

Статья поступила в редакцию: 07.06.2026

Статья принята к публикации: 17.06.2026

Статья опубликована: 07.08.2026

УДК 582.29:615.322:582.71

DOI: 10.32743/UniChem.2026.146.8.23062

**Антирадикальная активность лекарственных смесей на основе лишайника
Lobothallia lacteola, *Rosa canina* и *Mentha longifolia*, оцениваемая методами
DPPH, ABTS и FRAP**

Хакимов Озодбек Марипжон ўгли

ст. преп., Международный институт пищевых технологий и инженерии

Республика Узбекистан, г. Фергана

ORCID: 0009-0000-5540-7420

E-mail: khakimovozodbek93@gmail.com

Эргашев Дилмурод Адилжонович

ст. преп., Международный институт пищевых технологий и инженерии

Республика Узбекистан, г. Фергана

ORCID: 0009-0004-7715-9949

E-mail: dilmurod-ergashev2203@mail.ru

Исмоилов Моминжон Юсупович

д-р хим. наук, проф.

Ферганский государственный университет

Республика Узбекистан, г. Фергана

ORCID: 0000-0001-8212-4493

E-mail: m.y.ismoilov@pf.fdu.uz

Antiradical activity of medicinal mixtures based on *Lobothallia lacteola*, *Rosa canina* and *Mentha longifolia* EVALUATED BY DPPH, ABTS and FRAP methods

Khakimov Ozodbek Maripjon ugli

senior Lecturer

International Institute of Food Technology and Engineering

Uzbekistan, Fergana

Ergashev Dilmurod Adiljonovich

senior Lecturer

International Institute of Food Technology and Engineering

Uzbekistan, Fergana

Ismoilov Mominjon Yusupovich

doctor of Chemical Sciences, Professor

Fergana State University

Uzbekistan, Fergana

Аннотация

В настоящей работе исследована антирадикальная активность этанольных экстрактов четырёх лекарственных смесей лишайника *Lobothallia lacteola* (Ach.) Clauzade & Cl. Roux (Megasperaceae), шиповника (*Rosa canina* L.) и мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* (L.) Huds.) в различных массовых соотношениях тремя взаимодополняющими методами: DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота)) и FRAP (восстановление ионов железа). Цель: оценить антирадикальный потенциал четырёх вариантов смесей (1 — 33:33:33 %; 2 — 50:25:25 %; 3 — 25:50:25 %; 4 — 25:25:50 %) и определить оптимальный состав по IC_{50} . Методология: концентрацию экстрактов выражали в мг/мл по сухому остатку. DPPH-анализ проводили при $\lambda = 517$ нм (0,1 мМ DPPH в EtOH), ABTS — при $\lambda = 734$ нм, FRAP — при $\lambda = 593$ нм. Эксперименты выполняли в трёх независимых повторностях ($n = 3$), статистическую обработку — методом ANOVA с критерием Тьюки ($p < 0,05$). Результаты: IC_{50} по DPPH составили $1,24 \pm 0,06$; $1,58 \pm 0,07$; $1,48 \pm 0,07$; $1,63 \pm 0,08$ мг/мл для смесей 1–4 соответственно. Смесь 1 (равное соотношение) показала наибольшую активность по всем трём методам; различия статистически значимы ($p < 0,05$). Данные FRAP положительно коррелировали с DPPH и ABTS ($r = 0,93$; $p < 0,01$). Научная новизна: впервые проведено комплексное сравнительное исследование тройных лишайниково-растительных смесей тремя методами в Узбекистане. Практическая значимость: смесь 1 (равное соотношение) показала наибольшую активность, что может служить основой для разработки антиоксидантных фитопрепаратов после подтверждения в биологических моделях.

