

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАЗЦОВ ОЛЕОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

<sup>1</sup>А.К. ИГЕНБАЕВ\* , <sup>1</sup>И.Ж. ТЕМИРОВА , <sup>1</sup>А.Б. АЛЬДИЕВА , <sup>1</sup>Ш.А. АМИРХАНОВ 

(<sup>1</sup>НАО «Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина»,  
Казахстан, 010000, г. Астана, проспект Женис 62)

Электронная почта автора корреспондента: aidyn\_mamyt@mail.ru\*

*Одними из популярных мясных продуктов, пользующихся спросом у населения Казахстана, являются колбасные изделия. Так при производстве колбас, в мясном фарше может содержаться до 35% насыщенных жиров. Насыщенные жиры обеспечивают подходящую текстуру и сочность, поэтому, потенциальные заменители жиров должны иметь хорошую питательную ценность и обеспечивать необходимые структурно-реологические свойства. В связи с негативным воздействием насыщенных жиров при их избыточном потреблении и трансизомеров жирных кислот возникает необходимость в проведении исследований для альтернативной замены подобных жиров в мясных продуктах. Частичная или полная замена насыщенных жиров пищевыми олеогелями в мясных продуктах является наиболее перспективной для придания желаемых качественных показателей с содержанием полезных ненасыщенных жирных кислот. Целью данного исследования являлось получение олеогелей на основе подсолнечного и соевого масел и пчелиного воска, а также дальнейшее изучение их физико-химических, органолептических показателей, а также окислительной стабильности при хранении. Исследования проведены согласно нормативно-технической документации. Полученные олеогели в дальнейшем могут быть использованы в колбасных изделиях с целью частичной замены животных жиров и снижения трансизомеров жирных кислот.*

**Ключевые слова:** воск, животные жиры, насыщенные жиры, олеогель, растительное масло, трансизомеры жирных кислот.

## ӨСІМДІК МАЙЫ НЕГІЗІНДЕГІ ОЛЕОГЕЛЬ ҮЛГІЛЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

<sup>1</sup>А.К. ИГЕНБАЕВ\*, <sup>1</sup>И.Ж. ТЕМИРОВА, <sup>1</sup>А.Б. АЛЬДИЕВА, <sup>1</sup>Ш.А. АМИРХАНОВ

(<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, Астана қ., 010000, Женис 62)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aidyn\_mamyt@mail.ru\*

*Қазақстан халқының сұранысына ие ет өнімдерінің бірі шұжық өнімдері болып табылады. Сонымен, шұжық өндірісінде турама құрамында 35% - га дейін қаныққан май болуы мүмкін. Қаныққан майлар тиісті құрылым мен шырындылықты қамтамасыз етеді, сондықтан майдың алмастырғыштары жақсы қоректік құндылыққа ие болуы керек және қажетті құрылымдық-реологиялық қасиеттерді қамтамасыз етуі керек. Қаныққан майлардың шамадан тыс тұтынылуымен және май қышқылдарының трансизомерлерімен теріс әсеріне байланысты ет өнімдеріндегі ұқсас майларды балама ауыстыру үшін зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындайды. Ет өнімдеріндегі қаныққан майларды тағамдық олеогельдермен ішінара немесе толық ауыстыру пайдалы қанықпаған май қышқылдарының құрамымен қажетті сапалық көрсеткіштерді беру үшін маңызды болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты күнбағыс және соя майлары мен балауыз негізінде олеогельдер алу, сондай-ақ, олардың физико-химиялық, органолептикалық көрсеткіштерін, сақтау кезіндегі тотығу тұрақтылығын одан әрі зерттеу болды. Зерттеулер нормативтік-техникалық құжаттамаға сәйкес жүргізілді. Алынған олеогельдерді кейіннен шұжық өнімдерінде қолдануға болады, олар жануарлардың майларын ішінара ауыстыру және май қышқылдарының трансизомерлерін азайту мақсатында қолдануға болады.*

