator concentration on their physicochemical properties / A.J. Martins, A. Guimarães, P. Fuciños, P. Sousa, A. Venâncio, L.M. Pastrana, M.A. Cerqueira // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 143. – 108893.

12. Martins, A.J. Hybrid gels: Influence of oleogel/hydrogel ratio on rheological and textural properties / A.J. Martins, P. Silva, F. Maciel, L.M. Pastrana, R.L. Cunha, M.A. Cerqueira, A.A. Vicente // *Food Research International*. – 2019. – V. 116. – P. 1298-1305.

13. Hashemi, B. Fabrication and characterization of novel whey protein-based bigels as structured materials with high-mechanical properties / B. Hashemi, M. Varidi, S.M. Jafari // *Food Hydrocolloids*, - 2023. – V. 145. – 109082.

14. Hashemi, B. Bigels as novel carriers of bioactive compounds: Applications and research trends / B. Hashemi, E. Assadpour, S.M. Jafari // *Food Hydrocolloids*. – 2024. – V. 147. – 109427.

15. Ibrahim, M.M. Organogels, hydrogels and bigels as transdermal delivery systems for diltiazem hydrochloride / M.M. Ibrahim, S.A. Hafez, M.M. Mahdy // *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2013. - № 8 (1). - P. 48-57.

16. Kanelaki, A. Hydrogels, oleogels and bigels as edible coatings of sardine fillets and delivery systems of rosemary extract / A. Kanelaki, K. Zampouni, I. Mourtzinos, E. Katsanidis // *Gels*. – 2022. - № 8 (10). - p. 660.

17. Chen, Z. Novel bigels constructed from oleogels and hydrogels with contrary thermal characteristics: Phase inversion and 3D printing applications / Z Chen, F. Bian, X. Cao, Z. Shi, Z. Meng // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 134. – 108063.

18. Куценкова, В.С. Органогели - заменители насыщенных и транс-жиров: производство и применение в пищевых технологиях / В.С. Куценкова, Е.В. Косарева, В.С. Чуплина, Н.В. Неповинных // *Основы и перспективы органических биотехнологий*. - 2021. - № 2. - С. 16-20.

19. Ghorghi, Z.B. Fabrication of novel hybrid gel based on beeswax oleogel: Application in the compound chocolate formulation / Z.B. Ghorghi, S. Yeganehzad, M.A. Hesarinejad, A. Faezian, V. Kutsenkova, Z. Gao, K. Nishinari, N. Nepovinnikh // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 140 – 108599.

BIGELS AS NOVEL BIPHASIC SYSTEMS: PROPERTIES AND APPLICATION PROSPECTS IN THE FOOD INDUSTRY

Nepovinnykh Natalia Vladimirovna, PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia, e-mail: rector@vavilovsar.ru

Abstract: *Bigels as novel biphasic systems have attracted considerable attention of researchers due to their advantages covering both the properties of hydrogels and oleogels. The effectiveness and application of bigels in food systems depend on their structural and mechanical properties. The article pays special attention to the characteristics and external factors affecting the structural and mechanical properties of bigels. This understanding makes it possible to design bigels for specific applications related to food technology.*

Key words: *bigel, hydrogel, oleogel, food industry*

УДК 613.22

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ РАЦИОНОВ

Романенко Сергей Павлович, канд. мед. наук, заместитель директора по научной работе, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора
e-mail: romanenko_sp@niig.su

Рождественская Лада Николаевна, канд. эконом. наук, доцент, заведующий кафедрой Технологии и организации пищевых производств ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет; вед. науч. сотр. ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; ст. науч. сотр. ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: lada2006job@mail.ru

Мусина Ольга Николаевна, д-р. техн. наук, профессор, доцент кафедры Технология продуктов питания, ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: musinaolga@gmail.com

Лачугин Алексей Павлович, младший научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, магистрант ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет, e-mail: lachugin_ap@niig.su

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Россия,
Новосибирск, e-mail: ngi@niig.su