

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 665.1.09  
<https://agroconf.sgau.ru>

### Технологическое вспомогательное средство на основе эмульсионного геля

**Н.В. Неповинных, В.С. Куценкова, Н.Д. Перетяtko**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

**Аннотация.** В статье представлен обзор антипригарных средств для хлебопекарной промышленности РФ, а также предложена технология эмульсионного геля на биологической основе для применения в качестве антипригарного средства в индустрии питания. Представлены результаты реологических исследований, показателей активности воды эмульсионного геля и органолептического анализа пробной партии продукции, выработанной с применением разработанного эмульсионного геля.

**Ключевые слова:** эмульсионные гели, олеогели, антипригарные средства, хлебопекарное производство

**Для цитирования:** Неповинных Н.В., Куценкова В.С., Перетяtko Н.Д. Технологическое вспомогательное средство на основе эмульсионного геля // Аграрные конференции. 2024. № 44(2). С. 29-36. <http://agroconf.sgau.ru>

**Финансирование:** Исследования выполнены в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-402.2022.4.

## AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

### Technological auxiliary means based on emulsion gel

**N.V. Nepovinnih, V.S. Kutsenkova, N.D. Peretyatko**

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering  
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

**Abstract.** The article presents an overview of non-stick products for the baking industry of the Russian Federation, and also offers a technology of emulsion gel on a biological basis for use as a non-stick product in the food industry. The results of rheological studies, indicators of water activity of the emulsion gel and organoleptic analysis of a trial batch of products produced using the developed emulsion gel are presented.

**Keywords:** emulsion gels, oleogels, non-stick products, bakery production

**For citation:** Nepovinnih N.V., Kutsenkova V.S., Peretyatko. N.D. Technological auxiliary means based on emulsion gel // Agrarian Conferences, 2024; (44(2)): 29-36 (InRuss.). <http://agroconf.sgau.ru>

**Funding:** The research was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists МК-402.2022.4

**Введение.** Хлебопекарная отрасль является неотъемлемой частью пищевой промышленности. Выпечка хлеба - непостоянный процесс, при котором состав, структура и физические свойства хлеба меняются в процессе выпечки. Время выпечки, температура и скорость нагрева, источник тепла и относительная влажность воздуха в печи являются основными факторами, влияющими на качество хлеба в процессе выпечки. Качество хлеба в основном зависит от нескольких параметров - текстуры, содержания влаги, цвета поверхности хлеба и структуры (объем, форма и размер) хлеба, однако немаловажное значение имеет адгезионные свойства поверхности для выпечки и обеспечение хорошего разделительного эффекта между изделием и формой.

Научные принципы, лежащие в основе адгезии и когезивных взаимодействий, хорошо известны. В водной среде силы между подложкой и прилипающим слоем определяются вкладами электростатических сил, сил Ван-дер-Ваальса и сил сольватации [1-3].

Адгезионные свойства мягких твердых частиц на поверхностях имеют решающее значение для многих хлебопекарных производств. Хотя адгезия желательна во многих операциях, таких как нанесение покрытий, в других случаях адгезия является постоянной проблемой. В пищевой промышленности наличие адгезии в формах, противнях или листах для выпечки может снизить эффективность процесса и производительность, нарушить гигиеничность эксплуатации, в то время как перекрестное загрязнение (особенно на производстве нескольких продуктов) может повлиять на качество продукта или нарушить целостность партии [4-7].

Адгезию часто можно регулировать, контролируя морфологию и состав поверхности. Антипригарные покрытия и модификации поверхности для выпечки могут смягчать возникновение прилипания и / или способствовать легкому высвобождению продукта при определенных условиях, облегчая очистку. Успешное нанесение средств может обеспечить долгосрочную экономию затрат на процесс снятия выпечки и очистки форм, а также повысить безопасность и гигиену [1].

Антипригарные средства должны способствовать разрушению адгезии, для облегчения очистки или для удаления с помощью усилий, прилагаемых во время обработки. На рынке существует большое количество различных вариантов антипригарных средств: специальные антипригарные коврики с силиконовым или тефлоновым покрытием, бумага и различные эмульсионные средства отечественного и импортного производства. Однако, зачастую их

применение приводит к увеличению себестоимости готового продукта или к повышению трудозатрат [7-10].