**Негізгі сөздер:** балауыз, тон майлары, қаныққан майлар, өсімдік майы, олеогель, қышқылдарының трансизомерлері.

## THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF OLEOGEL SAMPLES BASED ON VEGETABLE OIL

<sup>1</sup>A.K. IGENBAEVI\*, <sup>1</sup>I.J. TEMIROVA, <sup>1</sup>A.B. ALDIYEVA, <sup>1</sup>SH.A. AMIRHANOV

(<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical University»Kazakhstan,010000, Astana, Zhenis avenue, 62)

Corresponding author e-mail: aidyn\_mamyt@mail.ru\*

*One of the popular meat products that are in demand among the population of Kazakhstan are sausages. So in the production of sausages, minced meat can contain up to 35% saturated fat. Saturated fats provide the right texture and juiciness, so potential fat substitutes should have good nutritional value and provide the necessary structural and rheological properties. Due to the negative effects of excess consumption of saturated fats and trans fatty acids, there is a need for research into alternative replacements for such fats in meat products. Partial or complete replacement of saturated fats with food oleogels in meat products is the most promising for imparting the desired quality indicators with the content of beneficial unsaturated fatty acids. The purpose of this study was to obtain oleogels based on sunflower and soybean oils and beeswax, as well as further study of their physicochemical, organoleptic characteristics, as well as oxidative stability during storage. The studies were carried out in accordance with the normative and technical documentation. The resulting oleogels can later be used in sausage products to partially replace animal fats and reduce trans-fatty acids.*

**Keywords:** wax, animal fats, saturated fats, oleogel, vegetable oil, trans fatty acids.

### **Введение**

Жиры и масла являются важными компонентами пищевого рациона, так как придают пищевым продуктам высокую энергетическую ценность и наделяют их необходимыми органолептическими и реологическими свойствами. По молекулярной структуре жиры и масла состоят из молекул триацилглицеридов, образованных из трех молекул жирных кислот, соединенных с глицерином. Характеристики жиров и масел зависят от типа жирных кислот, которые, в свою очередь, бывают насыщенными, мононенасыщенными и полиненасыщенными. Мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты содержатся в большей части в жидких растительных маслах. Насыщенные жирные кислоты, придающие твердую структуру жирам, содержатся в основном в продуктах животного происхождения, они обладают устойчивостью к окислению и необходимыми структурно-реологическими свойствами, в связи этим более предпочтительны в использовании в пищевой промышленности [1]. Однако, избыточное потребление насыщенных жиров оказывает негативное влияние на здоровье людей, вызывая в частности сердечно-сосудистые заболевания [2].

В последнее время Всемирная организация здравоохранения и другие организации активизировали усилия по минимизации потребления трансизомеров жирных кислот до 1 % от суточной нормы потребления, что способствует снижению риска их вредного воздействия.

Цель исследования - получение олеогелей на основе подсолнечного и соевого масел и пчелиного воска, а также дальнейшее изучение их физико-химических, органолептических показателей, и окислительной стабильности при хранении.

Задачи исследования: получение олеогелей на основе подсолнечного и соевого масел и пчелиного воска, изучение физико-химических и органолептических показателей полученных олеогелей, изучение окислительной стабильности олеогелей при хранении.

### **Материалы и методы исследований**

С целью получения олеогелей мы использовали подсолнечное и соевое масла отечественного производства. Подсолнечное и соевое масла производятся в РК, однако подсолнечное масло является одним из наиболее доступных растительных масел, используемых в пищевой отрасли, и одним из самых потребляемых в Казахстане. В качестве структурообразователя применялся натуральный пчелиный воск, приобретенный в местном пчеловодческом хозяйстве. Получение олеогелей проводили в лабораторном химическом реакторе. Для стабилизации полученных олеогелей и выбора необходимой консистенции нами был выбран диапазон исследуемых температур (от 20<sup>0</sup>С до 40<sup>0</sup>С) с интервалом 5<sup>0</sup>С. Олеогели оставляли на 24 часа при каждой температуре. Измерение проводили путем наклона пробирки и визуально оценивали подвижность образцов, в зависимости от внешнего вида. Образ-

цы, которые были неподвижны, считались твердыми, малоподвижные – гелями, а подвижные – жидкостями. Качество олеогелей определяется степенью окисления или способностью связывать масло. Окислительное состояние олеогеля будет влиять на его пищевые качества и стабильность при хранении. Основываясь на требования нормативных документов [3, 4], мы определяли окислительную стабильность олеогелей при хранении, которую измеряли путем определения порчи олеогеля методом титриметрии.

