

Научная статья

УДК 621.00.01

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.9>

Изучение процессов получения микрокапсулированных экстрактов растений для применения в косметических средствах и продуктах функционального питания

Светлана Валерьевна Вилинская¹, Павел Анатольевич Омелянчук²,
Алексей Дмитриевич Лодыгин^{3*}

^{1,3} Северо-Кавказский Федеральный Университет (д. 1, ул. Пушкина, г. Ставрополь, 355017, Россия)

² ООО НПО «СайТЭК» (д. 3, ул. Привокзальная, г. Михайловск, 356240, Россия)

¹ivsv2014@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-0771-7798>

²pao@gercyna.ru; <https://orcid.org/0009-0004-7820-4801>

³allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

*Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение Лекарственные растения играют важную роль в медицине, особенно в традиционных системах, где растительные экстракты составляют треть всех средств, особенно для лечения кожных заболеваний. В последние десятилетия возрос интерес к их биоактивным компонентам, таким как флавоноиды и терпеноиды, благодаря их антиоксидантным, противовоспалительным и иммунорегуляторным свойствам. Эти экстракты эффективны в борьбе с возрастными изменениями кожи, улучшении её внешнего вида и функций. Они используются в безрецептурных препаратах, БАДах и пищевых продуктах для профилактики хронических заболеваний. Современные исследования подтверждают их эффективность в лечении дерматологических заболеваний. Экстракты алоэ, ромашки и календулы применяются в косметических средствах, а куркумы и зелёного чая — в пищевой промышленности как антиоксидантные добавки. Растительные экстракты представляют перспективное направление. Благодаря их биоактивным свойствам и многовековому опыту применения, играют ключевую роль в создании инновационных продуктов для улучшения здоровья и качества жизни.

Материалы и методы. Целью настоящего исследования является комплексное изучение влияния гидро модуля (соотношение "сырьё (г): экстрагент (мл)") на физико-химические характеристики экстрактов биологически активных соединений (БАС), полученных из различных растительных источников, а также оптимизация параметров микрокапсулирования альгината натрия. В рамках исследования были выбраны следующие объекты: Цветки календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.), Листья шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), Трава тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), Надземная часть каллизии душистой (*Callisia fragrans*). Параметры экстракции были стандартизированы следующим образом: температура 50 °С, гидро модули 1:5, 1:10 и 1:15, метод мацерации продолжительностью 2 часа с использованием дистиллированной воды. Для микрокапсулирования применялись альгинат натрия и хлорид кальция.

Результаты и обсуждение. Получены уравнения для определения значений установившихся амплитуд колебаний. Исследовано влияние дисперсии, вызванной несовпадением температур и скоростей фаз газ-жидкость, на нелинейное взаимодействие стоячих волн.

Заключение. Исследования показали, что микрокапсулированные экстракты календулы и шалфея перспективны для косметики и функциональных продуктов питания благодаря высокой биодоступности и стабильности активных компонентов. Микрокапсулирование улучшает физико-химические характеристики экстрактов, повышая их растворимость и дисперсность. Это улучшает потребительские свойства продуктов.

© Вилинская С. В., Омелянчук П. А., Лодыгин А. Д., 2025

Экстракты обладают антиоксидантными, противовоспалительными и регенеративными свойствами, а также содержат биологически активные вещества, положительно влияющие на здоровье. Внедрение микрокапсулированных экстрактов открывает новые возможности для создания инновационных продуктов, соответствующих современным требованиям рынка.

Ключевые слова: календула лекарственная, шалфей лекарственный, тысячелистник обыкновенный, каллизия душистая, экстракты, альгинат натрия, микрокапсулы

Для цитирования: Вилинская С. В., Омелянчук П. А., Лодыгин А. Д. Изучение процессов получения микрокапсулированных экстрактов растений для применения в косметических средствах и продуктах функционального питания // Современная наука и инновации. 2025. № 4. С. 91-99. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.9>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.10.2025;
одобрена после рецензирования 01.11.2025;
принята к публикации 01.12.2025.

