

Гаухар Дюсенгалиевна Акшораева – PhD докторанты, Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>

Бекжан Калемшарив – Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты технология, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: b.kalemshariv@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-00028036-9718>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова* – б.ғ.к., профессор, Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulashevag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Information about the authors

Svetlana Kamanova – PhD candidate, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: kamanovasveta@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9534-2721>.

Gaukhar Akshoraeva – PhD candidate, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Bekzhan Kalemshariv – Technologist, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: b.kalemshariv@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

Gulnazym Ospankulova* – PhD, Professor, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulashevag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Поступила в редакцию 30.03.2026

Поступила после доработки 16.04.2026

Принята к публикации 17.04.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-26](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-26)



МРНТИ 65.09.30

И.Ж. Темирова*, Г.Х. Оспанкулова, А.К. Игенбаев

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

*e-mail: indira_t85@mail.ru

ПОДБОР СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ОЛЕОГЕЛЕЙ

Аннотация: В работе представлены результаты исследования получения пищевых олеогелей на основе пчелиного воска, моноглицерида и их бинарной смеси (50:50), используемых в качестве структурообразователей. Обоснован выбор оптимального структурообразователя на основе оценки структурно-механических (твёрдость, упругость) и функционально-технологических (маслосвязывающая способность) характеристиколеогелей для применения в технологии масложировых продуктов. Установлено, что все исследуемые образцы формируют самоподдерживающиеся олеогели с однородной структурой. Показано, что образцы, полученные с использованием бинарных смесей структурообразователей, характеризуются более высокими значениями твёрдости, упругости и маслосвязывающей способности по сравнению с однокомпонентными образцами. Это свидетельствует о более эффективном формировании пространственной гелевой сети и повышенной способности удерживать масло. Пчелиный воск способствует образованию прочной кристаллической структуры, тогда как моноглицериды обеспечивают пластичность и улучшенную способность к удержанию масла. Их совместное применение приводит к формированию структурированной гелевой системы с оптимальным сочетанием структурно-механических и функционально-технологических характеристик итакже могут свидетельствовать о наличии синергетического взаимодействия структурообразователей. Полученные результаты данного исследования подтверждают

©И.Ж. Темирова, Г.Х. Оспанкулова, А.К. Игенбаев, 2026

целесообразность использования бинарных систем структурообразователей и их перспективность при разработке спредов и других масложировых продуктов.

Ключевые слова: *твердые жиры, растительные масла, структурообразователи, олеогели, твердость, маслосвязывающая способность, трансизомеры жирных кислот.*

Введение

Твердые и полутвердые жиры, характеризуются структурной организацией, обусловленной кристаллическими триацилглицеринами. Эти молекулы в основном состоят из насыщенных жиров (далее НЖК) и могут содержать трансизомеры жирных кислот (далее ТИЖК), что влияет на их физико-химические свойства, стабильность и питательную ценность. Однако потребление продуктов, содержащих ТИЖК, полученных промышленным путем, связано с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, диабета II типа и другими негативными воздействиями на здоровье [1].

Учитывая вред от употребления ТИЖК и меняющиеся предпочтения потребителей в сфере полезных продуктов, изучаются альтернативные методы частичной или полной замены ТИЖК в пищевых продуктах с целью улучшения их питательного профиля. Одной из таких технологий, вызывающий большой интерес в последнее время, является структурирование жидких растительных масел [2]. При структурировании, молекулы структурообразователя, заключают жидкие растительные масла в трехмерную сеть, с получением олеогеля со свойствами твердого или полутвердого жира [3]. При этом жирнокислотный состав растительных масел не претерпевает изменений, что подходит для здорового питания. Свойства олеогелей зависят от типа растительного масла и типа структурообразователя [4].

