

ПИЩЕВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ ЛИПИДНОЙ ПРИРОДЫ С ВИТАМИНАМИ Д₃ И К₂, СТРУКТУРИРОВАННЫЕ МОНОЭФИРАМИ ПЧЕЛИНОГО ВОСКА

Ю. В. Фролова, Р. В. Соболев, А. А. Кочеткова
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Россия

Аннотация

Жиры и масла являются неотъемлемой частью рациона при сбалансированном питании. Однако в пищевой промышленности для придания желаемой текстуры пищевым продуктам на жировой основе традиционно используются гидрогенизированные масла, содержащие насыщенные и транс-изомерные жирные кислоты. Для замены масел, модифицированных химическими методами, в настоящее время рассматриваются структурированные пищевые масла (олеогели). При этом олеогели могут применяться не только как альтернатива твердым жирам и гидрогенизированным маслам, но и как носители биологически активных веществ. Цель исследования: сравнительный анализ свойств содержащих жирорастворимые витамины Д₃ и К₂ олеогелей, структурированных моноэфирами пчелиного воска, и олеогелей, структурированными исходным пчелиным воском, для получения обогащенных пищевых ингредиентов липидной природы – альтернативы твердым жировым продуктам, содержащим насыщенные и транс-изомерные жирные кислоты. В результате проведенных исследований показано влияние состава структурообразователя и жирорастворимых витаминов Д₃ и К₂ на свойства олеогелей.

Ключевые слова: олеогель, пчелиный воск, моноэфиры пчелиного воска, витамин Д₃, витамин К₂

Глобальный план Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) подразумевает к 2035 снижение смертности на 25% от основных неинфекционных заболеваний, в частности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), являющихся самой распространенной причиной смертности как во всем мире, так и в Российской Федерации. Анализ проведенных исследований установил связь между потреблением насыщенных и транс-изомерных жирных кислот с рисками возникновения ССЗ, в связи с чем, по мнению Европейского агентства по безопасности продовольствия и ВОЗ, рекомендуется снизить потребление насыщенных жиров (до < 10%) и транс-жиров (до уровня < 1%). Для снижения содержания насыщенных и транс-изомерных жирных кислот в составе пищевых продуктов и рациона в целом, в настоящее время, рассматриваются структурированные пищевые масла. Большой интерес среди структурированных масел вызывают безводные жировые системы (олеогели), представляющие собой жидкие пищевые масла, структурированные различными гелеобразователями. Однако жиры в составе пищевой продукции способствуют формированию текстурных и органолептических показателей, что необходимо учитывать при замене традиционных жиров на олеогели. В связи с этим проводятся многочисленные исследования по изучению влияния состава олеогелей (дисперсионной среды - жидких масел и дисперсной фазы - структурообразователей) на их физико-химические, реологические и органолептические свойства с целью получения пищевой продукции со сниженным содержанием насыщенных и транс-изомерных жирных кислот, с сохранением её характерных свойств. Благодаря использованию различных пищевых масел можно варьировать жирнокислотный состав как олеогелей, так и готовой продукции с замененным жировым компонентом. Одним из достоинств олеогелей является способность растворять большое количество липофильных веществ, благодаря чему олеогели могут выступать как матрицы для доставки биологически активных веществ. Однако введение дополнительных компонентов в состав олеогелей может приводить к изменению свойств, в том числе влиять на процесс структурирования. В связи с этим целью данного исследования являлся сравнительный анализ свойств содержащих жирорастворимые витамины Д₃ и К₂ олеогелей, структурированных моноэфирами пчелиного воска, и олеогелей, структурированными исходным пчелиным воском, для получения обогащенных пищевых

ингредиентов липидной природы – альтернативы твердым жировым продуктам, содержащим насыщенные и транс-изомерные жирные кислоты.

