



Обзорная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК 634:311

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.021

EDN: UNRMZF

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ CITRUS AURANTIUM L. И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Юлия Владимировна Фролова ¹, Елена Михайловна Щетинина ²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия

¹ himic14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6065-2244>

² schetininina2014@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Аннотация. В настоящее время наблюдается большой интерес к использованию в различных отраслях промышленности природных биологически активных веществ растительного происхождения. Горький апельсин (*Citrus aurantium* L.) широко применяется в пищевой, фармацевтической, парфюмерно-косметической промышленности. Целью данного исследования являлись систематизация и анализ научных публикаций за период с 2000 по 2026 гг., посвященных изучению активных компонентов *Citrus aurantium* L. и возможности его применения в пищевой промышленности. Большинство биологически активных соединений содержится во всех составных частях растения *Citrus aurantium* L., однако каждая часть (плоды, кожура, листья, цветы, семена) имеет свой фитохимический профиль, который включает в себя фенольные соединения (флавоноиды, флаваноны, флавоны, фенольные кислоты), алкалоиды, витамин С, эфирные масла и др. Такой фитохимический профиль обуславливает биологические свойства *Citrus aurantium* L. К ним относятся антипролиферативные, противотревожные антиоксидантные, антимикробные и другие свойства. В основном в промышленности используются эфирные масла *Citrus aurantium* L. благодаря специфическому ароматному профилю. С учетом богатого состава *Citrus aurantium* L. исследования по его применению в составе специализированных продуктов являются актуальными.

Ключевые слова: горький апельсин, эфирное масло, плоды и цветы *Citrus aurantium*, полифенольные соединения, биологически активные соединения, антиоксидантные свойства, пищевая продукция, специализированные продукты.

Для цитирования: Фролова Ю. В., Щетинина Е. М. Биологически активные компоненты *Citrus aurantium* L. и его использование в пищевой промышленности // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 156–159. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.021. EDN: <https://elibrary.ru/UNRMZF>.

Review article

BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS OF CITRUS AURANTIUM L. AND ITS USE IN FOOD INDUSTRY

Yuliya V. Frolova ¹, Elena M. Schetininina ²

^{1,2} Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

¹ himic14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6065-2244>

² schetininina2014@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Abstract. There is currently great interest in the use of natural biologically active substances of plant origin in various industries. Bitter orange (*Citrus aurantium* L.) is widely used in the food, pharmaceutical, perfumery, and cosmetics industries. The aim of this study was to systematize and analyze scientific publications from 2000 to 2026 devoted to the study of the active components of *Citrus aurantium* L. and the possibility of its application in the food industry. Most biologically active compounds are found in all components of the *Citrus aurantium* L. plant, but each part (fruit, peel, leaves, flowers, seeds) has its own phytochemical profile, which includes phenolic compounds (flavonoids, flavanones, flavones, phenolic acids), alkaloids, vitamin C, essential oils, etc. This phytochemical profile determines the biological properties of *Citrus aurantium* L. These include antiproliferative, anti-anxiety, antioxidant, antimicrobial, and other properties. Essential oils of *Citrus aurantium* L. are primarily used in industry due to their distinctive aromatic profile. Given the rich composition of *Citrus aurantium* L., research into its use in specialized products is relevant.

Keywords: bitter orange, essential oil, fruits and flowers of *Citrus aurantium*, polyphenolic compounds, biologically active compounds, antioxidant properties, food products, specialized products.

For citation: Frolova, Yu. V. & Schetininina, E. M. (2026). Biologically active components of *Citrus aurantium* L. and its use in food industry. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 156-159. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.021. EDN: <https://elibrary.ru/UNRMZF>.

© Фролова Ю. В., Щетинина Е. М., 2026

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ CITRUS AURANTIUM L. И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к использованию природных биологически активных веществ, в частности флавоноидов, фенольных кислот, терпенов связан с их функциональными свойствами и нутрицевтическим потенциалом [1]. Вторичные метаболиты растений – это органические вещества, образующиеся в результате вторичного метаболизма и необходимые для адаптации растений к окружающей среде, при этом они не участвуют в росте и размножении растений [2, 3], при этом они участвуют в метаболических процессах человека и нейтрализуют свободные радикалы в организме [2].