Research article

Study of plant microcapsulated extracts preparation intended for use in cosmetics and functional foods technology

Svetlana V. Vilinskaya¹, Pavel A. Omelyanchuk², Aleksey D. Lodygin^{3*}

^{1,3} North Caucasus Federal University (1, st. Pushkin, Stavropol, 355017, Russia)

² OOO NPO «SCITECH» (3, Privokzalnaya St., Mikhaylovsk, 356240, Russia)

¹ivsv2014@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-0771-7798>

²pao@gercyna.ru; <https://orcid.org/0009-0004-7820-4801>

³allodygin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>

*Corresponding author

Abstract. Introduction. Medicinal plants play an important role in medicine, especially in traditional systems, where plant extracts account for a third of all remedies, especially for the treatment of skin diseases. In recent decades, there has been an increased interest in their bioactive components, such as flavonoids and terpenoids, due to their antioxidant, anti-inflammatory, and immunoregulatory properties. These extracts are effective in combating age-related skin changes and improving skin appearance and function. They are used in over-the-counter medications, dietary supplements, and food products for the prevention of chronic diseases. Modern research confirms their effectiveness in the treatment of dermatological diseases. Extracts of aloe, chamomile, and calendula are used in cosmetics, while extracts of turmeric and green tea are used in the food industry as antioxidant additives. **Materials and methods.** Materials and methods. The aim of the present study is a comprehensive study of the effect of the hydro-modulus (the ratio "raw material (g): extractant (ml)") on the physical and chemical characteristics of extracts of biologically active compounds (BAS) obtained from various plant sources, as well as the optimization of the parameters of microencapsulation of sodium alginate. The following objects were selected as part of the study: *Calendula officinalis* L. flowers, *Salvia officinalis* L. leaves, Yarrow grass (*Achillea millefolium* L.), and the aerial part of *Callisia fragrans*. The extraction parameters were standardized as follows: temperature 50 °C, hydro-moduli 1:5, 1:10 and 1:15, 2-hour maceration method using distilled water. Sodium alginate and calcium chloride were used for microencapsulation. **Conclusion.** Research has shown that microencapsulated extracts of calendula and sage are promising for cosmetics and functional food products due to their high bioavailability and stability of active components. Microencapsulation improves the physical and chemical characteristics of the extracts, increasing their solubility and dispersion. This enhances the consumer properties of the products. The extracts have antioxidant, anti-inflammatory, and regenerative properties, as well as contain biologically active substances that have a positive impact on health. The introduction of microencapsulated extracts opens up new opportunities for creating innovative products that meet modern market requirements.

Key words: calendula officinalis, sage officinalis, yarrow, callisia fragrans, extracts, sodium alginate, microcapsules

For citation: Vilinskaya SV, Omelyanchuk PA, Lodygin AD. Study of the processes of obtaining microencapsulated plant extracts for use in cosmetics and functional food products. *Modern Science and Innovations*. 2025;(4):91-99. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2025.4.9>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 01.10.2025;

approved after reviewing 01.11.2025;

accepted for publication 01.12.2025.

Introduction

Virtually all cultures around the world have historically relied or continue to rely on medicinal plants for primary health care. Approximately one-third of all traditional medicines are intended for the treatment of wounds or skin diseases, compared to only 1-3% of modern medicines [10].

Biologically active substances (BAS) from medicinal plants has grown worldwide, as **substances** capable of positively influencing biochemical reactions in the human body. Skin aging is considered a natural physiological process, and photoaging, pigmentation, and damage to the epidermal barrier due to lipid peroxidation and other factors can be treated with cosmetics based on biologically active plant components [8].

Plant extracts and individual compounds are increasingly used in cosmetics, as well as in over-the-counter medications and dietary supplements for functional nutrition. Experimental research using plant components is a promising area for the near future. [12].

Scientific research proves the positive effect on the human body, in particular on the skin, of extracts from medicinal plants containing valuable biologically active substances with a calming, anti-inflammatory and antioxidant effect [15].

