

УДК 577.355: 630*813.2: 582.28: 582.29
AGRIS F62

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/117/06>

ФОТОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА КОМБИНАЦИЙ ЭКСТРАКТОВ ИЗ МАКРОМИЦЕТОВ И ЛИШАЙНИКОВ

©Храмченкова О. М., ORCID: 0000-0002-6677-096X, SPIN-код: 2803-7509,
канд. биол. наук, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь, hramchenkova@gsu.by

PHOTOPROTECTIVE PROPERTIES OF MACROMYCETES AND LICHENS EXTRACTS COMBINATIONS

©Khramchankova V., ORCID: 0000-0002-6677-096X, SPIN-code: 2803-7509,
Ph.D., F. Scorina Gomel State University, Gomel, Belarus, hramchenkova@gsu.by

Аннотация. Экстрагировали метанолом плодовые тела макромицетов *Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus* и *Inonotus obliquus*, а также биомассу лишайников *Cladonia arbuscula*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* и *Ramalina pollinaria*. Создавали комбинации экстрактов из макромицетов и лишайников с общей концентрацией 200 мкг/мл. Экстракты из лишайников вводили в концентрациях, равных IC₅₀ для культуры кератиноцитов (НАСаТ), экстракты из грибов – до достижения 200 мкг/мл в растворе. Для созданных комбинаций экстрактов определяли показатели SPF, критическую длину волны, соотношение УФ-А/УФ-Б и процент ингибирования ДФПГ. Установлено, что введение экстрактов из лишайников в растворы экстрактов из макромицетов в 2÷4 раза повышает SPF; на 5÷15 нм снижает величину критической длины волны; на 10÷15% снижает величину УФ-А/УФ-Б. Антирадикальная активность в отношении ДФПГ как исходных экстрактов, так и комбинаций из них при концентрациях 200 мкг/мл снижается почти в 3 раза.

Abstract. Fruiting bodies of the macromycetes *Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, and *Inonotus obliquus*, as well as the biomass of the lichens *Cladonia arbuscula*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, and *Ramalina pollinaria*, were extracted with methanol. Combinations of extracts from macromycetes and lichens were created with a total concentration of 200 µg/ml. Extracts from lichens were introduced in concentrations equal to the IC₅₀ for keratinocyte culture (НАСаТ), and extracts from fungi were added until 200 µg/ml were reached in solution. SPF values, critical wavelength, UVA/UVB ratio, and DPPH inhibition percentage were determined for the created combinations of extracts. It has been established that the introduction of lichen extracts into solutions of macromycete extracts increases SPF by 2-4 times; reduces the critical wavelength by 5-15 nm; reduces the UVA/UVB value by 10-15%. Antiradical activity with respect to DPPH of both the original extracts and their combinations at concentrations of 200 µg/ml decreases almost 3 times.

Ключевые слова: культивируемые и дикорастущие грибы, лесные лишайники, метанольные экстракты, комбинации из экстрактов, фотозащитные свойства, SPF, критическая длина волны, отношение УФ-А/УФ-Б, антиоксидантные свойства, процент ингибирования ДФПГ.

Keywords: cultivated and wild mushrooms, forest lichens, methanol extracts, combinations of extracts, photoprotective properties, SPF, critical wavelength, UVA/UVB ratio, antioxidant properties, percentage of DPPH inhibition.

Ранее нами было показано наличие фотозащитных и антиоксидантных свойств у экстрактов из плодовых тел ряда видов культивируемых и дикорастущих макромицетов [1, 2], а также лесных лишайников [3, 4].

Оценена цитотоксичность изучаемых экстрактов в отношении клеточной культуры кератиноцитов человека НАСаТ [4, 5].

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей.

В результате было установлено, что экстракты из плодовых тел грибов, полученные с использованием органических растворителей, зачастую «не дотягивают» до показателей фотозащитности, будучи при этом антиоксидантами средней силы, не токсичными для кератиноцитов человека. Экстракты из лишайников зачастую цитотоксичны, а, будучи разведенными до полулетальных концентраций (IC_{50}) в отношении культуры НАСаТ, не являются собственно фотозащитными. Нужно отметить, что при упомянутых разведениях антиоксидантная активность экстрактов из лишайников снижается примерно наполовину. На основании полученных данных возникла идея получения комбинаций экстрактов из грибов и лишайников с последующим определением их фотозащитных и антиоксидантных свойств.