В настоящее время известны такие структурообразователи как воски, моноглицериды, лецитины, этилцеллюлоза, жирные кислоты, жирные спирты, фитостерины и др [5-7]. Пчелиный воск является одним из наиболее распространенных структурообразователей при получении олеогелей, что обусловлено его сложным химическим составом, включающим эфиры жирных кислот, углеводородные фракции и свободные жирные кислоты. Благодаря способности формировать плотную трёхмерную кристаллическую сеть он эффективно удерживает жидкое масло и способствует улучшению реологических и текстурных характеристик системы [8]. Олеогели, структурированные пчелиным воском, характеризуются удовлетворительной растекаемостью и находят применение в хлебопекарной и кондитерской промышленности, а также рассматриваются как функциональная альтернатива традиционным маргаринам. Дополнительно пчелиный воск повышает окислительную стабильность олеогелей, формируя физический барьер, который снижает скорость диффузии кислорода в жировую матрицу [9]. Так, исследования показали, что 10%-ная концентрация пчелиного воска в сочетании с растительными маслами приводит к образованию олеогелей с желаемыми реологическими свойствами и низким содержанием насыщенных жирных кислот, которые могут использоваться в качестве заменителей в хлебобулочных изделиях, кондитерских изделиях, молочных и мясных продуктах [10, 11]. Моноглицериды являются одними из наиболее широко изученных олеогелеобразователей благодаря их способности образовывать сеть кристаллических частиц, подобную сети твердых жиров [12]. Комбинирование различных олеогелеобразователей рассматривается как эффективный подход к формированию хорошо организованных кристаллических сетей с высокой маслосвязывающей способностью, что позволяет целенаправленно оптимизировать физико-механические свойства олеогелей и компенсировать ограничения, характерные для отдельных структурообразующих агентов [13].

В последнее время все больше внимания уделяется сочетанию олеогелеобразователей, поскольку использование одного олеогелеобразователя может быть недостаточным для оптимального сочетания характеристик твердых жиров в сложной пищевой системе.

Целью настоящего исследования является подбор структурообразователей для получения олеогелей на основе пчелиного воска, моноглицерида и их бинарной смеси (50:50) в качестве структурообразователей и обоснование выбора оптимального структурообразователя на основе оценки структурно-механических (твердость, упругость) и функционально-технологических (маслосвязывающая способность) свойств полученных олеогелей для дальнейшего использования в технологии спредов.

Таким образом, структурирование растительных масел необходимо для пищевой промышленности, для замены и использования в качестве ингредиентов, в различных продуктах, включая маргарины, спреды, шортенинги и другие, позволяющие снизить потребление НЖК и ТИЖК, обладая при этом их технологическими функциями.

Объекты и методы исследований

Объекты исследования – олеогели.

Маслосвязывающая способность определялась по методу, описанному [14]. Перед проведением исследования пробирки с олеогелями выдерживали в течение 24 ч при комнатной температуре. В предварительно взвешенные центрифужные пробирки помещали около $1,000 \pm 0,001$ г олеогеля и взвешивали. Пробирки центрифугировали при 11000 g в течение 10 мин. Далее маслосвязывающую способность рассчитывали по стандартным формулам. Испытание проводилось в 3-х повторностях для каждого образца.

Структурно-механические свойства (твердость и упругость) олеогелей определяли с помощью анализатора текстуры Stable Micro Systems TA.XTPlusC (Суррей, Великобритания). Использовались следующие параметры: для проникновения в образцы использовался конический зонд с углом 45° со скоростью 3 мм/с и глубиной проникновения 15 мм. Испытание проводилось в 3-х повторностях для каждого образца.

Структурирование подсолнечного масла осуществляли с использованием структурообразователей – пчелиный воск, моноглицерид и их бинарными смесями в соотношении 50:50 для формирования стабильной полутвёрдой консистенции.

Структурирование подсолнечного масла проводили в лабораторном химическом реакторе, рисунок 1, снабжённом верхнеприводной мешалкой.



Рисунок 1 – Технологический процесс структурирования подсолнечного масла различными структурообразователями

Технологический процесс получения олеогелей включал следующие стадии:

- нагрев масла: подсолнечное масло нагревали до 70°C в лабораторном химическом реакторе до получения однородной жидкой фазы;

- введение структурообразователей: добавляли пчелиный воск (10%, образец 1), моноглицерид (10%, образец 2) или их бинарную смесь (пчелиный воск 5% + моноглицерид 5%, образец 3);

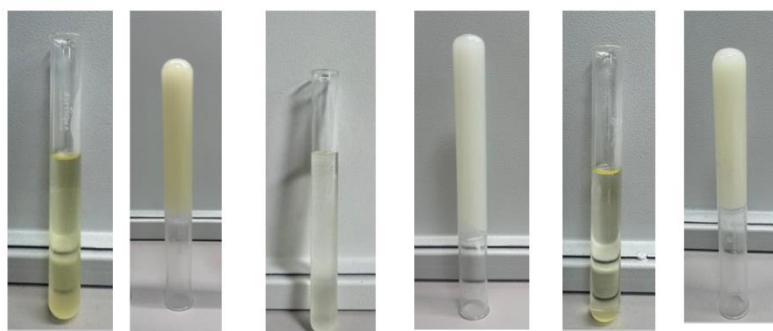
- структурирование: проводили при $75-80^\circ\text{C}$ в течение 50 мин при скорости перемешивания 150 об/мин для обеспечения равномерного распределения и полного растворения структурообразователей;

- стабилизация: олеогели охлаждали при $20-25^\circ\text{C}$ в течение 2 ч, затем хранили при 4°C до проведения последующих анализов.