Natural plant-based skin care ingredients are being actively developed and used not only for their rejuvenating effect, but also for use on problem skin [14].

Currently, extracts from medicinal plants are effectively used as additives to food products to improve their properties and functional significance [2].

Calendula extract (*Calendula officinalis*) contains biologically active substances: polyphenols, p-hydroxybenzoic, salicylic, vanilla, coffee, gallic acids, acylated flavonoid-O-glycosides, methoxylated flavonoids, amino acids, alkaloids, carotenoids, saponins, tannins, high-molecular polysaccharides and triterpenoid monoesters [11]. It has been experimentally established that marigold flowers have bactericidal, anti-inflammatory, soothing and healing effects.

Sage extract (*Salvia officinalis*) contains coumarins, alkaloids, flavonoids, saponins, polyphenols, phenolic and flavonoid glycosides, sclareol, rosmarinic, gallic, chicory and ferulic acids, dihydroquercetin, rutin, coumarin, umbelliferone, salts of K, Ca, Fe, Mn, Zn, Li, Sn, essential oil [1, 5].

The active components of sage extract have a powerful antifungal, anti-inflammatory and soothing effect, have antioxidant properties, tighten pores, and are used in the fight against acne [16].

Yarrow extract (*A. chilea millefolium*) contains the alkaloid achilleine, volatile oils, sesquiterpene lactones, tannins, flavonoids, phytoncides, vitamins C and K, carotene, organic acids (isovaleric, formic, acetic), essential oil [4, 7]. It has anti-inflammatory, antioxidant, and wound-healing effects [13].

The chemical composition of *Callisia fragrans* extract is represented by different classes of compounds: carbohydrates, amino acids, organic acids, phenolic compounds, triterpene compounds and alkaloids. Palmitic, linoleic, oleic and linolenic acids, carotenoids (α -, β -

carotenes, neoxanthin, antheraxanthin), chlorophylls (a and b), ascorbic acid and anthocyanins [9], as well as salicylic, vanillic and chlorogenic acids, phytol, vanillin, biformene, squalene, lupeol and betulin [3] have been found.

Gallic, caffeic, chicory, and ferulic acids, quercetin, kaempferol, umbelliferone, scopoletin, and aloe-emodin were identified among the phenolic compounds. The data obtained indicate the presence of antioxidant activity due to the presence of phenolic compounds and ascorbic acid [6].

When used in topical products, the main challenge is instability caused by external factors (such as oxygen, temperature, and light) during transportation and storage, which affects the product's shelf life. In this regard, microencapsulation has shown great potential for increasing the stability of biologically active substances.

Materials and methods

The aim of the research was to study the influence of the hydromodulus values (the ratio of “raw material (g): extractant (ml)”) on the physicochemical parameters of various extracts of biologically active substances of selected plants and to optimize the parameters of the process of obtaining sodium alginate microcapsules with plant extracts.

The following raw materials were used as research objects for the preparation of plant extracts:

- crushed calendula flowers, produced by Krasnogorskleksredstva, Krasnogorsk, Reg. No.: LP-003154;
- crushed sage leaves, produced by Krasnogorskleksredstva, Krasnogorsk, Reg. No.: LSR-005376/07;
- crushed yarrow herb, produced by Krasnogorskleksredstva, Krasnogorsk, Reg. No.: LP-004327;
- the above-ground part of fragrant callisia, produced by the experimental farm of the Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov, Saratov.

For the initial stage of the research, the following extraction process parameters were selected: temperature 50°C. The water-to-water ratios were 1:5, 1:10, and 1:15. The maceration extraction procedure lasted 2 hours. Distilled water was used as the extractant.

To prepare microcapsules, food grade sodium alginate, CAS 9005-38-3, and food grade anhydrous calcium chloride, CAS 10043-52-4 were used.

Results and discussion

To study the dynamics of the extraction process, the following physicochemical parameters were used: pH of the medium, mass fraction of dry substances (%), freezing temperature (°C), optical density (D), antioxidant activity (AOA, mM trolox).