Citrus aurantium L. (*Rutaceae*) известный как горький апельсин, кислый апельсин, севильский апельсин, бигарадия – это вечнозеленое дерево с ароматными белыми цветами. Его плоды используют в различных отраслях промышленности, включая пищевую, фармацевтическую и парфюмерную [1, 2]. Плоды, цветы, листья *Citrus aurantium* L. содержат большое количество биологически активных веществ (флавоноидов, алкалоидов, эфирных масел, терпеноидов, а также некоторые витамины и минеральные вещества) [2, 3], которые, как доказано, обладают многочисленными свойствами [2, 4].

Цель исследования – систематизировать и проанализировать научные публикации за период с 2000 по 2026 гг., посвященные изучению активных компонентов *Citrus aurantium* L. и его применению в пищевой промышленности.

МЕТОДЫ

Поиск научных статей осуществлялся по базам данных Scopus, PubMed, Google Scholar, Elibrary по ключевому слову «*Citrus aurantium*» за период с 2000 по 2026 гг.

Критериями включения являлись оригинальные статьи с открытым доступом, обзорные статьи. Критериями исключения являлись материалы конференций, книги, статьи несоответствующие тематике.

С 2000 г. вышло свыше двух тысяч публикаций (рисунок 1), посвященных исследованиям компонентного состава, свойствам и применению *Citrus aurantium* L.

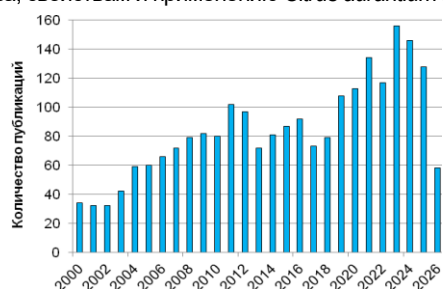


Рисунок 1 – Публикационная активность по ключевому слову «*Citrus aurantium*» по базе данных Scopus

Figure 1 – Publication activity for the keyword «*Citrus aurantium*» in the Scopus database

Исследование выполнено в рамках средств, выделяемых для реализации государственного задания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (FGMF-2025-0014).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

В настоящее время активно проводятся исследования отдельных частей (плоды, цветы, листья, кожура, семена) *Citrus aurantium* L. с целью выявления

зависимостей формирования фитохимического профиля от географического положения региона произрастания, вегетационного периода и времени сбора урожая. Результаты этих исследований позволяют расширить область применения *Citrus aurantium* L. в различных отраслях промышленности, в том числе как источника природных биологически активных веществ. На рисунке 2 показаны исследуемые части и основные свойства содержащихся в них компонентов.

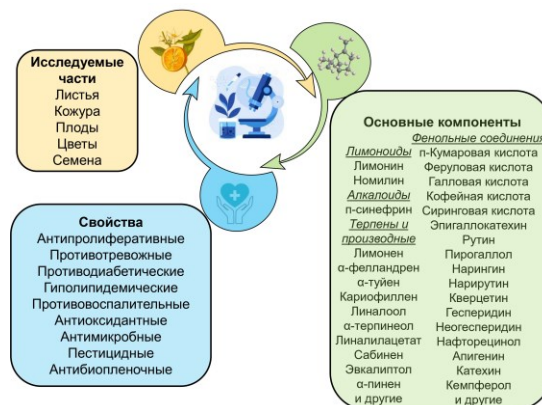


Рисунок 2 – Основные компоненты листьев, кожуры, плодов и цветов *Citrus aurantium* L. и их свойства

Figure 2 – The main components of the leaves, peel, fruits and flowers of *Citrus aurantium* L. and their properties