Результаты исследований

Внешний вид полученных олеогелей представлен на рисунке 2.

Все образцы успешно структурировались с образованием самоподдерживающихся твердых олеогелей. При визуальной оценке внешнего вида установлено, что олеогель на основе пчелиного воска имел слегка желтоватый оттенок, тогда как олеогель, структурированный моноглицеридами, характеризовался кремово-белой окраской. Олеогели, полученные с использованием бинарных смесей структурообразователей, имели светло-желтый оттенок. При этом все образцы отличались однородной структурой без признаков выделения свободного масла.



А

Б

В

А – олеогели на основе пчелиного воска; Б – олеогели на основе моноглицерида;

В -олеогели на основе бинарных смесей

Рисунок 2 – Полученные олеогели

Формирование структурно-механических свойств в значительной степени зависит от природы и концентрации применяемых структурообразователей. Так твердость и упругость олеогелей относятся к числу ключевых показателей, определяющих перспективы их использования в пищевой промышленности [15]. Под твердостью понимают способность олеогеля противостоять деформации при воздействии внешней нагрузки, тогда как упругость характеризует его способность восстанавливать первоначальную форму после снятия деформирующего усилия [16]. В технологической практике особое значение придается достижению оптимального соотношения между твердостью и упругостью, обеспечивающего формирование структурно прочных и одновременно пластичных олеогелевых систем.

Показатели твердости и упругости полученных олеогелей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Структурно-механические свойства олеогелей

Образец олеогеля	Твердость, Н	Упругость
10% Пчелиный воск	$2,73 \pm 0,02$	$1,22 \pm 0,08$
10% Моноглицерид	$0,83 \pm 0,07$	$0,62 \pm 0,02$
Пчелиный воск 5% и моноглицерид 5%	$3,25 \pm 0,04$	$2,05 \pm 0,06$

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о различиях в структурно-механических свойствах олеогелей, полученных с использованием пчелиного воска, моноглицерида и их бинарной смеси. Олеогель на основе моноглицерида характеризовался наименьшей твердостью – 0,83 Н и упругостью – 0,62. У олеогеля, структурированного пчелиным воском, показатели твердости и упругости составили 2,73 Н и 1,22 соответственно. Наибольшее значение этих параметров было установлено у образца олеогеля на основе бинарной смеси – 3,25 Н и 2,05 соответственно. Полученный диапазон значений подтверждает влияние типа гелеобразователя на структурно-механические свойства олеогелей. Так, в ранее проведенном исследовании [17] также наблюдалось увеличение структурно-механических характеристик при совместном использовании воска и моноглицерида, что может свидетельствовать о синергетическом взаимодействии структурообразователей. Таким образом, совместное использование пчелиного воска и моноглицеридов позволяет эффективно регулировать текстурные свойства олеогелей, так пчелиный воск обеспечивает формирование более прочной и жесткой структуры, тогда как моноглицериды – большую пластичность. Их комбинирование позволяет получить олеогели с более сбалансированными структурно-механическими характеристиками.

Маслосвязывающая способность является важным показателем, характеризующим способность гелевой структуры удерживать жидкое масло. Более высокие значения данного показателя свидетельствуют о большей стабильности системы и повышают её технологическую пригодность при транспортировке и использовании в пищевой промышленности.

В таблице 2 приведены значения маслосвязывающей способности олеогелей с различными структурообразователями.

Таблица 2 – Маслосвязывающая способность структурообразователей

Образец олеогеля	Маслосвязывающая способность, %
Пчелиный воск (10 %)	96,56±0,56
Моноглицерид (10 %)	97,85±0,72
Пчелиный воск 5 % + моноглицерид 5 %	98,25±0,89

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о высокой маслосвязывающей способности всех исследованных образцов олеогелей. Наименьшее значение этого показателя было зафиксировано у олеогеля, структурированного пчелиным воском, и составило 96,56%. Олеогель на основе моноглицерида характеризовался маслосвязывающей способностью 97,85%, а бинарная смесь продемонстрировала наивысшее значение – 98,25%. Полученные результаты указывают на то, что все исследованные структурообразователи обеспечивают эффективную иммобилизацию жидкой масляной фазы, формируя стабильную гелевую сетку.