Для достижения поставленной цели были получены 4 типа олеогелей на основе среднецепочечных триглицеридов (масляная среда): олеогель, структурированный пчелиным воском (ПВ); олеогель, структурированный пчелиным воском с добавлением витаминов D_3 и K_2 (ПВ_ D_3K_2); олеогель, структурированный моноэфирами пчелиного воска (МЭ); олеогель, структурированный моноэфирами пчелиного воска с добавлением витаминов D_3 и K_2 (МЭ_ D_3K_2). Моноэфиры пчелиного воска были получены согласно разработанной технологии на флэш-хроматографе с применением растворителей, допущенных к применению в пищевой промышленности. Технология получения олеогелей заключалась в нагреве масляной среды (масло BergaBest МСТ 60/40) до 90°C , внесении в него при постоянном перемешивании структурообразователя в количестве 6 мас.% и добавлении витаминов D_3 и K_2 в количестве 1174 мкг/г образца и 10570 мкг/г образца соответственно. Полученные олеогели разливали на аликвоты индивидуально для каждого метода исследования и охлаждали до $23\pm 1^\circ\text{C}$ со скоростью $1^\circ\text{C}/\text{мин}$ в климатической камере и термостатировании перед испытанием в течение 24 ч при $23\pm 1^\circ\text{C}$.

При формировании олеогелей, структурированных воском или его компонентами (углеводороды, восковые эфиры, свободные жирные кислоты и спирты) образуется пространственная сетка за счет соединения частиц дисперсной фазы, способная удерживать дисперсионную среду. При визуальной оценке все полученные олеогели имели идентичный вид. Однако при более детальном анализе посредством поляризационной световой микроскопии было выявлено, что тип структурообразователя влияет на размер и морфологию образующихся кристаллов. В олеогелях с ПВ образуются более мелкие кристаллы по сравнению с олеогелями, стабилизированными МЭ. При этом добавление витаминов D_3 и K_2 приводит к изменению формы и размеров образующихся кристаллов: для олеогелей с ПВ форма кристаллов меняется с игольчатой (мелких пластинок) на сферообразные комплексы, заметно большие по размеру; для олеогелей с МЭ форма кристаллов существенно не изменилась, однако появились дополнительные агломераты, по форме заметно отличающиеся от исходных пластинок. Изменение формы и размеров образующихся кристаллов может непосредственно сказываться на физико-химических и реологических свойствах олеогелей.

Существует гипотеза, согласно которой распределение в объеме и размер образующихся кристаллов связаны с твердостью и маслосвязывающей способностью (МСС) олеогелей. При этом, чем меньше образующиеся кристаллы, тем лучше должна быть МСС. Согласно полученным данным, применение в качестве структурообразователя МЭ приводит к формированию олеогелей с лучшей МСС (свыше 98%) в сравнении с использованием ПВ. При этом, добавление витаминов D_3 и K_2 не вызывает достоверных изменений значений МСС. Полученные данные не подтверждают гипотезу о том, что при формировании меньших кристаллов, МСС лучше. В ранее проведенных нами исследованиях было показано, что в олеогелях на подсолнечном масле, структурированных ПВ, образуются такие же по форме и размерам кристаллы, при этом МСС составляет 100%. В связи с этим можно предположить, что на МСС может оказывать влияние не только размер образующихся кристаллов, но и состав масляной среды.

В результате исследований текстурных характеристик олеогелей было достоверно определено снижение твердости во всех исследуемых образцах при добавлении витаминов D_3 и K_2 . Олеогель с МЭ отличался наибольшей твердостью – 1,49 Н среди всех исследуемых образцов. При этом добавление витаминов достоверно ($p < 0,05$) снизило твердость олеогелей с МЭ до 0,98 Н. Олеогель с ПВ изначально имел низкое значение твердости – 0,30 Н, а при внесении витаминов это показатель достоверно ($p < 0,05$) снижался до 0,22 Н. При анализе изменения показателя модуля упругости выявлено, что олеогели, структурированные МЭ, обладают более высокими показателями, по сравнению с олеогелями с ПВ. Установлено, что добавление витаминов в олеогели с МЭ приводит к увеличению модуля упругости с $30,70 \text{ Н}/\text{мм}^2$ до $45,53 \text{ Н}/\text{мм}^2$, при этом добавление витаминов в олеогели с ПВ приводит к снижению модуля упругости с $11,69 \text{ Н}/\text{мм}^2$ до $5,88 \text{ Н}/\text{мм}^2$. Стоит отметить, что исходные значения твердости и модуля упругости олеогелей на среднецепочечных триглицеридах, структурированных ПВ, существенно ниже, чем у олеогелей на подсолнечном масле. При этом твердость олеогелей, структурированных моноэфирами пчелиного воска, выше при использовании среднецепочечных