### **Обзор литературы**

Имеющиеся исследования указывают на связь между потреблением трансизомеров жирных кислот, полученных в промышленных условиях с увеличением риска ишемической болезни сердца в результате увеличения холестерина и липопротеидов низкой плотности [5]. Кроме того, они содействуют началу неинфекционных заболеваний, подобных диабету второго типа и метаболическому синдрому [6]. Жиры, содержащие транс изомеры жирных кислот, могут быть и природного происхождения и в небольших количествах содержатся в животных продуктах (мясо, молоко), но на сегодняшний день они недостаточно изучены и исследования их влияния на здоровье людей продолжаются, однако известно, что они различаются как качественным составом, так и количественным содержанием отдельных изомеров.

Таким образом, в связи с негативным воздействием насыщенных жиров при их избыточном потреблении и трансизомеров жирных кислот возникает необходимость в проведении исследований для альтернативной замены подобных жиров в мясных продуктах. В свете последних тенденций, одной из наиболее эффективных стратегий снижения содержания насыщенных жиров и трансизомеров жирных кислот в мясных продуктах, является частичная замена животных жиров растительными маслами. Проведенные исследования показали, что потребление мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот могут снизить причины возникновения сердечных заболеваний [7]. Однако существуют недостатки прямого обогащения растительными маслами, которые вызывает технологические проблемы с текстурой [8]. В настоящее время, одним из решений использования жидких растительных масел является их структурирование (олеогелирование) для создания необходимой тексту-

ры, желаемых органолептических свойств в сочетании со здоровым профилем жирных кислот. Важность растительных масел в системе олеогеля значительна, так как реакция олеогелирования зависит от химической структуры масла, и количества ненасыщенных жирных кислот [9]. В литературных источниках для получения олеогелей использовались различные растительные масла [10-12]. Для олеогелирования в качестве структурных агентов используются моноглицериды, натуральные воски, фитостеролы и этилцеллюлоза. Структурирующие агенты в зависимости от молекулярной массы делятся на низкомолекулярные структурирующие агенты и полимерные, которые можно использовать как в виде отдельных компонентов, таких как моноглицериды, образующих структуры в виде кубических или пластинчатых кристаллов различных систем, так и в виде смеси компонентов, такие как воски [12]. Эффективное гелеобразование и физико-химические свойства восковой структуры зависят от кинетики охлаждения и характера взаимодействия [13]. Преимуществами использования воска для получения олеогелей является его легкая доступность, низкая цена и пригодность для пищевых продуктов. В исследованиях [14-16] рассматривались способности восков вызывать структурирование при низких концентрациях, в связи с их низкой полярностью и высокой температурой плавления.

### **Результаты и их обсуждение**

Процесс получения олеогелей мы проводили в химическом реакторе лабораторного назначения, снабженном верхнеприводной мешалкой, со скоростью перемешивания 150 оборотов в минуту. Пчелиный воск вносили в различных количествах 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% и 15% от массы растительных масел. После получения олеогелей нами проведена стабилизация олеогелей с последующим выбором образца с необходимой консистенцией. Для оценки пробирки наклоняли и визуально оценивали способность образцов олеогеля к подвижности, в зависимости от внешнего вида образцов и их поведения, которые характеризовались как гель, жидкость или твердая текстура. Только при концентрации пчелиного воска 7,5% в соевом масле и 10% в подсолнечном масле при 20°C образцы находились в гелеобразном состоянии, то есть необходимой нам структуре.