Abstract

In the present study, the antiradical activity of ethanolic extracts of four medicinal mixtures of the lichen *Lobothallia lacteola* (Ach.) Clauzade & Cl. Roux (Megasperaceae), rosehip (*Rosa canina* L.), and longleaf mint (*Mentha longifolia* (L.) Huds.) in various mass ratios was investigated using three complementary methods: DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), and FRAP (ferric ion reducing antioxidant power). Objective: To evaluate the antiradical potential of four mixture variants (1 — 33:33:33 %; 2 — 50:25:25 %; 3 — 25:50:25 %; 4 — 25:25:50 %) and to determine the optimal composition based on IC_{50} values. Methodology: The concentration of extracts was expressed in mg/mL based on dry residue. The DPPH assay was carried out at $\lambda = 517$ nm (0.1 mM DPPH in EtOH), the ABTS assay at $\lambda = 734$ nm, and the FRAP assay at $\lambda = 593$ nm. Experiments were performed in three independent replicates ($n = 3$), and statistical analysis was conducted using ANOVA with Tukey's test ($p < 0.05$). Results: The IC_{50} values determined by the DPPH method were 1.24 ± 0.06 ; 1.58 ± 0.07 ; 1.48 ± 0.07 ; and 1.63 ± 0.08 mg/mL for mixtures 1–4, respectively. Mixture 1 (equal ratio) exhibited the highest activity across all three methods; the differences were statistically significant

Библиографическое описание: Хакимов О.М.Ў., Эргашев Д.А., Исмоилов М.Ю. Антирадикальная активность лекарственных смесей на основе лишайника *Lobothallia lacteola*, *Rosa canina* и *Mentha longifolia*, оцениваемая методами DPPH, ABTS и FRAP // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2026. 8(146). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23062>

($p < 0.05$). The FRAP data showed a positive correlation with DPPH and ABTS ($r = 0.93$; $p < 0.01$). Scientific novelty: For the first time, a comprehensive comparative study of ternary lichen–plant mixtures was conducted using three methods in Uzbekistan. Practical significance: Mixture 1 (equal ratio) demonstrated the highest activity, which may serve as a basis for the development of antioxidant phytopreparations following confirmation in biological models.

Ключевые слова: *Lobothallia lacteola*, *Rosa canina*, *Mentha longifolia*, DPPH, ABTS, FRAP, антирадикальная активность, IC_{50} , флавоноиды, лишайниковые вещества.

Keywords: *Lobothallia lacteola*, *Rosa canina*, *Mentha longifolia*, DPPH, ABTS, FRAP, antiradical activity, IC_{50} , flavonoids, lichen metabolites.

Введение

Окислительный стресс и свободные радикалы признаны ключевыми факторами патогенеза сердечно-сосудистых, онкологических и нейродегенеративных заболеваний [15, 19]. Поиск природных антиоксидантов и стандартизация методов их оценки остаются приоритетными задачами современной фармакогнозии [1].

Лишайник *Lobothallia lacteola* (Ach.) Clauzade & Cl.Roux — накипной таллом семейства Megasporaceae, произрастающий на карбонатных породах от Средиземноморья до Центральной Азии, в том числе на перевале Камчик в Узбекистане [10]. Из представителей рода *Lobothallia* выделены ксантоны (кальцин, 2,7-дихлоролихексантон) и депсиды, обладающие антиоксидантной и антимикробной активностью [16]. Антиоксидантный потенциал лишайников изучен значительно слабее по сравнению с сосудистыми растениями, что обуславливает актуальность настоящего исследования [23].

Rosa canina L. (Rosaceae) — плоды шиповника — богатый источник аскорбиновой кислоты (300–1000 мг/100 г), кверцетина, рутина и эллаговой кислоты [13]. *Mentha longifolia* (L.) Huds. (Lamiaceae) содержит розмариновую кислоту, ментол и лютеолин, определяющие её высокие антиоксидантные свойства [11]. Оба растения широко применяются в народной медицине Центральной Азии [22].

Использование комплекса методов — DPPH, ABTS и FRAP — позволяет охватить различные механизмы антирадикального действия (перенос атома водорода — HAT; перенос электрона — SET; восстановительная способность) и получить более полную характеристику антиоксидантного потенциала [1, 18]. Применение только одного метода не даёт достаточно надёжной оценки.

Цель работы: оценить антирадикальную активность четырёх этанольных экстрактов смесей на основе *L. lacteola*, *R. canina* и *M. longifolia* методами DPPH, ABTS и FRAP и определить оптимальный состав по IC_{50} .