Одной из проблем производства в хлебопекарной отрасли в связи с санкционным напряжением стал сбой поставок антипригарных средств и их резкий ценовой скачок.

В качестве отечественного решения может быть рассмотрено производство антипригарного эмульсионного геля на биологической основе – бинарной системы, состоящей из гидрогеля и олеогеля.

**Методика исследований.** Объектами исследования явились образцы эмульсионного геля. Рецептными ингредиентами при производстве эмульсионного геля явились: масло растительное (ГОСТ 5477-2015), воск пчелиный (ГОСТ 21179-2000), вода питьевая (ГОСТ Р 51232 - 98), альгинат натрия (ГОСТ 33310-2015).

Для комплексной оценки качественных и количественных показателей изучаемых объектов использовали современные общепринятые методы исследований.

Исследования были выполнены в соответствии с поставленными задачами на кафедре технологии продуктов питания ФГБОУ ВО Вавиловский университета и в лаборатории научно-исследовательского института Ирана г. Мешхед (Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran).

Сенсорный анализ пробной партии продукции, выработанной с применением антипригарного эмульсионного геля осуществлялся экспертной группой в количестве 17 человек по показателям: внешний вид нижней корки изделия, цвет, вкус, послевкусие и запах.

Ряд анализов по определению микробиологических показателей выполнены в лаборатории ЦКП «Симбиоз» ФГБУН Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов. Исследования проведены в соответствии с ГОСТ 32190-2013 «Масла растительные. Правила приемки и методы отбора проб».

Текстурные характеристики эмульсионного геля изучали на текстурном анализаторе (Stable micro system, TA.XTplus, England). Текстурные свойства эмульсионного геля исследовали при температуре  $18 \pm 2$  °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, адгезия - пиковая отрицательная сила в первом цикле сжатия, когезия - отрицательная площадь в первом цикле, модуль упругости – отношение давления на образец к относительному изменению его линейного размера во время испытания.

**Результаты исследований.** Эмульсионный антипригарный гель был получен путем создания бинарной системы, состоящей из гидрогеля и олеогеля в соотношениях 99:1, 95:5 и 90:10 (соответственно олеогель: гидрогель). Олеогель был получен на основе подсолнечного растительного масла и натурального пищевого структурообразователя – пчелиного воска (рецептура не указана до получения подтверждения заявки на патент).

Текстурные характеристики образцов эмульсионного геля представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Текстурные характеристики эмульсионного геля

Наименование показателя	Значение показателя для эмульсионного 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

Из данных видно, что разработанные составы эмульсионного геля обладают приемлемыми текстурными характеристиками, благодаря образованию трехмерной сети, агрегации и сшиванию гидрогеля и олеогеля. При этом с увеличением концентрации гидрогеля значения прочности снижаются. Образец эмульсионного геля при соотношении 99:1 (олеогель: гидрогель) имел самую высокую твердость, отрицательно влияющую на текстуру геля. Высокая концентрация воска при низкой концентрации гидрогеля в составе геля приводят к очень кристаллической и рассыпчатой массе на стадии охлаждения, о чем свидетельствует ряд других характеристик (адгезионная прочность, консистенция, индекс вязкости, модуль Юнга). Образец эмульсионного геля при соотношении 95:5 и 95:1 с большей концентрацией гидрогеля обладают более мягкой текстурой и низкой прочностью и высоким наблюдаемым значением активности воды ( $A_w=0,36$ ), что потенциально может повысить внутреннюю подвижность всех молекул, присутствующих в эмульсионном геле и способствовать более равномерному нанесению эмульсионного антипригарного геля на поверхность для выпечки.

С целью определения безопасности разработанного антипригарного эмульсионного геля были исследованы микробиологические показатели и показатели окислительной стабильности.

Микробиологические показатели разработанного эмульсионного геля представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Микробиологические показатели разработанного покрытия

Исследуемый образец	Масса продукта (г), в которой не допускаются		Дрожжи, КОЕ/г, не более	Плесени, КОЕ/г, не более
	БГКП (коли-формы)	Стафилококки <i>S.aureus</i>		
Норматив	0,001	-	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Разработанный антипригарный гель	Не обнаружено	-	20	15

Из таблицы видно, что такие микробиологические показатели как количество бактерий группы кишечной палочки, содержание дрожжей и плесени не превышает нормативные показатели в соответствии ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию».