Таким образом в результате исследования нами выявлено, что наиболее опти-

мальным количеством внесенного пчелиного воска является 7,5% для соевого масла и 10 % для подсолнечного масла, с получением олеогелей необходимой нам гелеобразной текстуры, подходящей для замены насыщенных жиров в колбасных изделиях. В то время как внесение 2,5% и 5% пчелиного воска привело к образованию олеогеля жидкой формы, а внесение воска в количестве 12,5% и 15% к образованию более твердой консистенции. Технологический процесс получения олеогелей включал следующие основные стадии: подогрев растительного масла и пче-

линого воска для растворения структурообразователя в масле; нагревание для процесса олеогелирования, который приводит к образованию трехмерной кристаллической сети; перемешивание; стабилизация для перехода из жидкокристаллического в кристаллическое состояние, для образования необходимой структуры. Далее провели изучение физико-химических и органолептических показатели олеогелей, полученных на основе подсолнечного и соевого масел, данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Физико-химические и органолептические показатели олеогеля на основе подсолнечного масла

Наименование показателей	Количество внесенного воска, %
	10%
Перекисное число, моль/кг $\frac{1}{2}$ O	0,8
Цвет	Светло желтый
Запах	Без постороннего запаха
Вкус	Без постороннего вкуса
Прозрачность	Прозрачные в расплавленном состоянии
Консистенция	Гелеобразная

Таблица 2 - Физико-химические и органолептические показатели олеогеля на основе соевого масла

Наименование показателей	Количество внесенного воска, %
	7,5%
Перекисное число, моль/кг $\frac{1}{2}$ O	2,0
Цвет	Желтый
Запах	Без постороннего запаха
Вкус	Без постороннего вкуса
Прозрачность	Прозрачные в расплавленном состоянии
Консистенция	Гелеобразная

В результате изучения физико-химических показателей выявлено, что в олеогелях перекисное число на основе подсолнечного и соевого масел составило 0,8% моль/кг  $\frac{1}{2}$  O и 2,0 моль/кг  $\frac{1}{2}$  O соответственно. По показателям органолептики полученные олеогели не имели постороннего вкуса и запаха, прозрачные в расплавленном состоянии, консистенция гелеобразная. Цвет олеогелей светло-желтый на основе подсолнечного масла и желтый на основе соевого масла. Поскольку олеогелиро-

вание требует термической обработки, это может повысить окислительную порчу олеогеля или готовой продукции на основе него, что снизит их качество. Окислительную стабильность наших образцов олеогеля контролировали в течение трех месяцев хранения при комнатной температуре 20<sup>0</sup>C и в холодильнике при температуре 4<sup>0</sup>C, при периодическом измерении перекисного числа, результаты показаны на рисунках 1 - 4.



Рисунок 1 - Хранение олеогелей полученных на основе подсолнечного масла, при 20<sup>0</sup>С



Рисунок 2 - Хранение олеогелей полученных на основе подсолнечного масла, при 4<sup>0</sup>С



Рисунок 3 - Хранение олеогелей полученных на основе соевого масла, при 20<sup>0</sup>С



Рисунок 4 - Хранение олеогелей полученных на основе соевого масла, при 4<sup>0</sup>С

Нами установлено, что при различных температурах хранения происходит увеличение перекисного числа в образцах подсолнечного и соевого масел. Более высокие показатели перекисного числа были в образцах, хранившихся при 20<sup>0</sup>С, а при 4<sup>0</sup>С хранения значения перекисных чисел были ниже. Также установлено, что процесс окислительной порчи в олеогелях на основе подсолнечного масла происходил медленнее, чем в образце с олеогелями на основе соевого масла, в связи с более высоким содержанием мононенасыщенных жирных кислот в составе подсолнечного масла, обладающих более высокой устойчивостью к окислению. Оба образца не превышали допустимые нормы значений перекисного числа по НД.