При этом несколько более высокие значения маслосвязывающей способности в образцах на основе бинарной смеси согласуются с данными ранее проведённого исследования [18], в котором показано, что минимальное отслаивание масла наблюдалось при смешивании канделильского воска и моноглицерида, а более твёрдая текстура олеогеля способствовала предотвращению выделения масла. Выбор смеси пчелиного воска и моноглицеридов в соотношении 50:50 обусловлен необходимостью достижения баланса между структурной прочностью и пластичностью олеогеля.

Заключение

Проведённые исследования подтвердили возможность использования пчелиного воска, моноглицерида и их бинарных смесей в выбранных соотношениях для получения пищевых олеогелей с заданными технологическими свойствами. Установлено, что все исследованные структурообразователи обеспечивают формирование самоподдерживающейся гелевой структуры. Образцы, полученные с использованием бинарных смесей, характеризуются более высокими значениями твердости, упругости и маслосвязывающей способности по сравнению с однокомпонентными образцами. Это свидетельствует о более эффективном формировании пространственной гелевой сети и повышенной способности удерживать жидкое масло. Пчелиный воск способствует формированию прочной кристаллической структуры, тогда как моноглицериды обеспечивают пластичность и улучшенное удержание масла. Совместное применение пчелиного воска и моноглицерида приводит к формированию структурированной гелевой системы с оптимальным сочетанием структурно-механических и функционально-технологических характеристик. Полученные олеогели могут рассматриваться как перспективная альтернатива традиционным твёрдым жирам и применяться при разработке масложировых продуктов, такие как спреды и маргарины.

Список литературы

1. Prospective association between trans fatty acid intake and depressive symptoms: Results from the study of women's health across the nation / D. Li et al // Journal of Affective Disorders. – 2020. – Т. 264. Р. 256-262.
2. Doan C.D. Internal and external factors affecting the crystallization, gelation and applicability of wax-based oleogels in food industry / C.D. Doan, I. Tavernier, P.K. Okuro // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2018. – Т. 45. – Р. 42-52.
3. Jaber R. Rheological and structural properties of oleogel base on soluble complex of egg white protein and xanthan gum / R. Jaber, A. Pedram Nia, S. NajiTabasi // Journal of Texture Studies. – 2020. – Т. 51. – № 6. – Р. 925-936.
4. Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications / H. Pehlivanoglu et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2018. – Т. 58. – № 8. – Р. 1330-1341.
5. Li L. Cornoil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate / L. Li, G. Liu // Journal of Food Engineering. – 2019. – № 263. – Р. 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.001>.

6. Kaushik I. Organogelation: It's food application / I. Kaushik // *MOJ Food Processing & Technology*. – 2017. – № 4(2). – P. 66-72. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00089>.
7. Tailoring properties of mixed-component oleogels: wax and monoglyceride interactions towards flaxseed oil structuring / N.G. Barroso et al // *Gels*. – 2020. – № 6(1). – P. 5. <https://doi.org/10.3390/gels6010005>.
8. Structure and thermal properties of beeswax-based oleogels with different types of vegetable oil / M. Pang et al // *Grasas y Aceites*. – 2020. – № 71. – P. e380-e380. <https://doi.org/10.3989/gya.0806192>.
9. Wang H. Effects of cocoa butter triacylglycerides and minor compounds on oil migration / H. Wang, F. Maleky // *Food Research International*. – 2018. – № 106. – P. 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.057>.
10. Zameniteli zhira na osnove oleogeobrazovaniya pchelinogo voska/shellakovogo voska i poleznykh rastitel'nykh masel / Eh. Morales i dr. // *LWT-Food Sci. Technol.* – 2023. – № 185. – R. 115144. (In Russian).
11. Vliyanie pchelinogo voska i kombinatsii ego fraktsii na okislitel'nyuyu stabil'nost' oleogelei / R. Sobolev i dr. // *Pishchevaya bionauka*. – 2022. – № 48. – R. 101744. (In Russian).
12. Palla C.A. An overview of structure engineering to tailor the functionality of monoglyceride oleogels / C.A. Palla, M. Dominguez, M.E. Carrín // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2022. – № 21(3). – P. 2587-2614. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12930>.
13. Tailoring properties of mixed-component oleogels: wax and monoglyceride interactions towards flaxseed oil structuring / N.G. Barroso et al // *Gels*. – 2020. – № 6(1). – P. 5. <https://doi.org/10.3390/gels6010005>.
14. Yilmaz E. Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride / E. Yilmaz, M. Ögütcü // *J. Am. Oil Chem. Soc. Wiley Online Library*. – 2014. – Vol. 91, № 6. – P. 1007-1017.
15. Utilization of oleogels with binary oleogelator blends for filling creams low in saturated fat / M. Kim et al // *LWT*. – 2022. – № 155. – P. 112972.
16. Characterization of construction and physical properties of composite oleogel based on single low molecular weight wax and polymer ethyl cellulose / K. Qu et al // *LWT*. – 2024. – № 192. – P. 115722.
17. Utilization of oleogels with binary oleogelator blends for filling creams low in saturated fat / M. Kim et al // *Lwt*. – 2022. – T. 155. – P. 112972.
18. The thermal, rheological, and structural characterization of grapeseed oil oleogels structured with binary blends of oleogelator / K.O. Choi et al // *Journal of Food Science*. – 2020. – T. 85, № 10. – C. 3432-3441.