Tables 1, 2, 3 and 4 present experimental data reflecting the dynamics of changes in the physicochemical parameters of plant extracts with hydraulic module values of 1:5, 1:10 and 1:15.

Table 1. Physical and chemical properties of calendula extract at different hydromodules

N o.	Hydro-module	pH of the environment	Mass fraction of dry matter, %	Freezing point, ° C	Optical density, D	AOA, Mm trolox
1	1:15	5.28	2.9	-0.407	7.35	3.87
2	1:10	5.23	4.2	-0.561	11.35	5.40
3	1:5	5.1	5.5	-1,123	15.79	11.4

Source: compiled by the authors by authors

Table 2. Physical and chemical properties of Callisia fragrans extract at different hydromodules

No.	Hydro-module	pH of the environment	Mass fraction of substances, %	Freezing point, ° C	Optical density, D	AOA, mM Trolox
1	1:15	5.83	0.1	-0.038	3.4	1.2
2	1:10	5.76	0.7	-0.058	5.9	2.6
3	1:5	5.68	0.9	-0.103	7.3	4.7

Source: compiled by the authors by authors

Table 3. Physical and chemical properties of yarrow extract at different hydromodules

No.	Hydro-module	pH of the environment	Mass fraction of substances, %	Freezing point, ° C	Optical density, D	AOA, mM Trolox
1	1:15	5.6	1.6	-0.188	4.66	5.2
2	1:10	5.55	2.25	-0.248	4.86	5.3
3	1:5	5.49	4.1	-0.475	4.89	10.6

Source: compiled by the authors by authors

Table 4. Physical and chemical properties of sage extract at different hydromodules

No.	Hydro-module	pH of the environment	Mass fraction of substances, %	Freezing point, ° C	Optical density, D	AOA, mM Trolox
1	1:15	6.39	1.9	-0.169	7.79	10.1
2	1:10	6.32	2.9	-0.241	10.55	19.1
3	1:5	6.13	4.2	-0.456	18.04	36.8

Source: compiled by the authors by authors

Based on the results of studies of the physicochemical properties of plant extracts, it can be concluded that the optimal hydromodulus in terms of the dynamics of increase in dry matter and optical density is 1:10.

A further increase in the hydromodulus did not lead to a significant increase in the mass fraction of dry substances in the extracts, optical density and antioxidant activity and increased the consumption of raw materials.

Extracts of yarrow and fragrant callisia were characterized by a reduced dry matter content, high raw material consumption and relatively low antioxidant activity values, therefore extracts of calendula and sage were selected for further research.

Encapsulation of plant extracts of calendula and sage was carried out on an experimental setup for microencapsulation of colloidal raw materials II 0.35-1.5 (OOO MZTA, Murom) at a disperser drive speed of 2000 rpm.

The morphological features and sizes of hydrated microcapsules were analyzed using an Axio ZOOM.V16 light microscope (Carl Zeiss Microscopy, Oberkochen, Germany) with a magnification of x50.

