ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2426
https://elibrary.ru/IMYVOX

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Гибридный гель для замены твердых жиров в кондитерских изделиях

В. С. Куценкова[1,*], Н. В. Неповинных[1], С. А. Еганехзад[2]

[1]*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия*

[2] *Научно-исследовательский институт пищевых наук и технологий, Мешхед, Иран*

Поступила в редакцию: 13.05.2022
Принята после рецензирования: 08.11.2022
Принята к публикации: 06.12.2022

**В. С. Куценкова: vasilissakutsenkova@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-2468-9725*
Н. В. Неповинных: https://orcid.org/0000-0003-2923-9202
С. А. Еганехзад: https://orcid.org/0000-0001-7467-4778

© В. С. Куценкова, Н. В. Неповинных, С. А. Еганехзад, 2023

Аннотация.
Всемирной организацией здравоохранения рекомендовано ограничить потребление насыщенных жирных кислот. Однако прямая замена твердых жиров жидкими маслами может привести к изменению технологических и потребительских свойств пищевых продуктов. Целью работы являлась разработка гибридного геля, имеющего плотную структуру, на основе олеогеля и гидрогеля для замены насыщенных жиров в кондитерском полуфабрикате.
Объектами исследования являлись образцы олеогеля из подсолнечного масла и пчелиного воска в концентрации 10, 15 и 20 % и гибридные гели, приготовленные путем смешивания олеогеля с 2 %-ым водным раствором альгината натрия в соотношениях 99:1, 95:5 и 90:10. Текстурные свойства гелей (прочность, адгезионную прочность, индекс вязкости, консистенцию и модуль Юнга) исследовали на анализаторе текстуры TA-XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Великобритания), активность воды – на анализаторе активности воды LabMaster (Novasina, Lab Master, Швейцария).
Образцы олеогеля с концентрацией воска 20 и 15 % имели хорошие показатели адгезионной прочности. Результаты исследования показали, что лучшим образцом гибридного геля является образец с соотношением олеогель с концентрацией воска 20 % и гидрогель 95:5. Такое соотношение позволило достичь достаточной прочности геля (≤ 408,222) при поддержании плотной и равномерной текстуры продукта (модуль Юнга ≤ 17,05) в течение длительного периода времени. Результаты исследования активности воды показали, что олеогели относятся к продуктам с низкой влажностью (A_w = 0,6 ± 0). Срок хранения гибридного геля при температуре от 4 до 10 °C составил 6 месяцев. Разработанные образцы гибридных гелей имели хорошие сенсорные свойства: чистый вкус и запах, прочную однородную структуру и консистенцию. В работе была предложена рецептура и технология приготовления кондитерского полуфабриката с гибридным гелем вместо 30 % заменителя какао-масла.
Применение гибридных гелей может быть рекомендовано в качестве заменителя масла какао (или кондитерских жиров) для уменьшения количества насыщенных и трансжирных кислот в кондитерских изделиях. Такая замена позволит получить полуфабрикаты и готовое изделие с хорошими потребительскими свойствами.

Ключевые слова. Олеогель, насыщенные жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, трансжиры, структурообразователь, гидроколлоиды, кондитерское производство

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-402.2022.4. Исследование выполнялось с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ) (СКР_3111), развитие которого поддерживается Министерством науки и высшего образования РФ (Минобрнауки России) (Соглашение № 075-15-2021-679).

Для цитирования: Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Еганехзад С. А. Гибридный гель для замены твердых жиров в кондитерских изделиях // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 183–191. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2426

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2426
https://elibrary.ru/IMYVOX

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Hybrid Gel as a Substitute for Hard Fats in Confectionery

Vasilissa S. Kutsenkova[1,*], Nataliia V. Nepovinnykh[1], Samira A. Yeganehzad[2]

[1] N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, Saratov, Russia

[2] Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

Received: 13.05.2022
Revised: 08.11.2022
Accepted: 06.12.2022

*Vasilissa S. Kutsenkova: vasilissakutsenkova@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-2468-9725
Nataliia V. Nepovinnykh: https://orcid.org/0000-0003-2923-9202
Samira A. Yeganehzad: https://orcid.org/0000-0001-7467-4778