Информация о финансировании:

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан BR22883587 «Совершенствование и разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для укрепления продовольственной безопасности РК».

И.Ж. Темирова*, Г.Х. Оспанкулова, А.К. Игенбаев

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62
*e-mail: indira_t85@mail.ru

ТАҒАМДЫҚ ОЛЕОГЕЛЬДЕР АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚҰРЫЛЫМ ТҮЗУШІЛЕРДІ ІРІКТЕУ

Бұл жұмыста құрылымдаушы ретінде қолданылатын балауыз, моноглицерид және олардың тең мөлшердегі қоспасы (50:50) негізіндегі тағамдық олеогельдерді алу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Олеогельдердің құрылымдық-механикалық (қаттылық, серпімділік) және функционалдық-технологиялық (май байланыстыру қабілеті) қасиеттерін май өнімдерінің технологиясында қолдану үшін бағалау негізінде оңтайлы құрылымдаушыны таңдау негізделген. Барлық зерттелген үлгілер біртекті құрылымы бар бір-бірімен байланыстырылған олеогельдерді құрайтыны анықталды. Құрылымдық түзгіштердің тең мөлшердегі қоспалары арқылы алынған үлгілер бір компонентті үлгілермен салыстырғанда қаттылық, серпімділік және май байланыстыру қабілетінің жоғары мәндерімен сипатталатыны көрсетілген. Бұл кеңістіктік гель желісінің

тиімдірек қалыптасуын және майды ұстау қабілетінің жоғарылауын көрсетеді. Балауыз күшті кристалды құрылымның пайда болуына ықпал етеді, ал моноглицеридтер икемділік пен майдың сақталу қабілетін жақсартады. Оларды бірлесіп қолдану құрылымдық-механикалық және функционалды-технологиялық сипаттамалардың оңтайлы үйлесімі бар құрылымдық гель жүйесінің қалыптасуына әкеледі және сонымен қатар құрылымдаушылардың синергетикалық өзара әрекеттесуінің болуын көрсете алады. Алынған нәтижелер құрылымды құраушылардың тең мөлшердегі қоспасы жүйелерін пайдаланудың орындылығын және олардың спрэдтер мен басқа да май өнімдерін әзірлеу кезіндегі перспективалылығын растайды.

Түйін сөздер: қатты майлар, өсімдік майлары, құрылымтүзушілер, олеогельдер, қаттылық, майды байланыстыру қабілеті, май қышқылдарының транс-изомерлері.