В зависимости от исследуемой части *Citrus aurantium* L. (листья, кожура, плоды, цветы, семена, в том числе эфирные масла) фитохимический профиль различается. Так например, в работе Karimi [et al.] (2012) было показано, что в метанольных экстрактах цветов содержится большое количество фенольных соединений – общее содержание полифенолов составляло $4,55 \pm 0,05$ мг экв. галловой кислоты/г, а флавоноидов – $3,83 \pm 0,05$ мг экв. рутина/г [5]. В исследованиях Lagha-Benamrouche и Madani (2013) отмечалось, что в кожуре общее содержание полифенолов составляет $31,62 \pm 0,88$ мг экв. галловой кислоты/г, в листьях – $44,41 \pm 0,49$ мг экв. галловой кислоты/г [6], тогда как в соке содержалось $784,67$ мг экв. галловой кислоты/л [7], а в эфирном масле – $3,48 \pm 0,10$ мг экв. галловой кислоты/г [8].

Эфирные масла цитрусовых относятся к наиболее широко применяемым среди эфирных масел во всем мире. В основном они используются в качестве ароматизаторов в пищевой продукции (акольные и безалкогольные напитки, мармелад, молочная продукция, мороженое и др.) [9]. Многими исследователями было показано, что лимонен является основным соединением *Citrus aurantium* L. [9]. Например, его содержание в кожуре составляет до 90,25% [9], соке – до 91,61% [9], листьях – до 62 % [10]. Кроме лимонена также содержится линалоол и β-мирцен, линалилацетат и др. [4, 8, 11].

ПРИМЕНЕНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Применение *Citrus aurantium* L. в пищевой промышленности связано с проявлением различных технологических эффектов.

Ароматические соединения и эфирные масла *Citrus aurantium* L. представляют собой интересную альтернативу традиционным консервантам, однако органолептические свойства и изменчивый состав

эфирных масел данных цитрусов ограничивают их промышленное использование [12].

Отдельные части *Citrus aurantium* L. (кожура, незрелые плоды, цветы) веками употреблялись в Китае в качестве приправ и ингредиентов для чая [13], а сок широко используется в Турции в качестве ароматизатора и подкислителя для овощных салатов [14].

В настоящее время проводятся исследования возможности использования *Citrus aurantium* L. в составе разных видов пищевой продукции (рисунок 3). Например, при анализе хлеба, содержащего смесь масел (гвоздичного масла и масла горького апельсина), показано, что при хранении хлеба при 20 °С в течение 7 дней не происходит потери качественных характеристик. Также отмечено, что добавление эфирного масла замедляет образование плесени [15]. В публикациях отмечено проявление антимикробной активности в отношении микроорганизмов не только эфирных масел [16, 17], но и экстрактов *Citrus aurantium* L. [3].



Рисунок 3 – Использование отдельных частей *Citrus aurantium* L. в пищевой промышленности

Figure 3 – Use of individual parts of *Citrus aurantium* L. in the food industry

Так как компоненты *Citrus aurantium* L. обладают антимикробной активностью, это свойство предлагается использовать для предотвращения развития микроорганизмов на поверхности пищевой продукции, например для обработки поверхности выпотрошенной охлажденной рыбы, методом окунания в раствор экстракта кожуры. Такая обработка приводит к снижению скорости развития аэробных бактерий и увеличивает срок хранения рыбы [18]. Также исследуется возможность включения экстрактов цитрусовых, в том числе горького апельсина в состав съедобных покрытий. Так, использование покрытия на основе альгината натрия и смеси экстрактов *Citrus aurantium* L. и лимона нанесением на поверхность куриного мяса привело к замедлению роста микроорганизмов и замедлило окислительные процессы (по показателю перекисного и тиобарбитурового чисел) [19].