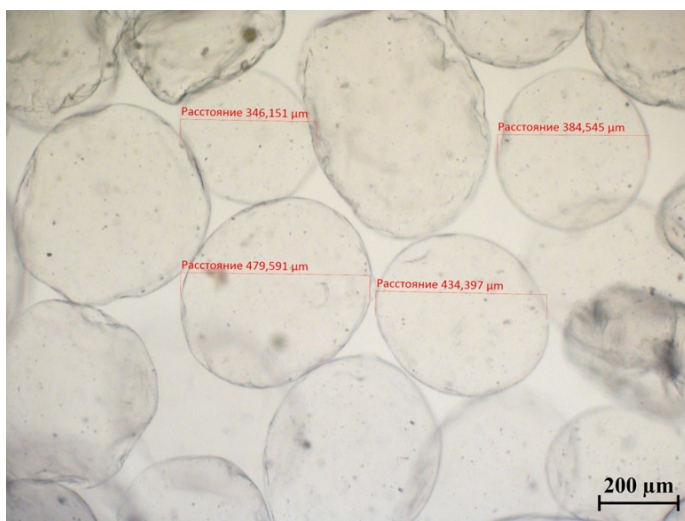


Figure 1. Appearance of sodium alginate microcapsules with calendula extract

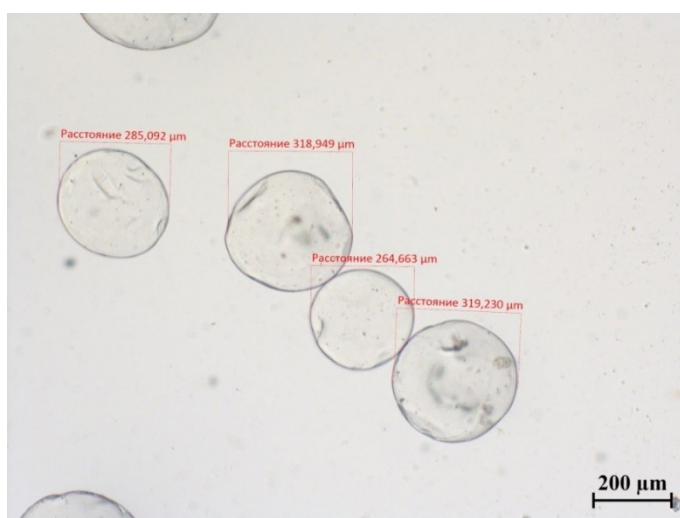


Figure 2. Appearance of sodium alginate microcapsules with sage extract

Microscopy analysis of microcapsule samples containing calendula and sage plant extracts showed an average size of 280 to 500 micrometers at an optimal sodium alginate solution flow rate of 2.5 ml/min and a CaCl₂ concentration in the curing solution of 1.5%.

Increasing the flow rate above 2.5 ml/min resulted in increased sodium alginate consumption and deterioration of the microcapsule formation process in the microencapsulation unit.

Conclusion

According to the results of the experiments, the optimal hydraulic module is 1:10. A further increase in the content of medicinal plants in the solution did not lead to a significant increase in dry matter, optical density and antioxidant activity and increased the consumption of raw materials.

Samples of yarrow and fragrant callisia extracts were found to have low dry matter content and antioxidant activity, so it was decided not to conduct further studies with these extracts.

The parameters of microencapsulation were established with an optimal flow rate of sodium alginate solution of 2.5 ml/min and a CaCl₂ concentration in the hardening solution of 1.5%.

The research has shown that microencapsulated extracts of calendula and sage can be used in the production of cosmetics and functional food products.