© V.S. Kutsenkova, N.V. Nepovinnykh, S.A. Yeganehzad, 2023

Abstract.
The World Health Organization recommends reducing the intake of saturated fatty acids. However, a direct replacement of solid fats with liquid oils affects the technological and consumer properties of food. The research objective was to develop a hybrid gel with a dense structure based on oleogel and hydrogel to replace saturated fats in semi-finished confectionery products.
The study featured samples of oleogel from sunflower oil and beeswax at a concentration of 10, 15, and 20% and hybrid gels prepared by mixing the oleogel with a 2% aqueous solution of sodium alginate at ratios of 99:1, 95:5, and 90:10. The samples were tested for strength, adhesive power, viscosity index, consistency, and Young modulus using a TA-XT Plus texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd., UK). The water activity was studied using a water activity analyzer LabMaster (Novasina, Lab Master, Switzerland).
The oleogel samples with wax concentrations of 20 and 15% demonstrated good adhesive strength. The best hybrid gel was the oleogel with 20% wax at the ratio of 95:5 to hydrogel. This ratio resulted in a considerable gel strength (≤ 408.222) while maintaining a dense and uniform texture (Young modulus ≤ 17.05) for a long time. The oleogels had low moisture content (A_w = 0.6 ± 0). The shelf life at 4–10°C was 6 months. The samples had good sensory properties, i.e., clear taste and smell, strong uniform structure and consistency, etc. The paper introduces a formulation for a semi-finished confectionery product with a hybrid gel instead of 30% cocoa butter substitute.
Hybrid gels can be recommended as a substitute for cocoa butter or confectionery fats to reduce the amount of saturated and trans fatty acids. Such a replacement improves the consumer properties of semi-finished and finished products.

Keywords. Oleogel, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, trans fats, structurant, hydrocolloids, confectionery

Funding. This study was supported by the Grant of President of Russian Federation for Young Scientists, no. MK-402.2022.4. The research involved the equipment of the Research Center for Food and Chemical Technologies of Kuban State Technological University (KUBSTU) (CKP_3111) supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka) (Agreement № 075-15-2021-679).

For citation: Kutsenkova VS, Nepovinnykh NV, Yeganehzad SA. Hybrid Gel as a Substitute for Hard Fats in Confectionery. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(1):183–191. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2426

Введение

Ученые и диетологи обеспокоены тем, что длительное потребление насыщенных жиров, особенно трансжиров, может вызвать неблагоприятные последствия для здоровья, такие как метаболический синдром, ожирение, высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний, диабет II типа и когнитивные расстройства. По этой причине Всемирная организация здравоохранения предложила перейти от потребления насыщенных твердых жиров к ненасыщенным жидким маслам в качестве ориентира для здорового образа жизни и к 2030 г. полностью отказаться от использования первых. Однако прямая замена твердых жиров жидким маслом может привести к такой технологической проблеме, как слабость текстуры из-за низкой вязкости. Это связано с тем, что в пищевых продуктах насыщенные жиры, а также гидрогенизированные растительные масла, являющиеся источниками транс-изомерных жирных кислот, играют роль в структуре и сенсорных

атрибутах пищевых продуктов и выполняют функцию структурирующего агента [1–3].

Исключение жиров из продуктов питания возможно за счет использования структурообразователей – гидроколлоидов (пектины, крахмалы, камеди, каррагинаны и др.), позволяющих удерживать жидкую среду в структуре водного геля. Применение гидроколлоидов возможно в гидрофильной пищевой системе с учетом индивидуальных особенностей каждого структурообразователя, что не позволяет их использовать в составе многих пищевых продуктов с сохранением сенсорных и функциональных свойств. Лишены этих недостатков олеогели (органогели, структурированные пищевые масла) – твердые дисперсные системы, дисперсионной средой которых являются жидкие пищевые масла, а дисперсной фазой – низко- или высокомолекулярные соединения, образующие постоянную однородную структуру. К низкомолекулярным структурообразователям относятся н-алканы и воски, жирные кислоты и высшие спирты, гидроксилированные жирные кислоты, моноглицериды, фитостерины, керамиды, эфиры сорбитана и лецитин. В качестве полимерных структурообразователей используются производные целлюлозы, хитин и хитозан [2–5].

Среди потенциальных структурообразователей для производства олеогелей наиболее подходящими являются воски, отдельные фракции которых способны проявлять различную структурирующую способность. Основным принципом получения олеогелей на основе пищевых масел с воском является нагревание отдельных компонентов до температуры плавления воска (50–65 °C) с последующим их диспергированием и образованием олеогеля при охлаждении до температуры 18–20 °C. В зависимости от требуемых свойств готового олеогеля концентрация вводимого структурообразователя может варьироваться от 1 до 20 %. Основными определяемыми свойствами используемых олеогелей являются морфологические и структурные характеристики, температура фазового перехода, скорость охлаждения, стабильность готовых гелей при хранении, в зависимости от температуры, и другие факторы. Данные об окислительной стабильности олеогелей неоднозначны.