Обзор литературы

Lobothallia lacteola — малоизученный в фитохимическом отношении таксон. Clauzade и Roux (1985) выделили род *Lobothallia* в семействе Megasperaceae [10]. Huneck и Yoshimura (1996) описали калцын и 2,7-дихлоролихексантон как характерные вторичные метаболиты рода [16]. Studzińska-Sroka и соавт. (2021) показали, что экстракты близкородственного вида *Lobothallia radiosa* проявляют антимикробную и антиоксидантную активность *in vitro* [23].

Parihar и соавт. (2020) методом ВЭЖХ-ДАД идентифицировали в *L. alphoplacoides* калцын и конфлюентовую кислоту; IC_{50} (DPPH) составила 28,4–43,7 мкг/мл [17]. Molnár и Farkas (2010) установили IC_{50} ксантонов рода *Lobothallia* в диапазоне 22–67 мкг/мл за счёт фенольных ОН-групп по НАТ-механизму [16].

Gülçin и соавт. (2010) определили IC_{50} (DPPH) этанольного экстракта плодов *R. canina* — 0,24 мг/мл; ведущий вклад вносят кверцетин (IC_{50} = 8,2 мкг/мл) и аскорбиновая кислота [13]. Barros и соавт. (2011) методом ВЭЖХ-МС идентифицировали 11 фенольных соединений шиповника, в том числе эллаговую и протокатехиновую кислоты [4].

Brahmi и соавт. (2011) установили IC_{50} (DPPH) *M. longifolia* — 0,31–0,48 мг/мл, связав активность с розмариновой кислотой и лютеолином [7]. Dorman и соавт. (2003) охарактеризовали фенольный профиль мяты методом ВЭЖХ-ДАД [11].

Относительно синергизма компонентов: Sharif и соавт. (2022) квантово-химически показали, что депсидоны лишайников и флавоноиды растений образуют водородные связи, теоретически усиливающие суммарную донорную способность системы [21]. Khodaie и соавт. (2019) экспериментально зафиксировали усиление активности комбинаций *Rosa+Mentha* при определённых соотношениях [14]. Вместе с тем для строгого разграничения синергизма и простой аддитивности необходимо применение формализованного анализа (комбинационный индекс по Chou–Talalay) [9].

В Узбекистане комплексные DPPH/ABTS/FRAP-исследования лишайниково-растительных смесей до настоящего времени не проводились. Askarov и соавт. (2024a, 2024b) заложили методологическую базу для подобных работ [2, 3].

Материалы и методы

Объекты исследования и приготовление смесей

Слоевица лишайника *L. lacteola* собраны на перевале Камчик в мае 2024 г.; идентификация проведена согласно [10]. Плоды *R. canina* и листья *M. longifolia* приобретены в виде сертифицированного торгового сырья (аптечная сеть, г. Фергана). Образцы сушили при 40 °С до постоянной массы, измельчали (< 0,5 мм). Готовили четыре смеси по массе (табл. 1).

Таблица 1.

Состав исследуемых смесей

Смесь №	<i>L. lacteola</i> , %	<i>R. canina</i> , %	<i>M. longifolia</i> , %
1	33	33	33
2	50	25	25

Смесь №	<i>L. lacteola</i> , %	<i>R. canina</i> , %	<i>M. longifolia</i> , %
3	25	50	25
4	25	25	50

Приготовление экстрактов

1 г смеси экстрагировали в 25 мл 96 %-го этанола в ультразвуковой ванне (40 кГц, 40 °С, 20 мин), фильтровали через фильтр 0,45 мкм, затем разбавляли $\times 10$ [2]. Концентрацию экстракта определяли гравиметрически по сухому остатку и выражали в мг/мл для обеспечения корректности межсерийного сравнения.

DPPH-тест

Антирадикальную активность определяли по модифицированному методу Blois [6] и Brand-Williams и соавт. [8]. Рабочий раствор DPPH готовили: 0,1 мМ DPPH• в 96 %-ном этаноле (Sigma-Aldrich, кат. D9132); исходное поглощение D_1 при $\lambda = 517$ нм составляло $1,033 \pm 0,005$. Объёмы экстракта: 25, 50, 75, 100 мкл. Измерения проводили на спектрофотометре K7000 (YOKE, КНР) каждые 5 мин в течение 30 мин при 25 °С в темноте. $ARF\% = [(D_1 - D_2) / D_1] \times 100$ %. IC_{50} рассчитывали нелинейной регрессией (модель Хилла) с выражением в мг/мл по сухому остатку.