Окислительную стабильность оценивали путем определения перекисного числа разработанных рецептур. Исследования проводились на основании ГОСТ ISO 3960-2013. Пробу для испытания растворяли в изооктане и ледяной уксусной кислоте с добавлением йодида калия. Выделяемый перекисями йод определяют йодометрически (визуально) с помощью крахмала в качестве индикатора и стандартного раствора тиосульфата натрия. Конечную точку титрования определяют йодометрически (визуально).

В таблице 3 представлены результаты определения перекисного числа разработанных образцов эмульсионного геля, а также контрольного образца в виде подсолнечного масла.

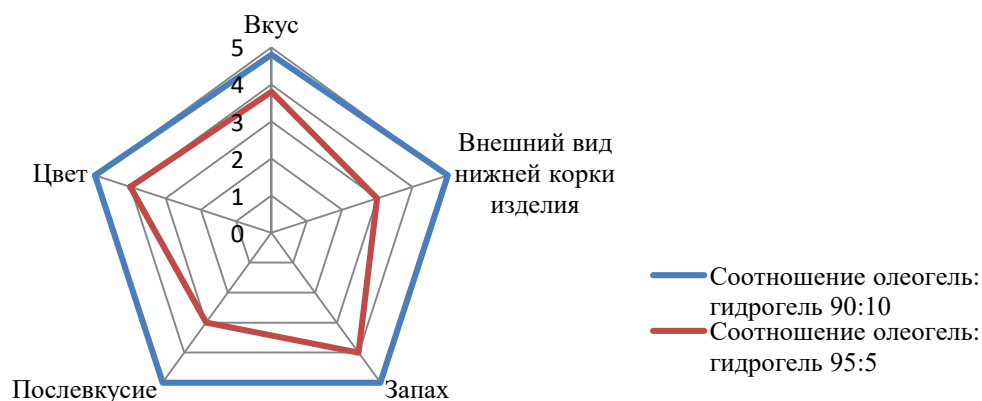
Таблица 3 – Результаты анализа данных перекисного числа разработанных образцов эмульсионного геля

Образцы эмульсионного геля	Соотношение гидрогеля и олеогеля	Размер частиц (мкм)	Перекисное число (ммоль O <sub>2</sub> / кг)	
			1-й день	30-й день
	Подсолнечное масло (контроль)	0,00 ± 0,00	2.3 ± 0.05	10 ± 0,1
	95:5	4.83 ± 1.79	2.0 ± 0.06	8 ± 0.13
	90:10	5.70 ± 1.44	1.9 ± 0.04	6.5 ± 0.13

В результате определения перекисного числа образцов эмульсионного геля было выявлено, что наименьшим значением перекисного числа (6,5 ммоль Кислорода/кг) на 30 день исследования обладал образец с соотношением олеогель: гидрогель 90:10, который и был в результате вышеописанных исследований.

С целью заключительного выбора определенного соотношения олеогель: гидрогель в рецептуре антипригарного эмульсионного геля была выработана опытная партия изделий с применением эмульсионного геля в качестве антипригарного средства на противнях и листах пекарской бумаги.

Органолептический профиль изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия, представлен на рисунке.



### Органолептический профиль изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия

В результате органолептического анализа выпеченных изделий было выявлено, что у изделий, приготовленных с использованием эмульсионного геля с соотношением 95:5 (олеогель: гидрогель) было выявлено наличие посторонних привкусов, послевкусия и запаха воска. При использовании антипригарного покрытия, изготовленного с использованием эмульсионного геля с соотношением 90:10 (олеогель: гидрогель) не было выявлено каких-либо посторонних запахов, привкусов и послевкусия, а поверхность нижней корки изделий была идеально ровная, без пригорания и выпадений мякиша.

Исходя из результатов органолептического исследования изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия, было выбрано соотношение олеогель: гидрогель 90:10 в составе антипригарного эмульсионного геля.

**Заключение.** В настоящее время такие системы, как эмульсионные гели могут рассматриваться для применения в качестве антипригарных покрытиях. Анализ публикаций свидетельствует о том, что в России в этой области не проводятся достаточных исследований, что говорит о научной новизне работы. Кроме того, в целях дальнейшего развития и импортозамещения эмульсионные гели на биологической основе могут рассматриваться в качестве альтернативы импортным антипригарным средствам, а также для производства других технологических вспомогательных средств для индустрии питания.