триглицеридов в качестве дисперсионной среды. Вероятно, большое значение в процессе гелеобразования играют как состав структурообразователя, так и строение жирных кислот, а также вносимые биологически активные вещества, в данном случае, витамины D₃ и K₂.

Температуры фазовых переходов липидных ингредиентов имеют большое значение как для технологических параметров, так и для потребительских характеристик. На основании анализа полученных термограмм было установлено, что процесс кристаллизации олеогелей с ПВ характеризуются несколькими пиками: 32,58 °С и 45,44 °С, а олеогелей с МЭ - одним выраженным пиком - 48,94 °С, это обусловлено тем, что исходный пчелиный воск является многокомпонентной системой с веществами, имеющими различные температуры фазовых переходов. При внесении витаминов D₃ и K₂ в олеогели с ПВ произошло смещение пика кристаллизации в сторону более высоких значений, до 46,23 °С, при том, что в образцах олеогелей с МЭ внесение витаминов не привело к достоверным изменениям температуры кристаллизации.

В результате проведенных исследований показано, что для получения олеогелей на основе среднецепочечных триглицеридов в качестве структурообразователя целесообразно использовать МЭ пчелиного воска. Использование отдельной фракции МЭ, в отличие от исходного ПВ, позволяет получать олеогели на основе среднецепочечных триглицеридов с высокой МСС и с более высокими текстурными показателями. Добавление витаминов D₃ и K₂ в олеогели, структурированные ПВ, приводит к изменению формы и размеров образующихся кристаллов и снижению текстурных показателей, при этом МСС не изменяется. Добавление витаминов D₃ и K₂ в олеогели, структурированные МЭ пчелиного воска сопровождается снижением твердости, но увеличением модуля упругости олеогелей, при этом практически не изменяются морфология образующихся кристаллов и МСС. Таким образом, показано, что на основе олеогелей можно получать структурированный ингредиент липидной природы, обогащенный витаминами D₃ и K₂, а также за счет введения этих биологически активных веществ влиять на их свойства. Результаты исследования необходимо учитывать при разработке обогащенной витаминами пищевой продукции, в составе которой в качестве жирового компонента используются олеогели.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 19-16-00113).

FOOD INGREDIENTS OF A LIPID NATURE WITH VITAMINS D₃ AND K₂, STRUCTURED BY BEESWAX MONOESTERS

Yu. V. Frolova, R.V. Sobolev, A.A. Kochetkova
Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

Abstract

Fats and oils are an essential part of a well-balanced diet. However, the food industry has traditionally used hydrogenated oils containing saturated and trans-isomeric fatty acids to provide the desired texture in fat-based foods. Structured edible oils (oleogels) are being considered to replace chemically modified oils. Oleogels can be used not only as an alternative to solid fats and hydrogenated oils, but also as carriers of biologically active substances. The aim of the study: a comparative analysis of the properties of oleogels containing fat-soluble vitamins D₃ and K₂, structured with beeswax monoesters, and oleogels structured with the initial beeswax to obtain enriched food ingredients of lipid nature - an alternative to solid fatty products containing saturated and trans-isomeric fatty acids. As a result of the studies, it was shown the influence of the gelator composition and the fat-soluble vitamins D₃ and K₂ on oleogel properties.

Keywords: oleogel, beeswax, beeswax monoesters, vitamin D₃, vitamin K₂