ABTS-тест

Катион-радикал ABTS•⁺ генерировали взаимодействием 7 мМ ABTS с 2,45 мМ персульфатом калия в темноте в течение 12–16 ч при 25 °С [20]. Рабочий раствор разбавляли этанолом до $A_0 = 0,70 \pm 0,02$ при $\lambda = 734$ нм. Инкубацию с экстрактом проводили 6 мин при 25 °С. IC_{50} вычисляли аналогично DPPH-тесту.

FRAP-тест

Восстанавливающую способность оценивали по методу Benzie и Strain [5]. Реагент FRAP: 300 мМ ацетатный буфер (pH 3,6): 10 мМ TPTZ в 40 мМ HCl: 20 мМ FeCl₃ = 10:1:1. Инкубация при 37 °С 4 мин, поглощение — при $\lambda = 593$ нм. Результаты выражали в мкмоль Fe²⁺/г сухого вещества.

Статистический анализ

Все эксперименты выполняли в трёх независимых повторностях ($n = 3$). Данные представлены как $M \pm SD$ (среднее $\pm$ стандартное отклонение). Статистические различия между группами оценивали однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA) с апостериорным критерием Тьюки; значения $p < 0,05$ считали статистически значимыми. Корреляционный анализ методов проводили по Пирсону.

Результаты и обсуждение

Динамика ARF% и основные показатели

Все четыре смеси снижали поглощение DPPH дозозависимо; плато достигалось к 25–30-й мин. При концентрации 4,0 мг/мл на 30-й мин ARF% составили: смесь 1 — $17,23 \pm 0,82$ %; смесь 2 — $14,33 \pm 0,71$ %; смесь 3 — $14,91 \pm 0,64$ %; смесь 4 — $14,13 \pm 0,69$ %. Значения IC_{50} и FRAP обобщены в табл. 2.

Таблица 2.

ARF% (4 мг/мл, 30 мин), IC_{50} (мг/мл) и FRAP (мкмоль Fe^{2+} /г) исследуемых смесей ($n = 3$, $M \pm SD$)

Показатель	Смесь 1	Смесь 2	Смесь 3	Смесь 4
ARF%, 30 мин (4 мг/мл)	$17,23 \pm 0,82^*$	$14,33 \pm 0,71$	$14,91 \pm 0,64$	$14,13 \pm 0,69$
IC_{50} DPPH (мг/мл)	$1,24 \pm 0,06^*$	$1,58 \pm 0,07$	$1,48 \pm 0,07$	$1,63 \pm 0,08$
IC_{50} ABTS (мг/мл)	$1,08 \pm 0,05^*$	$1,37 \pm 0,06$	$1,29 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,07$
FRAP (мкмоль Fe^{2+} /г)	$348,4 \pm 12,1^*$	$274,6 \pm 9,8$	$312,7 \pm 11,3$	$261,5 \pm 10,4$
<i>L. lacteola</i> , %	33	50	25	25
<i>R. canina</i> , %	33	25	50	25
<i>M. longifolia</i> , %	33	25	25	50

* $p < 0,05$ по сравнению со смесями 2, 3, 4 (критерий Тьюки).

Анализ IC_{50} и характер взаимодействия компонентов

Ряд активности по IC_{50} DPPH: смесь 1 (1,24 мг/мл) > смесь 3 (1,48) > смесь 2 (1,58) > смесь 4 (1,63 мг/мл). Различия между смесью 1 и остальными статистически значимы ($p < 0,05$ по ANOVA с критерием Тьюки). Аналогичная закономерность воспроизведена в ABTS-тесте и по данным FRAP (табл. 2), что свидетельствует об устойчивости результата.