Необходимость поиска заменителей телячьего сычужного фермента для сыроварения привела к скринингу новых протеаз, которые можно использовать в качестве природных коагулянтов. Одним из таких источников может являться экстракт цветков *Citrus aurantium* L. [20, 21]. В работе [21] показано, что использование протеаз из цветков горького апельсина привело к более высокой степени деградации казеина и образованию пептидов и аминокислот в сырах, что свидетельствует о более интенсивном процессе со-

зревания. Также отмечалось формирование уникального вкуса в конечном продукте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных аналитических исследований за период с 2000 по 2026 гг. было издано свыше двух тысяч публикаций, посвященных исследованиям состава и свойств *Citrus aurantium* L. Несмотря на богатый фитохимический профиль и широкий ряд описываемых полезных свойств *Citrus aurantium* L., необходимо отметить их зависимость от географического положения региона произрастания, вегетационного периода и времени сбора урожая, что может влиять на стабильность качества производимой продукции. Особое внимание стоит уделить специфике органолептических свойств *Citrus aurantium* L., в частности с проявлением горечи, которая может в дальнейшем присутствовать и в готовом пищевом продукте, что негативно скажется на потребительских характеристиках. Таким образом, использование *Citrus aurantium* L. в составе специализированных продуктов с точки зрения полезных свойств является актуальным, а с точки зрения потребительских характеристик требует особого внимания и внесения технологических корректировок по органолептическому профилю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Değimenci H., Erkurt H. Relationship between volatile components, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil, hydrosol and extracts of *Citrus aurantium* L. flowers // Journal of infection and public health. 2020. Т. 13, № 1. С. 58–67. doi: 10.1016/j.jiph.2019.06.017.
- Recent developments in *Citrus aurantium* L.: an overview of bioactive compounds, extraction techniques, and technological applications / J. Fernández-Cabal [et al.] // Processes. 2025. Т. 13, № 1. С. 120. doi: 10.3390/pr13010120.
- Citrus aurantium* flowers: overview of chemistry, functionality, and technological applications / S. Seyyedi-Mansour [et al.] // Molecules. 2025. Т. 30, № 4. С. 930. doi: 10.3390/molecules30040930.
- An overview on *Citrus aurantium* L.: Its functions as food ingredient and therapeutic agent / I. Sutar [et al.] // Oxidative medicine and cellular longevity. 2018. Т. 2018, № 1. С. 7864269. doi: 10.1155/2018/7864269.
- Phenolic compounds characterization and biological activities of *Citrus aurantium* bloom / E. Karimi [et al.] // Molecules. 2012. Т. 17, № 2. С. 1203–1218. doi: 10.3390/molecules17021203.
- Lagha-Benamrouche S., Madani K. Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves // Industrial Crops and Products. 2013. Т. 50. С. 723–730. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.07.048.
- Juice components and antioxidant capacity of four Tunisian *Citrus* varieties / M.S. Tounsi [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2011. Т. 91, № 1. С. 142–151. doi: 10.1002/jsfa.4164.
- Essential oil of *Citrus aurantium* L. leaves: composition, antioxidant activity, elastase and collagenase inhibition / C. Oulebsir [et al.] // Agronomy. 2022. Т. 12, № 6. С. 1466. doi: 10.3390/agronomy12061466.
- Jabri karoui I., Marzouk B. Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities // BioMed research international. 2013. Т. 2013, № 1. С. 345415. doi: 10.1155/2013/345415.
- Gholivand M.B., Piryaei M. A method for fast analysis of volatile components of *Citrus aurantium* L. leaves // Natural Product Research. 2013. Т. 27, № 14. С. 1315–1318. doi: 10.1080/14786419.2012.730048.
- Yield, phytochemical constituents, and antibacterial activity of essential oils from the leaves/twigs, branches, branch wood, and branch bark of Sour Orange (*Citrus aurantium* L.) / M.K. Okla [et al.] // Processes. 2019. Т. 7, № 6. С. 363. doi: 10.3390/pr7060363.
- Anwar S. [et al.]. Bitter orange (*Citrus aurantium* L.) oils // Essential oils in food preservation, flavor and safety. Academic Press, 2016. С. 259–268. doi: 10.1016/B978-0-12-416641-7.00029-8.
- Lu Y., Zhang C., Bucheli P., Wei, D. Citrus flavonoids in fruit and

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ CITRUS AURANTIUM L. И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

traditional Chinese medicinal food ingredients in China // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2006. T. 61, № 2. C. 55–63. doi: 10.1007/s11130-006-0014-8.