Независимо от вида воска, перекисное число в олеогелях выше, чем перекисное число исходного масла. Несмотря на это, в процессе хранения олеогели проявляют большую стабильность к накоплению продуктов перекисного окисления липидов [6–10]. Принимая во внимание тот факт, что воски не являются веществами антиоксидантной природы, механизм их антиоксидантного действия в составе структурированных пищевых масел остается предметом обсуждений. Одним из возможных объяснений может быть то, что в результате повышения плотности масла снижается скорость диффузии кислорода и скорость развития окислительных процессов.

У многих исследователей отмечается интерес к возможности комбинирования различных природных восков для получения гелей с заданными свойствами, а также получения гибридных гелей. При изучении бинарных комбинаций различных восков (парафин, пчелиный воск, подсолнечный воск, воск рисовых отрубей) была показана возможность проявления эвтектического фазового поведения при их смешении за счет сокристаллизации и взаимосвязь между фракционным составом воска и реологическими свойствами олеогеля [8].

Гибридные гели – это двухфазные системы, которые получают комбинацией гелей на водной (гидрогель) и масляной основах (олеогель). Гидрогели обладают уникальными свойствами в составе пищевых продуктов (формоустойчивость, гелеобразование, растворимость в воде, смешиваемость с водной фазой) и совместимостью с различными пищевыми нутриентами. Это позволяет использовать их для создания продуктов питания различных агрегатных состояний. Однако из-за своей гидрофильной природы (растворимости в водной фазе) гидрогели не совместимы с гидрофобными растворителями, к числу которых относятся растительные жиры, входящие в состав многих пищевых продуктов [5, 8].

Комбинация гидрогеля и олеогеля приводит к получению т. н. гибридных гелей (или бигелей), обладающих как гидрофильными, так и липофильными характеристиками. Применение гибридных гелей в пищевых продуктах должно быть ориентировано на их реализацию в сложных пищевых системах эмульсионной природы. Уникальные термодинамические свойства, вязкоупругость и разнообразие наличия физиологически функциональных ингредиентов в составе пищевых продуктов (например, жирорастворимых витаминов, антиоксидантов и др.) являются одними из наиболее важных характеристик этого типа гелей. Эти свойства могут быть достигнуты с помощью совершенствования рецептур продуктов питания с использованием гибридных гелей и различных комбинаций рецептурных ингредиентов, способствующих увеличению их технологического потенциала в пищевых технологиях [11–16].

Поэтому разработка пищевых форм гибридных гелей – заменителей насыщенных жиров и трансжиров – и способов их включения в технологии продуктов здорового питания является актуальной задачей.

Цель работы – разработка способа получения гибридного геля и технологии кондитерского полуфабриката с его применением.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы олеогелей, полученные комбинацией подсолнечного масла (ГОСТ 1129-2013) и пчелиного воска

(ГОСТ 21179-2000); образцы гибридных гелей, полученные комбинацией олеогеля и 2 %-ого водного раствора альгината натрия (ГОСТ 33310-2015); кондитерский полуфабрикат на основе гибридного геля, рецептурными ингредиентами для изготовления которого служили изомальт (ГОСТ EN 15086-2015), какао-порошок (ГОСТ 108-2014) и лецитин (ГОСТ 32052-2013).

Олеогели готовили путем смешивания подсолнечного масла и пчелиного воска, гибридные гели – путем приготовления эмульсии олеогеля с 2 %-ым водным раствором альгината натрия. Для получения олеогеля пчелиный воск диспергировали в масло путем непрерывного перемешивания с помощью магнитной мешалки с подогревом ES-6120 (Экрос, России) при скорости 280 об/мин в течение 5 мин при температуре 80 °С. Для получения гибридного геля в приготовленный олеогель вводили 2 %-ый водный раствор альгината натрия. Смесь гомогенизировали с помощью гомогенизатора с цифровым/аналоговым управлением WiseTis HG-15D (Labortechnik, Германия), используя диспергирующую насадку HT-1025, до получения эмульсии (800 об/мин в течение 15 с, затем 60 с при 1600 об/мин). Каждый образец олеогеля/гибридного геля стабилизировали при 20 °С в течение 3 ч перед исследованием.