Целью настоящего исследования было экстрагирование по Сокслету четырех видов макромицетов и четырех видов лишайников с последующим созданием комбинаций экстрактов и оценкой их фотозащитных и антиоксидантных свойств.

Материал и методы исследования

Экстрагировали измельченную воздушно-сухую биомассу плодовых тел следующих видов получали метанольные экстракты из следующих видов грибов: Трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Fr.); Трутовик лакированный (*Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst.), гриб Рейши; Ежовик гребенчатый (*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers.), «обезьянья голова» и Трутовик скошенный (*Inonotus obliquus* ((Fr.) Pilát), чага. Аналогичным образом получали метанольные экстракты из лесных лишайников: Кладония лесная (*Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot.); Эверния сливовая (*Evernia prunastri* (L.) Ach.); Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) и Рамалина пыльцеватая (*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.). Растворитель удаляли, сухие экстракты использовали для дальнейших исследований.

Определение параметров фотозащиты. Экстракты из лишайников разводили в этаноле в концентрациях, равных IC_{50} для НАСаТ [6]. С ними комбинировали растворы экстрактов из макромицетов в этаноле таким образом, чтобы суммарная концентрация комбинации экстрактов была равна 200 мкг/мл. Именно такую концентрацию рекомендовано использовать для спектрофотометрического определения величин солнцезащитного фактора, критической длины волны ($\lambda_{крит}$) и показателя широты фотозащиты в диапазонах ультрафиолета Б (280÷320 нм) и ультрафиолета А (320÷400 нм) [7, 8].

Если в комбинацию вводили экстракты из двух видов лишайников, доля грибного экстракта снижалась на соответствующую величину.

Определение антиоксидантной активности. Использовали ДФПГ-тест. Исходный раствор 1,1-дифенил-2-пикрилгидразида (ДФПГ) разводили этанолом до концентрации 0,5 мМ/л, что примерно соответствует 200 мкг/мл. Комбинации испытуемых экстрактов создавали описанным выше способом. Равные объемы (2 мл) растворов ДФПГ и анализируемых комбинаций экстрактов смешивали, инкубировали 30 мин в темноте при

комнатной температуре, после чего измеряли оптическую плотность растворов при 517 нм. Процент ингибирования DPPH вычисляли по формуле: $I\% = \frac{A_c - A_s}{A_c} \cdot 100$, где, A_c – оптическая плотность «холостой» пробы; A_s – оптическая плотность образца.

Все спектрофотометрические измерения производили на УФ-спектрофотометре Solar PB 2201, измерительные кюветы — кварцевые.

Решение о группирующем признаке для создания комбинаций экстрактов из макромицетов и двух видов лесных лишайников принимали на основе химического состава их вторичных метаболитов с использованием данных (<https://lichenportal.org>):

C. arbuscula: фумарпротоцеттаровая, протоцеттаровая и усниновая кислоты;

E. prunastri: усниновая и эверновая кислоты, атранорин и хлоратранорин;

H. physodes: атранорин и хлоратранорин, физодовая, 3-гидроксифизодовая, физодоловая, 2'-О-метилфизодовая и протоцеттаровая кислоты;

R. pollinaria: усниновая, эверновая и обтузатовая кислоты.

Очевидно, что только в случае комбинирования экстрактов из *H. physodes* с перечисленными выше сохраняется вероятность избегания получения цитотоксичных смесей, где к усниновой кислоте из *C. arbuscula* может добавиться она же из *E. prunastri* или *R. pollinaria*, или произойдет суммирование эверновой кислоты из *E. prunastri* и *R. pollinaria*. Поэтому к комбинациям, содержащим экстракты из *C. arbuscula*, *E. prunastri*, и *R. pollinaria*, добавляли экстракты из *H. physodes*.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты представлены на Рисунках 1-4 с использованием следующих обозначений: А – анализируемый раствор содержал только экстракт из определенного вида макромицетов, 200 мкг/мл; Б – в раствор экстракта из определенного вида макромицетов вводили экстракт из лишайника: Б(а) – из *C. arbuscula*; Б(б) – из *E. prunastri*; Б(в) – из *R. pollinaria*; Б(г) – из *H. physodes*; В – в раствор экстракта из определенного вида макромицетов вводили экстракты из двух видов лишайников в полулетальной для кератиноцитов концентрации (вторым экстрактом был метанольный из *H. physodes*): В(а) – из *C. arbuscula*; В(б) – из *R. pollinaria*.