14. Karabiyikli Ş., Değimenci H., Karapinar M. Inhibitory effect of sour orange (*Citrus aurantium*) juice on *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* // *LWT-Food Science and Technology*. 2014. T. 55, № 2. C. 421–425. doi: 10.1016/j.lwt.2013.10.037.

15. Şahin F.İ., Acaralı N. Extending shelf life and optimizing effective parameters by using clove oil (*Syzygium aromaticum* oleum)/orange oil (*Citrus aurantium var dulcis* oleum) in bread: thermal, morphological and sensory approach // *Journal of Food Science and Technology*. 2023. T. 60, № 12. C. 3002–3013. doi: 10.1007/s13197-023-05827-8.

16. Chemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of *Citrus aurantium* L. flowers essential oil (Neroli oil) / A.H. Ammar [et al.] // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2012. T. 15, № 21. C. pp. 1034–1040. doi: 10.3923/pjbs.2012.1034.1040.

17. Chemical composition of *Citrus aurantium* L. leaves and zest essential oils, their antioxidant, antibacterial single and combined effects / W. Ouedrhiri [et al.] // *J. Chem. Pharm. Res*. 2015. T. 7, № 1. C. 78–84.

18. Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf life extension of chill stored Indian mackerel / P. Viji [et al.] // *Journal of food science and technology*. 2015. T. 52, № 10. C. 6278–6289. doi: 10.1007/s13197-015-1788-1.

19. The effect of sodium alginate coating containing citrus (*Citrus aurantium*) and Lemon (*Citrus lemon*) extracts on quality properties of chicken meat / Z. Panahi [et al.] // *Journal of Food Quality*. 2022. T. 2022, № 1. C. 6036113. doi: https://doi.org/10.1155/2022/6036113.

20. Sour orange *Citrus aurantium* L. flowers: a new vegetable source of milk-clotting proteases / M.A. Mazorra-Manzano [et al.] // *LWT-Food Science and Technology*. 2013. T. 54, № 2. C. 325–330. doi: 10.1016/j.lwt.2013.07.009.

21. Novel milk-clotting enzyme from sour orange flowers (*Citrus aurantium* L.) as a coagulant in Iranian white cheese / E. Nasiri [et al.] // *European Food Research and Technology*. 2020. T. 246, № 1. C. 139–148. doi: 10.1007/s00217-019-03403-z.

Информация об авторах

Ю. В. Фролова – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Е. М. Щетинина – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

REFERENCES

1. Değimenci, H. & Erkurt, H. (2020). Relationship between volatile components, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil, hydrosol and extracts of *Citrus aurantium* L. flowers. *Journal of Infection and Public Health*, *13*(1), 58–67. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.06.017.

2. Fernández-Cabal, J. [et al.]. (2025). Recent developments in *Citrus aurantium* L.: An overview of bioactive compounds, extraction techniques, and technological applications. *Processes*, *13*(1), 120. https://doi.org/10.3390/pr13010120.

3. Seyyedi-Mansour, S. [et al.]. (2025). *Citrus aurantium* flowers: Overview of chemistry, functionality, and technological applications. *Molecules*, *30*(4), 930. https://doi.org/10.3390/molecules30040930.

4. Sutar, I. [et al.]. (2018). An overview on *Citrus aurantium* L.: Its functions as food ingredient and therapeutic agent. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2018*(1), 7864269. https://doi.org/10.1155/2018/7864269.

5. Karimi, E. [et al.]. (2012). Phenolic compounds characterization and biological activities of *Citrus aurantium* bloom. *Molecules*, *17*(2), 1203–1218. https://doi.org/10.3390/molecules17021203.

6. Lagha-Benarmouche, S. & Madani, K. (2013). Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves. *Industrial Crops and Products*, *50*, 723–730. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.048.