Текстурные свойства олеогелей, гибридных гелей и кондитерского полуфабриката на основе гибридного геля исследовали при температуре 18 ± 2 °С с помощью анализатора текстуры TA-XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Великобритания). Количественными параметрами, извлеченными из кривой сила – время, были прочность (максимальная пиковая сила в первом цикле сжатия), консистенция (площадь до положительного пика в первом цикле), адгезионная прочность (пиковая отрицательная сила в первом цикле сжатия), индекс вязкости (отрицательная площадь в первом цикле) и модуль Юнга (отношение давления на образец к относительному изменению его линейного размера во время испытания).

Прочность описывается как высота первого пика сжатия и характеризует твердость образца при укусе. Консистенция характеризует связность образца в первом цикле сжатия (разрушения). Адгезионная прочность характеризуется устойчивостью, т. е. насколько хорошо продукт «борется за восстановление своей первоначальной высоты». Устойчивость измеряется при выходе из первого проникновения до начала периода ожидания. Индекс вязкости характеризует сплоченность (когезионность) изделия после разрушения структуры. Изделие является когезионным, если оно прилипает к самому себе при некотором напряжении сжатия и обладает высокой связностью, для чего его нужно много раз пережевывать, чтобы расщепить. Когезия – это энергия или количество раз, необходимое для размельчения продукта до тех пор, пока он не станет приемлемым для проглатывания. Многие пищевые продукты подвергаются различным механическим воздействиям еще до их употребления. Продукт с сильной когезией будет более устойчив к нагрузкам при производстве, упаковке и доставке и будет представлен потребителям в «ожидаемом» состоянии. Продукт с плохим сцеплением не будет приемлемым. Модуль Юнга – это физическая величина, характеризующая способность материала сопротивляться деформации.

Данные показатели были рассчитаны с помощью программного обеспечения Exponent, поставляемого вместе с прибором, и выражены в следующих единицах измерения: прочность – г, адгезионная прочность – г, индекс вязкости – г·с, консистенция – г·с, модуль Юнга – Па.

Активность воды изучали на анализаторе активности воды LabMaster (Novasina, Lab Master, Швейцария) – высокоточном приборе для получения быстрых и воспроизводимых результатов измерений показателя активности воды в соответствии со стандартом ISO 18787.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования разработали три состава олеогелей, полученные комбинацией подсолнечного масла и пчелиного воска в концентрации 10, 15 и 20 %. Пчелиный воск является пищевой добавкой Е-901 и используется в пищевой промышленности как глазирователь и природный консервант. Пчелиный воск признан органогелатором, используемым для структурирования пищевого масла из-за его эффективной гелеобразующей способности при очень низких массовых фракциях кристаллов. Пчелиный воск был одобрен исследованиями ученых ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», которые указали, что он является структурообразователем пищевых олеогелей, а также безопасным и экологически чистым продуктом пчеловодства [10]. Пчелиный воск представляет собой сложную смесь неполярных и полярных компонентов. Основными компонентами воска являются сложные эфиры алифатических карбоновых кислот и высших жирных спиртов (до 73 %), предельные углеводороды (до 13,5 %), свободные жирные кислоты (до 14,5 %) и свободные жирные спирты (до 1,25 %). Линейная структура кристаллов пчелиного воска, образованных молекулярными единицами, служит для имитации кристаллической сети жира. Таким образом, структурные свойства кристаллов воска вносят вклад в конечную текстуру и пластичность олеогелей.

Различные масляные фазы также связаны с образованием и стабильностью сетчатой структуры в олеогелях. Группа канадских исследователей под руководством профессора А. Марангони

предположила, что твердая сеть олеогеля, потенциально состоящая из восковых кристаллов, представляет собой совокупность кластеров и фрактальных хлопьев по аналогии с сетью жировых кристаллов в твердых жирах [11]. Поэтому можно получить информацию о возможности потенциального использования олеогелей в качестве нового твердого жирового продукта, исследовав их микроструктуру и текстурные свойства.

Текстура является важным атрибутом качества изделий, влияющим на сенсорные свойства, вкус и глотательные свойства пищи. Особенности текстуры пищи могут указывать на ее качество и влиять на предпочтения потребителей. На консистенцию и жевательную способность гелей влияют свойства и концентрация гелеобразователей, а также их баланс с некристаллизующейся фазой продукта. Физические или текстурные характеристики зависят от содержания влаги в продукте. L. B. Da Silva и др. в своей работе предложили классификацию по значениям твердости изделий: очень мягкие (0,18–0,77 Н), мягкие (4,08–15,43 Н), твердые (56,39 Н) и очень твердые (171,09 Н) [12]. Для перевода Ньютоны в граммы существует зависимость: 1 Ньютон (вес) равен 101,971601 грамм, 1 грамм равен 0,009807 Ньютонов (вес).