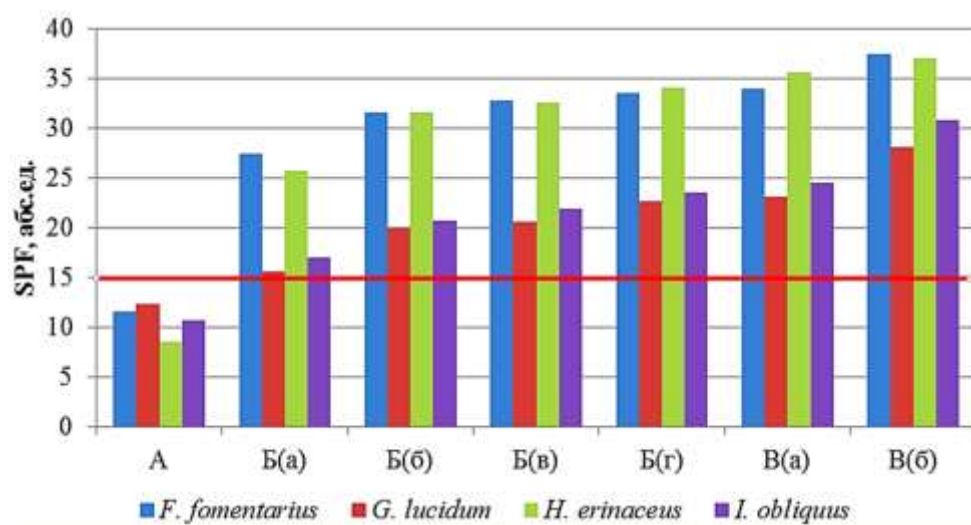


Рисунок 1. Влияние состава комбинаций экстрактов из макромицетов и лишайников на величину фотозащиты в области УФ-Б

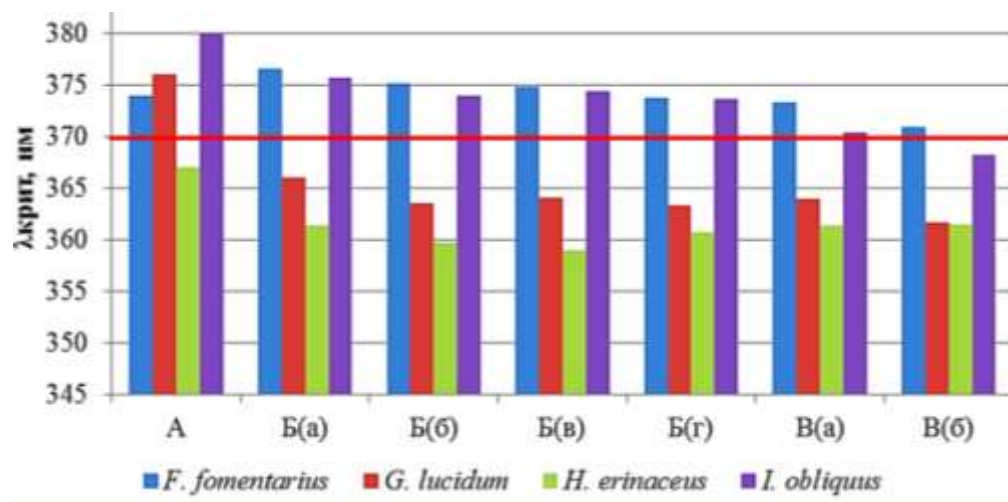


Рисунок 2. Влияние состава комбинаций экстрактов из макромицетов и лишайников на величину фотозащиты в области УФ-А