I. Temirova*, G. Ospankulova, A. Igenbayev

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Ave. 62

*e-mail: indira_t85@mail.ru

SELECTION OF STRUCTURING AGENTS FOR THE PRODUCTION OF FOOD OLEOGELS

The paper presents the results of a study on the production of food oleogels based on beeswax, monoglyceride and their binary mixture (50:50) used as structure-forming agents. The choice of the optimal structurizer is justified based on the assessment of the structural-mechanical (hardness, elasticity) and functional-technological (oil-binding ability) properties of oleogels for use in the technology of fat-and-oil products. It was found that all the studied samples form self-sustaining oleogels with a homogeneous structure. It is shown that the samples obtained using binary mixtures of structure-forming agents are characterized by higher values of hardness, elasticity, and oil-binding ability compared with single-component samples. This indicates a more efficient formation of the spatial gel network and an increased ability to retain oil. Beeswax promotes the formation of a strong crystalline structure, while monoglycerides provide plasticity and improved oil retention. Their combined use leads to the formation of a structured gel system with an optimal combination of structural-mechanical and functional-technological characteristics and may also indicate the presence of synergistic interaction of structure-forming agents. The results obtained confirm the expediency of using binary systems of structure-forming agents and their prospects in the development of spreads and other fat-and-oil products.

Key words: solid fats, vegetable oils, structuring agents, oleogels, hardness, oil-binding capacity, trans fatty acid isomers.

Сведения об авторах

Индира Жанатовна Темирова* – PhD докторант институт «Инжиниринг и пищевых технологий», Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: indira_t85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-3236>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – к.б.н., профессор институт «Инжиниринг и пищевых технологий», Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: bulashevag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Айдын Каирбекович Игенбаев – PhD, ассоциированный профессор, институт «Инжиниринг и пищевых технологий», Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: aidyn_mamyt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9903-2912>.

Авторлар туралы мәліметтер

Индира Жанатовна Темирова* – PhD докторанты, Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты; Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: indira_t85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-3236>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – б.ғ.к., профессор, Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulashevag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Айдын Каирбекович Игенбаев – PhD, қауымдастырылған профессор, Инжиниринг және азық-түлік технологиялары институты, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aidyn_mamyt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9903-2912>.

Information about the authors

Indira Temirova* – PhD candidate, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: indira_t85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-3236>.

Gulnazym Ospankulova – PhD, Professor, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulashevag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Aidyn Igenbayev – PhD, associate professor, Institute of Food Technology and Engineering, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: aidyn_mamyt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9903-2912>.

Поступила в редакцию 30.03.2026

Поступила после доработки 12.04.2026

Принята к публикации 16.04.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-27](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-27)



IRSTI: 65.59.23

M. Sharapatova*, K. Issayeva

Toraighyrov University,

140000, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, Pavlodar, Lomov Street, 64

*e-mail: madina_szd@mail.ru

RECENT ADVANCES IN THE TECHNOLOGICAL INTENSIFICATION OF ENZYMATIC PROCESSES IN MEAT SYSTEMS

Abstract: *Enzymatic reactions play a fundamental role in the transformation of muscle tissue into meat and in the formation of quality attributes in meat products. Postmortem glycolysis, proteolysis, and lipolysis mediated by endogenous enzymes – calpains, cathepsins, aminopeptidases, and lipases – determine texture, color, and flavor. Additional modification of the protein–lipid matrix is ensured by microbial enzymes of starter cultures and by exogenous plant-derived proteases used to regulate structural and sensory properties. Their activity promotes the accumulation of free amino acids, peptides, and volatile compounds responsible for characteristic flavor development. However, the natural rate of enzymatic reactions and the complexity of their control, influenced by pH, temperature, salt content, and water activity, require the application of controlled intensification strategies.*

This review summarizes current advances in innovative technologies aimed at accelerating and optimizing enzymatic processes in the meat industry. The effects of ultrasound (US), pulsed electric fields (PEF), moderate electric fields (MEF), high hydrostatic pressure (HHP), and supercritical CO₂ (SC-CO₂) are discussed in relation to protease activation, increased tissue permeability, and enzyme activity modulation. The review emphasizes that integrating non-enzymatic intensification methods with conventional fermentation and ripening technologies offers prospects for shortening production cycles, improving quality stability, and expanding the range of functional meat products. The findings provide a theoretical basis for the development of scientifically grounded modernization strategies in meat fermentation and ripening processes.

Key words: *enzymatic processes, meat industry, proteolysis, lipolysis, intensification.*

Introduction. Meat products occupy a significant position in human nutrition, serving as a major source of high-quality protein, essential amino acids, and micronutrients, while also providing distinctive sensory attributes that shape consumer perception of quality. Under conditions of intense market competition, the flavor profile of meat products is regarded as one of the key determinants of their commercial attractiveness and technological differentiation, thereby stimulating the search for scientifically grounded approaches to controlling texture and flavor development processes [1]. In this context, enzymatic mechanisms underlying the post-mortem transformation of muscle into meat play a pivotal role.