В предыдущей работе мы изучили микроструктуру разработанных олеогелей с концентрацией воска 10, 15 и 20 % [13]. Было установлено, что при низкой концентрации воска 10 % олеогель имел неоднородную слабую гелевую структуру с большими порами и грубыми сшитыми цепями. Олеогели с 15 и 20 % воска демонстрировали плотную микроструктуру с небольшими порами из-за повышенной гидрофобности полимерных цепей и повышенного сшивания микроструктур в олеогелях. Это связано с тем, что при понижении температуры алифатические цепи молекул пчелиного воска сворачиваются, образуя волокнистые кристаллы, которые формировали, переплетаясь друг с другом, сетевые структуры, в которые захватываются частицы растительного масла посредством межмолекулярного взаимодействия. По мере уменьшения размера кристаллов общее количество твердой поверхности увеличивается, обеспечивая большую межфазную площадь, на которой масло может адсорбироваться с последующим увеличением способности удерживаться в масляном геле.

Текстурные характеристики разработанных образцов олеогелей с различной концентрацией воска представлены в таблице 1.

Как видно из представленных данных, в образцах наблюдались различия в прочности. Наибольшей прочностью обладал образец олеогеля с концентрацией воска 20 %. Если перевести значения измеренной прочности в Ньютоны, то получится, что данный образец, как и образец с концентрацией воска 15 %, по значению твердости можно отнести к «мягким» изделиям. В то время как образец с концентраций воска 10 % будет отнесен по твердости к «очень мягким». Изменение прочности в гелях связано с уменьшением концентрации воска в составе. Это может быть частично связано с уменьшением общего количества гидрофобных алифатических связей в образцах, что влияет на формирование компактной гелевой сети.

Повышение концентрации воска в олеогелях влияло на когезионность гелей. Когезионность отражает внутреннюю прочность гелевой сети и структурную целостность гелей. Образцы с концентрацией воска 15 и 20 % имели хорошие показатели адгезионной прочности, что не отмечалось у образца с концентрацией воска 10 %. Для последующих исследований была выбрана концентрация воска в составе олеогеля 20 % как наиболее приемлемая.

На втором этапе исследования разработали три состава гибридных гелей, полученных комбинацией олеогеля с концентрацией воска 20 % и гидрогеля (2 %-ого раствора альгината натрия) при соотношении 99:1, 95:5 и 90:10. Разработка гибридных гелей (бигелей) обусловлена тем, что гидроколлоиды популярны при разработке новых гелевых систем из-за их загустевающих, гелеобразующих и текстурных свойств. Исследования многих ученых показали, что гидрогели необходимы для структуры эмульсионного геля из-за возникновения дополнительных водородных связей.

Составы получены впервые и не имеют аналогов, в ходе испытаний оценивались присущие им текстурные характеристики (табл. 2). Модуль Юнга, рассчитываемый как отношение давления на образец к относительному изменению его линейного размера во время испытания, дает сведения об эластичности продукта. Увеличение модуля Юнга является следствием более плотной и равномерной текстуры [14].

Таблица 1. Текстурные характеристики олеогелей

Table 1. Texture of oleogels

Показатель, г	Значение показателя для олеогеля		
	Концентрация воска 20 %	Концентрация воска 15 %	Концентрация воска 10 %
Прочность	1494,088	526,785	103,532
Адгезионная прочность	–581,950	–546,466	–231,412

Из данных таблицы 2 видно, что разработанные составы гибридных гелей обладают приемлемыми текстурными характеристиками благодаря образованию трехмерной сети, агрегации и сшиванию гидрогеля и олеогеля. С увеличением концентрации гидрогеля значения прочности снижаются. Образец гибридного геля при соотношении 99:1 (олеогель:гидрогель) имел самую высокую твердость, отрицательно влияющую на текстуру геля. Высокая концентрация органогелатора при низкой концентрации гидрогеля в составе геля приводит к кристаллической и рассыпчатой массе на стадии охлаждения. Об этом свидетельствует ряд других характеристик (адгезионная прочность, консистенция, индекс вязкости, модуль Юнга). Образец гибридного геля при соотношении 90:10 с большей концентрацией гидрогеля обладал более мягкой текстурой и низкой прочностью (≤ 303,188 г), а также самым высоким значением активности воды (A_w = 0,36). Это может привести к более мягкой текстуре изготовленных продуктов, а также повысить внутреннюю подвижность всех молекул, присутствующих в олеогеле. Оптимальными характеристиками для применения в рецептуре кондитерского полуфабриката обладал образец гибридного геля с соотношением олеогеля и гидрогеля 95:5. Такое соотношение позволяет достичь достаточной прочности геля (≤ 408,222) при поддержании плотной и равномерной текстуры (модуль Юнга ≤ 17,05) продукта в течение длительного периода времени.