#### **Заключение, выводы**

В результате исследований нами получен олегель на основе подсолнечного и соевого масел и пчелиного воска. Установлено, что наиболее оптимальным количеством внесенного пчелиного воска для структурообразования является 7,5% для соевого масла и 10%, для подсолнечного масла с получением олеогелей необходимой нам текстуре. В то время как внесение 2,5% и 5% воска привело к образованию олеогеля жидкой формы, а внесение 12,5% и 15% к образованию более

твердой консистенции. При разных температурах хранения увеличение перекисного числа в образцах было незначительно. Кроме того, увеличение было намного меньше в образцах, хранившихся при 4<sup>0</sup>С. Эти результаты показывают, что олеогели не подвержены быстрому окислению. Таким образом, получение олеогелей из подсолнечного и соевого масел с пчелиным воском является перспективным решением частичной замены насыщенных жиров в колбасных изделиях. Оба образца не превышали допустимые нормы значений перекисного числа по НД.

#### **Благодарность, конфликт интересов (финансирование)**

Результаты исследования представленные в этой статье финансируются Министерством сельского хозяйства РК (BR 10764998).

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Kim, J.Y., Lim, J., Lee, J.H., Hwang, H.S., & Lee, S. (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *Journal of Food Science*, 82(2), 445–452. 10.1111/1750-3841.13583.
2. WHO: Draft guidelines on saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children. 2018.

3. Определение перекисного числа растительных масел по ГОСТ Р 51487-99 ГОСТ Р 51487-99 «Масла растительные и животные жиры. Метод измерения перекисного числа».

4. Определение кислотного числа растительных масел по ГОСТ Р 50457-92 «Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности».

5. Tardy AL, Morio B, Chardigny JM, Malpuech-Brugere C (2011) Ruminant and industrial sources of trans-fat and cardiovascular and diabetic diseases. *Nutr Res Rev* 24:111–117. <https://doi.org/10.1017/S0954422411000011>.

6. Thompson, Minihan & Williams, (2011). Thompson, A. K., Minihan, A. M., & Williams, C. M. (2011). Trans fatty acids, insulin resistance and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65(5), 553–564. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.240>.

7. Chadhary, R., Saadin, K., Bliden, K.P., Harris, W.S., Dinh, B., Sharma, T., Gurbel, P.A. (2016). Risk factors associated with plasma omega-3 fatty acid levels in patients with suspected coronary artery disease *Prostaglandin, Leukot Essent Fatty Acids*, 113, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2016.08.009>

8. Zetl AK, Marangoni AG, Barbut S: Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food Funct* 2012, 3:327–337.

9. Patel, A. R. (2015). Alternative routes to oil structuring (pp. 15–28). Springer. JUNE.

10. Fayaz, G., Goli, S.A. H., & Kadivar, M. (2017). A Novel Propolis Wax-Based Organogel: Effect of Oil Type on Its Formation, Crystal Structure and Thermal Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1), 47–55. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2915-5>.

11. Winkler-Moser, J.K., Anderson, J., Felker, F.C., & Hwang, H.S. (2019). Physical Properties of Beeswax, Sunflower Wax, and Candelilla Wax Mixtures and Oleogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(10), 1125–1142. <https://doi.org/10.1002/aocs.v96.1010.1002/aocs.12280>.

12. Doan, C. D., Tavernier, I., Sintang, M. D. B., Danthine, S., Van de Walle, D., Rimaux, T., & Dewettinck, K. (2017). Crystallization and Gelation Behavior of Low- and High Melting Waxes in Rice Bran Oil: A Case-Study on Berry Wax and Sunflower Wax. *Food Biophysics*, 12(1), 97–108. <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9467>.

13. Supramolecular Oleogels- a Review. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.174215>

14. Gravelle, A.J., Davidovich-Pinhas, M., Zetl, A.K., Barbut, S., & Marangoni, A.G. (2016). Influence of solvent quality on the mechanical strength of ethylcellulose oleogels. *Carbohydrate Polymers*, 135, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.05>.

15. Martins, A.J., Cerqueira, M.A., Fasolin, L.H., Cunha, R.L., & Vicente, A.A. (2016). Beeswax organo-

gels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. *Food Research International*, 84, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.035>.