Список источников

1. Аминова, М.З. Антибактериальные и противовоспалительные свойства лекарственного растения Шалфей / М.З. Аминова, И.ДЖ. Кароматов // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина». 2018. № 10. С. 41–55.
2. Ахметьянов, Р.Т. Тысячелистник обыкновенный (*achillea millefolium* L.) в качестве основы для продуктов функционального назначения / Р.Т. Ахметьянов, З.М. Хасанова, Л.А. Хасанова // Вестник Башкирского Государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2019. №1. С. 6–11
3. Кондратьева, В.В. *Callisia fragrans* (Lindl.) Woodson как продуцент физиологически активных соединений / В.В. Кондратьева, Д.В. Курилов, Т.В. Воронкова [и др.] // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: тез. докл. межд. конф. Сыктывкар. 2007. С. 366–368
4. Константинов, Ю. Ю. Тысячелистник, кипрей. Природные лекарства. / Ю. Ю. Константинов // Центрполиграф. 2014. С. 160.
5. Косман, В.М. Изучение состава биологически активных веществ сухих экстрактов эхинацеи узколистной и шалфея лекарственного / В.М. Косман, О.Н. Пожарицкая, А.Н. Шиков // Химия растительного сырья. 2012. №1. С. 153–160.
6. Оленников, Д.Н. Химический состав сока каллизии душистой (*Callisia fragrans* wood.) и его антиоксидантная активность (in vitro) / Д.Н. Оленников, И.Н. Зилфикаров, А.А. Торопова // Химия растительного сырья. 2008. №4. С. 95–100.
7. Раделов, С. Ю. Все о лекарственных растениях / С. Ю. Раделов // Санкт-Петербург ООО «СЗКЭО». 2016. С. 192.
8. Семенова, Е.В. Биологически активные вещества лекарственных растений, применяемые в медицине и косметологии для поддержания здоровья и красоты кожи. / Е.В. Семенова, Е.В. Почечуева//Международный студенческий научный вестник. 2025. № 2. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=21824> (дата обращения: 12.05.2025)
9. Черненко, Т.В. Химическое исследование *Callisia fragrans* / Т.В. Черненко, Н.Т. Ульченко, А.И. Глушенкова // Химия природных соединений. – 2007. – №3. – С. 212–213
10. Anti-Inflammatory Activity of *Calendula officinalis* L. Flower Extract Diva Silva. // Ferreira, M., Sousa-Lobo, J., Cruz, M. // Cosmetics. 8 (31), P. 2-7, 2021. URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics8020031> (date of request: 05/12/2025).
11. Botanicals in dermatology: an evidence-based review // Reuter, J., Merfort, I., Schempp, CM. // Am J Clin Dermatol. 11(4), P. 247-67, 2010.
12. Evaluation of Antioxidant, Anti-inflammatory and Anti-arthritis Activities of Yarrow (*Achillea millefolium*) // Mohamed, D., Hanfy, E., Fouda, K. // Journal of Biological Sciences. P. 317-328, 2018.
13. Innovations in natural ingredients and their use in skin care // Fowler, JF. Jr, Woolery-Lloyd, H., Waldorf, H. // Drugs Dermatol. 9(6), P. 72-81, 2010.
14. Natural products and extracts from plants as natural UV filters for sunscreens: A review. // Li, .L, Chong, L., Huang, .T. // Animal Model Exp Med. 6(3), P.183-195, 2023.
15. Phytotherapeutic use of medicinal plant raw materials in cosmetology // Semenova, E., Abapolova, I., Belinskaya, R. // International Journal of Applied and fundamental research. № 10, P. 43-48, 2023.

References

1. Aminova, M.Z. Antibakterial'nye i protivovospalitel'nye svoistva lekarstvennogo rasteniya Shalfei / M.Z. Aminova, I.DZH. Karomatov // Ehlektronnyi nauchnyi zhurnal «Biologiya i integrativnaya meditsina». 2018. № 10. S. 41–55.
2. Akhmet'yanov, R.T. Tysyachelistnik obyknovennyi (*achillea millefolium* L.) v kachestve osnovy dlya produktov funktsional'nogo naznacheniya / R.T. Akhmet'yanov, Z.M. Khasanova, L.A. Khasanova // Vestnik Bashkirskogo Gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. M. Akmully. 2019. №1. S. 6–11