Данные по активности воды в гибридных гелях представлены на рисунке 1.

По данным рисунка 1 видно, что значение активности воды образца гибридного геля 90:10 больше, чем у образцов гибридных гелей с соотношением 99:1 и 95:5, за счет исключающего процесса формирования кристаллической решетки из-за высокой концентрации гидрогеля. Однако все разработанные образцы гибридных гелей по величине активности воды относятся к продуктам с низкой влажностью (A_w = 0,6 ± 0), т. е. вода в их составе находится в связанном состоянии, что может способствовать увеличению сроков хранения изделий, приготовленных с их использованием. Поскольку вода участвует в гидролитических процессах, то ее связывание за счет используемых структуробразователей тормозит многие реакции и ингибирует рост микроорганизмов, удлиняя сроки хранения готовых продуктов. Срок хранения гибридного геля при температуре от 4 до 10 °С составляет 6 месяцев.

Установлено, что разработанные образцы гибридных гелей имели хорошие сенсорные свойства: чистый вкус и запах, прочную однородную структуру и консистенцию.

На следующем этапе исследования разработали рецептуру кондитерского полуфабриката на основе

Таблица 2. Текстурные характеристики гибридных гелей

Table 2. Texture of hybrid gels

Наименование показателя	Значение показателя для гибридного геля		
	99:1	95:5	90:10
Прочность, г	472,076	408,222	303,188
Адгезионная прочность, г	–242,458	–187,512	–143,323
Консистенция, г·с	4428,577	3904,416	2897,065
Индекс вязкости, г·с	–1819,657	–1771,638	–1418,064
Модуль Юнга, Па	19,68	17,05	12,64

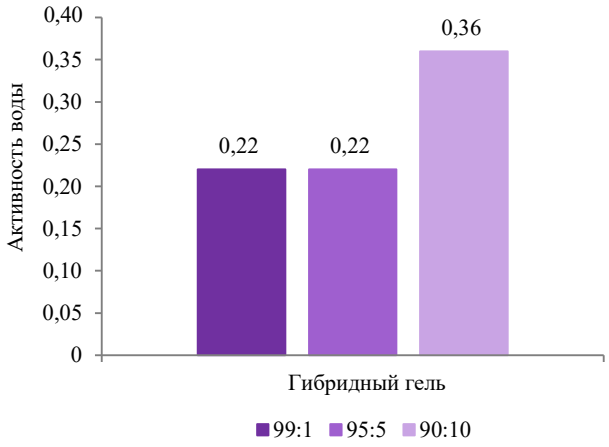

Рисунок 1. Активность воды в гибридных гелях

Figure 1. Water activity in hybrid gels

гибридного геля. Согласно ГОСТ Р 53041-2008 «кондитерский полуфабрикат – это пищевой продукт, полученный в результате обработки одного или нескольких видов сырья, с добавлением или без добавления пищевых ингредиентов, пищевых добавок и ароматизаторов, применяемый для дальнейшего использования при производстве кондитерских изделий». Кондитерский полуфабрикат содержит микрочастицы рецептурных ингредиентов – изомальта, какао-порошка и лецитина, диспергированные в непрерывной фазе заменителя какао-масла. В кондитерском полуфабрикате непрерывная фаза обеспечивает сетчатую структуру, которая поддерживает пространственное положение дисперсной фазы и определяет ее микроструктуру, текстуру, кристаллизацию и реологические свойства, а также придает продукту характерный вкус.

Рецептуры контрольного и разработанного образцов кондитерских полуфабрикатов представлены в таблице 3.