16. Blake, A.I., Co, E.D., & Marangoni, A.G. (2014). Structure and physical properties of plant wax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 885–903. DOI <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2435-0>.

#### REFERENCES

1. Kim, J.Y., Lim, J., Lee, J.H., Hwang, H.S., & Lee, S. (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *Journal of Food Science*, 82(2), 445–452. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13583>

2. WHO: Draft guidelines on saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children. 2018.

3. Opređenje peroksidnog čisla rastitel'nyh masel po GOST R 51487-99 GOST R 51487-99 «Masla rastitel'nye i zhivotnye zhiry. Metod izmereniya peroksidnog čisla». [Determination of the peroxide number of vegetable oils according to GOST R 51487-99 GOST R 51487-99 «Vegetable oils and animal fats». Method for measuring peroxide value]

4. Opređenje kislotnog čisla rastitel'nyh masel po GOST R 50457-92 «Zhiry i masla zhivotnye i rastitel'nye. Opređenje kislotnog čisla i kislotnosti». [Determination of the acid number of vegetable oils according to GOST R 50457-92 «Animal and vegetable fats and oils». Determination of acid number and acidity]

5. Tardy AL, Morio B, Chardigny JM, Malpuech-Brugere C (2011) Ruminant and industrial sources of trans-fat and cardiovascular and diabetic diseases. *Nutr Res Rev* 24:111–117. <https://doi.org/10.1017/S0954422411000011>.

6. Thompson, Minihan & Williams, (2011). Thompson, A.K., Minihan, A.M., & Williams, C.M. (2011). Trans fatty acids, insulin resistance and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65(5), 553–564. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.240>.

7. Chadhary, R., Saadin, K., Bliden, K.P., Harris, W.S., Dinh, B., Sharma, T., Gurbel, P.A. (2016). Risk factors associated with plasma omega-3 fatty acid levels in patients with suspected coronary artery disease *Prostaglandin, Leukot Essent Fatty Acids*, 113, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2016.08.009>

8. Zetl AK, Marangoni AG, Barbut S: Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food Funct* 2012, 3:327–337.

9. Patel, A. R. (2015). Alternative routes to oil structuring (pp. 15–28). Springer. JUNE.

10. Fayaz, G., Goli, S.A.H., & Kadivar, M. (2017). A Novel Propolis Wax-Based Organogel: Effect of Oil Type on Its Formation, Crystal

Structure and Thermal Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1), 47–55. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2915-5>.

11. Winkler-Moser, J.K., Anderson, J., Felker, F.C., & Hwang, H.S. (2019). Physical Properties of Beeswax, Sunflower Wax, and Candelilla Wax Mixtures and Oleogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(10), 1125–1142. <https://doi.org/10.1002/aocs.v96.1010.1002/aocs.12280>.

12. Doan, C.D., Tavernier, I., Sintang, M.D. B., Danthine, S., Van de Walle, D., Rimaux, T., & Dewettinck, K. (2017). Crystallization and Gelation Behavior of Low- and High Melting Waxes in Rice Bran Oil: A Case-Study on Berry Wax and Sunflower Wax. *Food Biophysics*, 12(1), 97–108. <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9467>.

13. Supramolecular Oleogels-a Review. *Food Reviews International*.

<https://doi.org/10.1080/87559129.2020.174215>

14. Gravelle, A.J., Davidovich-Pinhas, M., Zetzl, A.K., Barbut, S., & Marangoni, A.G. (2016). Influence of solvent quality on the mechanical strength of ethylcellulose oleogels. *Carbohydrate Polymers*, 135, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.05>.

15. Martins, A.J., Cerqueira, M.A., Fasolin, L.H., Cunha, R.L., & Vicente, A.A. (2016). Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. *Food Research International*, 84, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.035>.

16. Blake, A. I., Co, E. D., & Marangoni, A. G. (2014). Structure and physical properties of plantwax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 885–903. DOI <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2435-0>.