#### Список литературы

1. Acevedo, N., Marangoni, A.G. (2010). Characterization of the nanoscale in triglyceride crystal networks. *Crystal Growth and Design*, 10, 3327-3333.
2. Гуль, В.Е., Пятигорская, Т.В., Сухарева, Л.А., Иванов. В.К. (1986). Термостойкое покрытие хлебопекарных форм на основе кремнийорганического блоксополимера. VI Всерос. конф. по химии и применению КОС: Тез. докл., С. 18-19.

3. Кочеткова, А.А., Саркисян, В.А., Коденцова, В.М., Фролова, Ю.В. (2019). Пищевые олеогели: свойства и перспективы использования. Пищевая промышленность. 8, 30–35.
4. Zulim, B., Marangoni, A.G., Smith A.K. (2013). The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J. Food Sci.*, 78, (9), 1334-C1339.
5. Toro-Vazquez, J.F. (2007). Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 11, 989–1000.
6. Лузгин, Н.Е., Утолин, В.В., Нагаев, Н.Б., Лузгина, Е.С., Грунин, Н.А. (2017). Результаты изучения свойств пчелиного воска. *Вестник РГАТУ*, 1 (33), 15-18.
7. Kim, J.Y., Lim, J., Lee J. (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *J. Food Sci.*, 82, 445-452.
8. Косован, А. П. (2011). Пути преодоления проблем в хлебопечении. *Хлебопечение России*, 3, 6.
9. Куценкова, В.С., Неповинных, Н.В., Еганехзад С.А. Гибридный гель для замены твердых жиров в кондитерских изделиях. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 25-31.
10. Panirani, P N., Darvishi, H., Hosainpour, A., Behrooz-Khazaei, N. (2023). Comparative study of different bread baking methods: Combined ohmic – Infrared, ohmic – Conventional, infrared – Conventional, infrared, and conventional heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 21 (8), 103349. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103349>

## References

1. Acevedo, N., Marangoni, A.G. (2010). Characterization of the nanoscale in triglyceride crystal networks. *Crystal Growth and Design*, 10, 3327-3333.
2. Gul, V.E., Pyatigorskaya, T.B., Sukhareva, L.A., Ivanov. V.C. (1986). Heat-resistant coating of baking molds based on organosilicon block copolymer. *VI All-Russian conf. on chemistry and application of CBS: Abstracts. report*, pp. 18-19.
3. Kochetkova, A.A., Sarkisyan, V.A., Kodentsova, V.M., Frolova, Yu.V. (2019). Food oleogels: properties and prospects for use. *Food industry*. 8, 30–35.
4. Zulim, B., Marangoni, A.G., Smith A.K. (2013). The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J. Food Sci.*, 78, (9), 1334-C1339.
5. Toro-Vazquez, J.F. (2007). Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. *Journal of the American Petroleum Chemists' Society*, 11, 989–1000.
6. Luzgin, N.E., Utolin, V.V., Nagaev, N.B., Luzgina, E.S., Grunin, N.A. (2017). Results of studying the properties of beeswax. *Bulletin of RSATU*, 1 (33), 15-18.

7. Kim, J.Y., Lim, J., Lee J. (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *J. Food Sci.*, 82, 445-452.

8. Kosovan, A. P. (2011). Ways to overcome problems in baking. *Bakery of Russia*, 3, 6.

9. Kutsenkova, V.S., Nepovinnykh, N.V., Eganehzad S.A. Hybrid gel for replacing solid fats in confectionery products. *Equipment and technology of food production*, 1, 25-31.

10. Panirani, P N., Darvishi, H., Hosainpour, A., Behroozi-Khazaei, N. (2023). Comparative study of different bread baking methods: Combined ohmic – Infrared, ohmic – Conventional, infrared – Conventional, infrared, and conventional heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 21(8), 103349. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103349>

*Статья поступила в редакцию 12.03.2024; одобрена после рецензирования 19.03.2024; принята к публикации 27.03.2024.*

*The article was submitted 12.03.2024; approved after reviewing 19.03.2024; accepted for publication 26.03.2024.*