Рецептура контрольного образца кондитерского полуфабриката предполагает использование заменителя какао-масла, придающего определен-

Таблица 3. Рецептуры кондитерских полуфабрикатов

Table 3. Formulations for confectionery semi-finished products

Наименование рецептурных компонентов	Расход рецептурных компонентов, кг	
	Кондитерский полуфабрикат (контрольный образец)	Кондитерский полуфабрикат (опытный образец)
Изомальт	36,0	36,0
Какао-порошок	33,0	33,0
Заменитель какао-масла	30,0	–
Гибридный гель	–	30,0
Лецитин	1,0	1,0
Выход	100,0	100,0

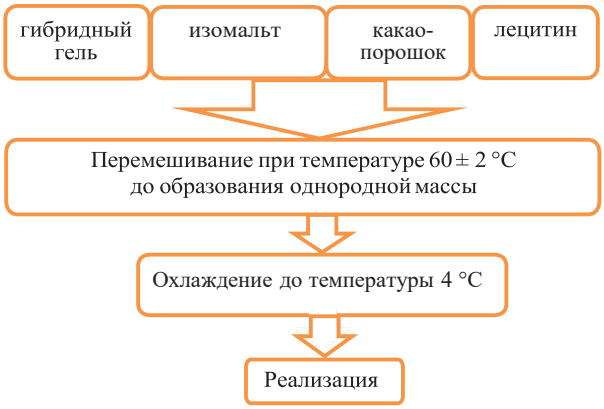

Рисунок 2. Технологический процесс приготовления кондитерского полуфабриката на основе гибридного геля

Figure 2. Technology of a semi-finished hybrid-gel confectionery product

ные технологические свойства изделию, но являющегося источником твердых насыщенных жиров и трансжиров. В таком продукте использование гибридных гелей вместо какао-масла имеет преимущества, поскольку бигели могут обеспечить не только желаемую термическую стабильность: полная замена жиросоставляющего компонента на разработанный пищевой гибридный гель будет способствовать исключению доли насыщенных жиров и трансжиров в готовом продукте.

Технологический процесс приготовления кондитерского полуфабриката на основе разработанного гибридного геля представлен на рисунке 2.

Полученный гибридный гель смешивают с кондитерским изомальтом, какао-порошком и лецитином при температуре 60 ± 2 °С до образования однородной массы. Продукт охлаждают до температуры 4 °С и отправляют на реализацию. Разработанный продукт предполагается использовать в качестве начинок кондитерских и мучных кондитерских изделий.

Выводы

Твердые жиры, такие как частично гидрогенизированные растительные масла, являются основной частью рациона современного человека из-за своих уникальных пластических и функциональных свойств. Однако обычные твердые жиры содержат насыщенные и трансжирные кислоты, которые при чрезмерном употреблении оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистое здоровье и напрямую связаны с ожирением и диабетом. Важно найти новый жировой продукт, который может заменить функционально-технологические возможности твердых жиров без какого-либо негативного влияния на здоровье человека.

Олеогелирование является методом отверждения растительного масла для замены традиционного твердого жира в пищевых продуктах. Данный способ позволяет получать олеогели, т. е. трехмерные супрамолекулярные сети самособирающихся молекул (олеогелатора), улавливающие масло и характеризующиеся плотной, термостабильной и вязкоупругой структурой.

В работе было проведено комплексное исследование по созданию способа получения гибридного геля на основе растительного масла и натуральных структурообразователей и представлено сравнение и обсуждение текстуры, свойств удерживания масла и микроструктуры полученных олеогелей и гибридных гелей, а также были разботаны рецептура и технология кондитерского полуфабриката с использованием гибридного геля в качестве нового жирового продукта.

Критерии авторства

В. С. Куценкова – обзор литературы, проведение и обработка результатов экспериментальных исследований, написание статьи, привлечение финансирования. Н. В. Неповинных – научное руководство, анализ результатов исследования, написание и редактирование статьи. С. А. Еганехзад – проведение и анализ результатов исследования текстурных характеристик олеогелей и бигелей.

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

V.S. Kutsenkova performed the literature review, conducted the experiments, processed the results, wrote the article, and raised funds. N.V. Nepovinnykh provided scientific guidance, analyzed the research results, wrote and proofread the manuscript. S.A. Yeganehzad conducted the research, analyzed the textural proeprties of oleogels and bigels, and analyzed the results. All the authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for anu potential cases of plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Nagpal T, Sahu JK, Khare SK, Bashir K, Jan K. Trans fatty acids in food: A review on dietary intake, health impact, regulations and alternatives. Journal of Food Science. 2021;86(12):5159–5174. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15977

2. Baranova ZA, Krasina IB, Tarasenko NA. Trends in the production of reduced trans fats. Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally friendly agricultural and food products: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference; 2019; Krasnodar. Krasnodar: State All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products; 2019. p. 38–43. (In Russ.). [Баранова З. А., Красина И. Б., Тарасенко Н. А. Тенденции в производстве жиров с пониженным содержанием трансизомеров // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2019. С. 38–43.].