7. Tounsi, M.S. [et al.]. (2011). Juice components and antioxidant capacity of four Tunisian *Citrus* varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(1), 142–151. https://doi.org/10.1002/jsfa.4164.

8. Oulebsir, C. [et al.]. (2022). Essential oil of *Citrus aurantium* L. leaves: Composition, antioxidant activity, elastase and collagenase inhibition. *Agronomy*, *12*(6), 1466. https://doi.org/10.3390/agronomy12061466.

9. Jabri Karoui, I. & Marzouk, B. (2013). Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities. *BioMed Research International*, *2013*(1), 345415. https://doi.org/10.1155/2013/345415.

10. Gholivand, M.B. & Piryaei, M. (2013). A method for fast analysis of volatile components of *Citrus aurantium* L. leaves. *Natural Product Research*, *27*(14), 1315–1318. https://doi.org/10.1080/14786419.2012.730048.

11. Okla, M.K. [et al.]. (2019). Yield, phytochemical constituents, and antibacterial activity of essential oils from the leaves/twigs, branches, branch wood, and branch bark of sour orange (*Citrus aurantium* L.). *Processes*, *7*(6), 363. https://doi.org/10.3390/pr7060363.

12. Anwar, S. [et al.]. (2016). Bitter orange (*Citrus aurantium* L.) oils. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 259–268). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00029-8.

13. Lu, Y., Zhang, C., Buchel, P. & Wei, D. (2006). *Citrus* flavonoids in fruit and traditional Chinese medicinal food ingredients in China. *Plant Foods for Human Nutrition*, *61*(2), 55–63. https://doi.org/10.1007/s11130-006-0014-8.

14. Karabiyikli, Ş., Değimenci, H. & Karapinar, M. (2014). Inhibitory effect of sour orange (*Citrus aurantium*) juice on *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. *LWT - Food Science and Technology*, *55*(2), 421–425. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.037.

15. Şahin, F.İ. & Acaralı, N. (2023). Extending shelf life and optimizing effective parameters by using clove oil (*Syzygium aromaticum* oleum)/orange oil (*Citrus aurantium var dulcis* oleum) in bread: Thermal, morphological and sensory approach. *Journal of Food Science and Technology*, *60*(12), 3002–3013. https://doi.org/10.1007/s13197-023-05827-8.

16. Ammar, A.H. [et al.]. (2012). Chemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of *Citrus aurantium* L. flowers essential oil (Neroli oil). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *15*(21), 1034–1040. https://doi.org/10.3923/pjbs.2012.1034.1040.

17. Ouedrhiri, W. [et al.]. (2015). Chemical composition of *Citrus aurantium* L. leaves and zest essential oils, their antioxidant, antibacterial single and combined effects. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, *7*(1), 78–84.

18. Viji, P. [et al.]. (2015). Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf life extension of chill stored Indian mackerel. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (10), 6278–6289. https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1.

19. Panahi, Z. [et al.]. (2022). The effect of sodium alginate coating containing citrus (*Citrus aurantium*) and lemon (*Citrus lemon*) extracts on quality properties of chicken meat. *Journal of Food Quality*, *2022*(1), 6036113. https://doi.org/10.1155/2022/6036113.

20. Mazorra-Manzano, M.A. [et al.]. (2013). Sour orange *Citrus aurantium* L. flowers: A new vegetable source of milk-clotting proteases. *LWT - Food Science and Technology*, *54*(2), 325–330. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.07.009.

21. Nasiri, E. [et al.]. (2020). Novel milk-clotting enzyme from sour orange flowers (*Citrus aurantium* L.) as a coagulant in Iranian white cheese. *European Food Research and Technology*, *246*(1), 139–148. https://doi.org/10.1007/s00217-019-03403-z.

Information about the authors

Yu.V. Frolova - Candidate of Technical Sciences, Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology".

E.M. Shchetinina - Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products of the Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17 декабря 2025; одобрена после рецензирования 24 апреля 2026; принята к публикации 18 мая 2026.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 2025; approved after editing on 24 Apr 2026; accepted for publication on 18 May 2026.