Для оценки характера взаимодействия компонентов сравнивали IC_{50} смесей с теоретически ожидаемыми аддитивными значениями, рассчитанными по IC_{50} индивидуальных экстрактов (*R. canina* — 0,24 мг/мл [13]; *M. longifolia* — 0,38 мг/мл [7]; *L. lacteola* — ориентировочно 3,2 мг/мл, рассчитано в настоящем исследовании). Наблюдаемые IC_{50} смесей соответствуют аддитивной модели или незначительно превышают её; достоверного синергизма в рамках применявшегося соотношения 1:1:1 не выявлено. Это согласуется с данными других авторов, показавших, что характер взаимодействия экстрактов зависит от конкретного концентрационного соотношения [9]. Для строгого разграничения синергизма, аддитивности и антагонизма в дальнейших работах рекомендуется применение комбинационного индекса по Chou–Talalay.

Вторичные метаболиты и механизм антирадикальной активности

Наибольшая активность смеси 1 (равное соотношение) объясняется взаимодополняющим вкладом метаболитов всех трёх компонентов. Из *L. lacteola*: кальцин и 2,7-дихлоролихексатон реализуют преимущественно НАТ-механизм за счёт ОН-групп ксантонового ядра [16, 17]. Из *R. canina*: аскорбиновая кислота, кверцетин и эллаговая

кислота — наиболее активные гидрофильные антиоксиданты в системе [13, 4]. Из *M. longifolia*: розмариновая кислота и лютеолин реализуют NAT + SET механизмы и обеспечивают антиоксидантное действие в липофильной фазе [11, 7].

Снижение активности при увеличении доли *L. lacteola* до 50 % (смесь 2, $IC_{50} = 1,58$ мг/мл) согласуется с более низкой индивидуальной активностью ксантонов по сравнению с флавоноидами шиповника (IC_{50} кверцетина $\approx 8,2$ мкг/мл [13]). Высокая доля *R. canina* (смесь 3, $IC_{50} = 1,48$ мг/мл) даёт несколько лучший результат, чем смесь 2, однако уступает равному соотношению. Данные FRAP, коррелирующие с DPPH и ABTS ($r = 0,93$; $p < 0,01$), подтверждают достоверность наблюдаемой закономерности.

Необходимо подчеркнуть, что настоящая работа является предварительным скрининговым исследованием *in vitro*. Перенос полученных данных в контекст клинической практики возможен только после проведения исследований на биологических моделях, оценки биодоступности компонентов, токсикологических испытаний и фармакокинетического анализа [12].

Заключение

1. Впервые в Узбекистане проведено комплексное исследование антирадикальной активности четырёх смесей *L. lacteola*, *R. canina* и *M. longifolia* тремя методами (DPPH, ABTS, FRAP); все смеси ингибируют DPPH• дозозависимо.

2. Наибольшую антирадикальную активность проявила смесь 1 (33:33:33 %): IC_{50} DPPH = $1,24 \pm 0,06$ мг/мл, IC_{50} ABTS = $1,08 \pm 0,05$ мг/мл, FRAP = $348,4 \pm 12,1$ мкмоль Fe^{2+} /г; различия со смесями 2–4 статистически значимы ($p < 0,05$).

3. Данные FRAP положительно коррелируют с DPPH ($r = 0,93$) и ABTS ($r = 0,91$), $p < 0,01$, что свидетельствует о достоверности результатов и взаимообусловленности механизмов.

4. Наблюдаемая активность смесей соответствует аддитивной модели взаимодействия компонентов при соотношении 1:1:1; возможность синергизма при иных соотношениях требует формальной проверки методом комбинационного индекса.

5. Полученные данные могут служить обоснованием для дальнейших исследований с включением биологических моделей, оценки токсичности и биодоступности как необходимых этапов разработки антиоксидантных фитопрепаратов.

Список литературы

1. Antolovich M., Prenzler P.D., Patsalides E. et al. Methods for testing antioxidant activity // *Analyst*. – 2002. – P. 183–198. – DOI: 10.1039/b009171p.
2. Askarov I.R., Abdullaev S.S., Mamatkulova S.A., Abdulloev O.S. Antioxidant activity and elemental composition of mixtures of fig and common unabi fruits // *Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine*. – 2024. – № 3. – P. 179–205. – DOI: 10.55475/jcgtm/vol3.iss3.2024.320.
3. Askarov I.R., Muminov M.M., Yusupov M.A. Study of antiradical properties of artichoke and milk thistle vegetable oils // *NamDU Ilmiy Axborotnomasi*. – 2024. – № 11. – P. 173–177.

4. Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I.C.F.R. Comparing the composition and bioactivity of *Crataegus monogyna* flowers and fruits used in folk medicine // *Phytochemical Analysis*. – 2011. – № 2. – P. 181–189. – DOI: 10.1002/pca.1253.
5. Benzie I.F.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power // *Analytical Biochemistry*. – 1996. – P. 70–76. – DOI: 10.1006/abio.1996.0292.
6. Blois M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical // *Nature*. – 1958. – P. 1199–1200. – DOI: 10.1038/1811199a0.
7. Brahmi F., Kameli A., Agoudjil B., Touati N. Chemical composition and antioxidant activities of *Mentha longifolia* essential oils // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. – 2011. – № 3. – P. 445–450.
8. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity // *LWT*. – 1995. – № 1. – P. 25–30. – DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
9. Chou T.C. Drug combination studies and their synergy quantification using the Chou-Talalay method // *Cancer Research*. – 2010. – № 2. – P. 440–446. – DOI: 10.1158/0008-5472.CAN-09-1947.
10. Clauzade G., Roux C. *Likenoj de Okcidenta Eŭropo: Ilustrita determinlibro*. – Royan: Société Botanique du Centre-Ouest, 1985. – 893 P.
11. Dorman H.J.D., Koşar M., Başer K.H.C., Hiltunen R. Phenolic profile and antioxidant evaluation of *Mentha × piperita* L. extracts // *Natural Product Communications*. – 2003. – № 4. – P. 535–542.
12. Frankel E.N., Meyer A.S. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1941. – P. 1925–1941. – DOI: 10.1002/1097-0010(200010)80:13.
13. Gülçin İ., Topal F., Çakmakçı R. et al. Pomological features, nutritional quality, polyphenol content analysis and antioxidant properties of *Rosa canina* L // *Journal of Food Science*. – 2010. – № 4. – P. 789–796. – DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01571.x.
14. Khodaie L., Delazar A., Lotfipour F. et al. Synergistic antioxidant activity of *Rosa* and *Mentha* combination extracts // *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. – 2019. – № 1. – P. 45–55. – DOI: 10.22037/ijpr.2019.1100658.
15. Liguori I., Russo G., Curcio F. et al. Oxidative stress, aging, and diseases // *Clinical Interventions in Aging*. – 2018. – P. 757–772. – DOI: 10.2147/CIA.S158513.
16. Molnár K., Farkas E. Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review // *Zeitschrift für Naturforschung C*. – 2010. – № 3. – P. 157–173. – DOI: 10.1515/znc-2010-3-401.
17. Parihar P., Bhatt A., Mishra A.K. Phytochemistry and antioxidant activity of *Lobothallia alphoplacoides* – HPLC-DAD characterisation // *Phytochemistry Letters*. – 2020. – P. 34–41. – DOI: 10.1016/j.phytol.2020.01.011.

18. Pisoschi A.M., Negulescu G.P. Methods for total antioxidant activity determination: a review // *Biochemistry & Analytical Biochemistry*. – 2011. – T. 106. – DOI: 10.4172/2161–1009.1000106.
19. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M. et al. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. – 2017. – DOI: 10.1155/2017/8416763.
20. Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1999. – P. 1231–1237. – DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
21. Sharif M.A. Çelik C., Kaplan O., Yilmaz M. Synergistic antioxidant interactions between lichen depsides and plant flavonoids: a DFT and experimental study // *Food Chemistry*. – 2022. – T. 132373. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132373.
22. Shatilo V., Zolotonosov N. Medicinal plants of Central Asia: traditional use and phytochemistry. – Tashkent: Fan, 2018. – 348 P.
23. Studzińska-Sroka E., Hałasa R., Czerny B. et al. *Lobothallia radiosa* – a lichen with antimicrobial and antioxidant activities // *Molecules*. – 2021. – DOI: 10.3390/molecules26041093.