3. Kondrat'eva, V.V. *Callisia fragrans* (Lindl.) Woodson kak produtsent fiziologicheskii aktivnykh soedinenii / V.V. Kondrat'eva, D.V. Kurilov, T.V. Voronkova [i dr.] // *Sovremennaya fiziologiya rastenii: ot molekul do ehkositsem: tez. dokl. mezhd. konf. Syktyvkar. 2007. S. 366–368*
4. Konstantinov, YU. YU. Tysyachelistnik, kiprei. Prirodnye lekarstva. / YU. YU. Konstantinov. Tsentrpoligraf. 2014. S. 160.
5. Kosman, V.M. Izuchenie sostava biologicheskii aktivnykh veshchestv sukhikh ehkstraktov ehkhinatsei uzkolistnoi i shalfeya lekarstvennogo / V.M. Kosman, O.N. Pozharitskaya, A.N. Shikov. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2012. №1. S. 153–160.
6. Olennikov, D.N. Khimicheskii sostav soka kallizii dushistoi (*Callisia fragrans* wood.) i ego antioksidantnaya aktivnost' (in vitro) / D.N. Olennikov, I.N. Zilfikarov, A.A. Toropova. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2008. №4. S. 95–100.
7. Radelov, S. YU. Vse o lekarstvennykh rasteniyakh / S. YU. Radelov // *Sankt-Peterburg OOO «SZKEHO»*. 2016. S. 192.
8. Semenova, E.V. Biologicheskii aktivnye veshchestva lekarstvennykh rastenii, primenyaemye v meditsine i kosmetologii dlya podderzhaniya zdorov'ya i krasoty kozhi. / E.V. Semenova, E.V. Pochechueva. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*. 2025. № 2. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=21824> (data obrashcheniya: 12.05.2025)
9. Chernenko, T.V. Khimicheskoe issledovanie *Callisia fragrans* / T.V. Chernenko, N.T. Ul'chenko, A.I. Glushenkova. *Khimiya prirodnkh soedinenii*. 2007. №3. S. 212–213
10. Anti-Inflammatory Activity of *Calendula officinalis* L. Flower Extract *Diva Silva*. // Ferreira, M., Sousa-Lobo, J., Cruz, M. *Cosmetics*. 8 (31), P. 2-7, 2021. URL: <https://doi.org/10.3390/cosmetics8020031> (date of request: 05/12/2025).
11. Botanicals in dermatology: an evidence-based review // Reuter, J., Merfort, I., Schempp, CM. *Am J Clin Dermatol*. 11(4), P. 247-67, 2010.
12. Evaluation of Antioxidant, Anti-inflammatory and Anti-arthritis Activities of Yarrow (*Achillea millefolium*) // Mohamed, D., Hanfy, E., Fouda, K. *Journal of Biological Sciences*. P. 317-328, 2018.
13. Innovations in natural ingredients and their use in skin care // Fowler, JF. Jr, Woolery-Lloyd, H., Waldorf, H. *Drugs Dermatol*. 9(6), P. 72-81, 2010.
14. Natural products and extracts from plants as natural UV filters for sunscreens: A review. // Li, .L, Chong, L., Huang, .T. *Animal Model Exp Med*. 6(3), P.183-195, 2023.
15. Rhytotherapeutic use of medicinal plant raw materials in cosmetology // Semenova, E., Abapolova, I., Belinskaya, R. *International Journal of Applied and fundamental research*. № 10, P. 43-48, 2023.

Информация об авторах

Вилинская Светлана Валерьевна, аспирант кафедры прикладной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, г. Ставрополь, улица Пушкина, 1, тел.: 8-918-745-79-52, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0001-0771-7798>, e-mail: ivsv2014@yandex.ru;

Омельянчук Павел Анатольевич, кандидат биологических наук, директор ООО НПО «СайТЭК», 356240, г. Михайловск, ул. Привокзальная, 3, тел. 8-988-768-61-11, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0004-7820-4801>, e-mail: pa0@gercyna.ru.

Лодыгин Алексей Дмитриевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой прикладной биотехнологии, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории пищевой и промышленной биотехнологии, факультет пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, г. Ставрополь, улица Пушкина, 1, тел.: 8-928-826-39-18, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>, e-mail: allodygin@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации..

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Svetlana V. Vilinskaya, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0001-0771-7798>, postgraduate student of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and

Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov, North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Pushkin Street, 1 tel.: 8-918-745-79-52, e-mail: ivsv2014@yandex.ru.

Pavel A. Omelyanchuk, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0004-7820-4801>, Candidate of Biological Sciences, director of JSC NPO «SCITECH», 356240, Mikhailovsk, tel.: 8-988-768-61-11, e-mail: pao@gercyna.ru.

Aleksey D. Lodygin, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8460-2954>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Chief Researcher of the Research Laboratory of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology named after Academician A.G. Khramtsov North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Pushkin Street, 1, tel.: 8-928-826-39-18, e-mail: allodygin@yandex.ru.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.