3. Demirkesen I, Mert B. Recent developments of oleogel utilizations in bakery products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020;60(14):2460–2479. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649243

4. Martins AJ, Silva P, Maciel F, Pastrana LM, Cunha RL, Cerqueira MA, *et al.* Hybrid gels: Influence of oleogel/hydrogel ratio on rheological and textural properties. Food Research International. 2019;116:1298–1305. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.019

5. Qi W, Li T, Zhang Z, Wu T. Preparation and characterization of oleogel-in-water Pickering emulsions stabilized by cellulose nanocrystals. Food Hydrocolloids. 2020;110. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106206

6. Gao Y, Lei Y, Wu Y, Liang H, Li J, Pei Y, *et al.* Beeswax: A potential self-emulsifying agent for the construction of thermal-sensitive food W/O emulsion. Food Chemistry. 2021;349. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129203

7. Doan CD, To CM, De Vrieze M, Lynen F, Danthine S, Brown A, *et al.* Chemical profiling of the major components in natural waxes to elucidate their role in liquid oil structuring. Food Chemistry. 2017;214:717–725. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.123

8. Kochetkova AA, Sarkisyan VA, Kodentsova VM, Frolova YuV, Sobolev RV. Food oleogels: Properties and prospects of use. Food Industry. 2019;(8):30–35. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10132

9. Dragomiretskiy YuA. Healing properties of fats and oils. Donetsk: Stalker; 1997. 347 p. (In Russ.). [Драгомирецкий Ю. А. Целебные свойства жиров и масел. Донецк: Сталкер, 1997. 347 с.].

10. Sobolev RV, Frolova YuV, Sarkisyan VA. Beeswax as a food oleogels structure agent. Fundamentals of healthy nutrition and ways to prevent alimentary-dependent diseases: Proceedings of the II School of Young Scientists; 2019; Moscow. Moscow: Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2019. p. 131. (In Russ.). https://doi.org/10.17605/OSF.IO/RE46T

11. Demchenko EA, Savenkova TV, Mizinchikova II. Effects of oils and fats on the quality characteristics, nutritional value, and storage capacity of cookies. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):674–689. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-674-689

12. Tereshchuk LV, Zagorodnikov KA, Starovoitova KV, Viushinskij PA. Physical and chemical parameters of emulsifiers and their effect on the process of food emulsion formation. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):915–929. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-915-929

13. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Kalmanovich SA, Sapozhnikova AI. Electrochemical activation as a fat rendering technology. Foods and Raw Materials. 2021;9(1):32–42. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-32-42

14. Baranova ZA, Krasina IB, Nikonovich SN, Baranova EI. Research of fat mixtures – analogues mid-fraction of palm oil. Izvestiya Vuzov. Food Technology. 2021;380–381(2–3):65–68. (In Russ.). https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.2-3.16

15. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Kalmanovich SA, Sapozhnikova AI. Ostrich fat production using electrolyzed fluid. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):21–31. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-21-31

16. Lilishentseva AN. Quality examination and competitiveness evaluation of cocoa butter substitutes. Bulletin of Mogilev State University pf Food Technologies. 2019;26(1):104–111. (In Russ.). [Лилишенцева А. Н. Экспертиза качества и оценка конкурентоспособности заменителей масла какао // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2019. Т. 26. № 1. С. 104–111.].

17. Tang D, Marangoni AG. Modeling the rheological properties and structure of colloidal fat crystal networks. Journal of Colloid and Interface Science. 2008;318(2):202–209. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.09.062

18. da Silva LB, Queiroz MB, Fadini AL, da Fonseca RCC, Germer SPM, Efraim P. Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. LWT – Food Science and Technology. 2016;65:268–274. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.006

19. Kosareva EV, Chuplina VS, Kutsenkova VS, Nepovinnukh NV. Organogels – substitutes for saturated and trans fats: Production and application in food technologies. Fundamentals and Perspectives of Organic Biotechnologies. 2021;(2):16–20. (In Russ.). [Органогели – заменители насыщенных и транс-жиров: производство и применение в пищевых технологиях / Е. В. Косарева [и др.] // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2021. № 2. С. 16–20.].

20. Kodatsky YuA, Klyukina ON, Nepovinnykh NV, Ptichkina NM, Shmakov SL, Eganekhzad S, *et al.* Study of the viscoelastic properties and water activity in the marshmallow, based on polysaccharides of plant and microbial origin. Food Industry. 2016;(4):30–33. (In Russ.). [Изучение вязко-упругих свойств и активности воды в маршмеллоу на основе полисахаридов растительного и микробного происхождения / Ю. А. Кодацкий [и др.] // Пищевая промышленность. 2016. № 4. С. 30–33.].