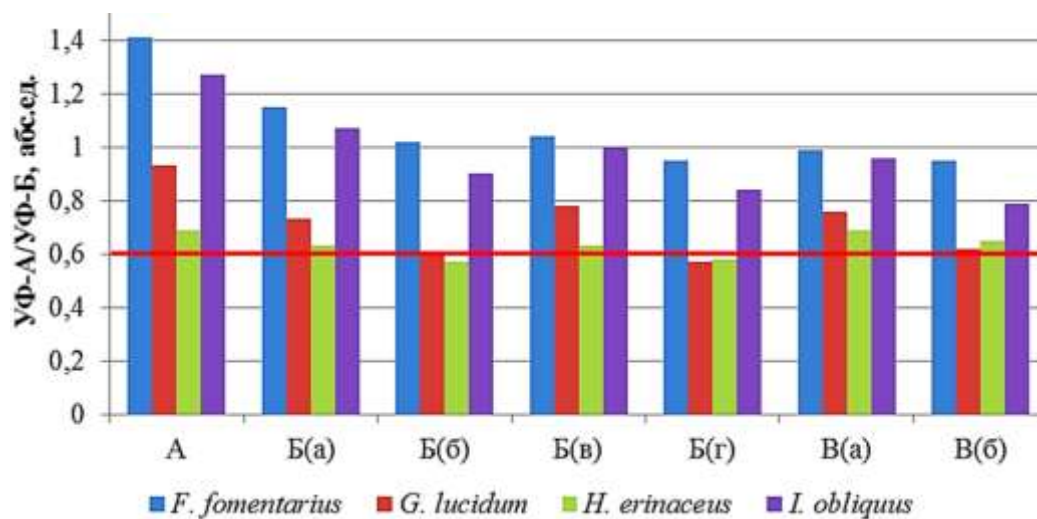


Рисунок 3. Влияние состава комбинаций экстрактов из макромицетов и лишайников на широту фотозащитных свойств в ультрафиолетовом диапазоне

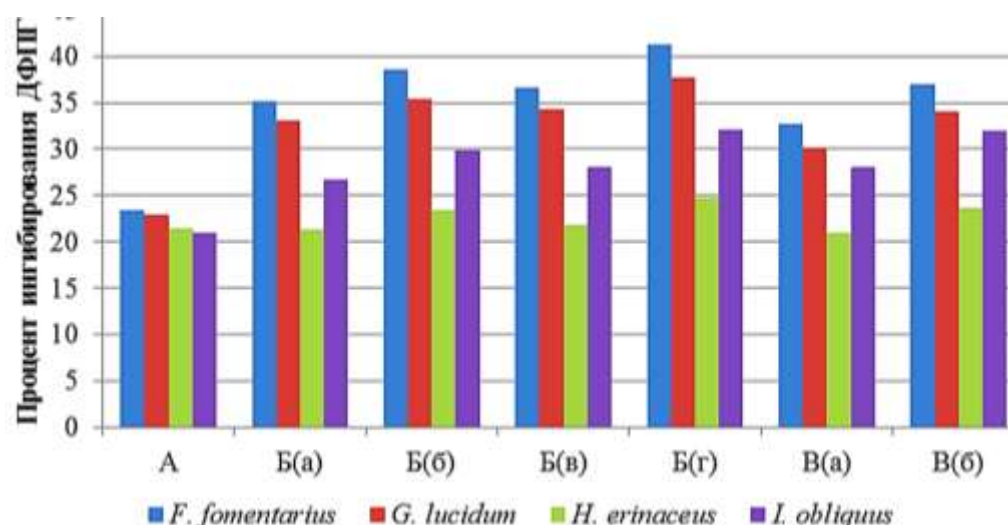


Рисунок 4. Ингибирование радикала ДФПГ комбинациями экстрактов из базидиомицетов и лишайников

Установлено, что при смешивании растворов экстрактов из макромицетов и лишайников можно существенно (в 2÷4 раза) повысить величину фотозащиты комбинаций экстрактов в области УФ-Б, которую характеризует показатель SPF (Рисунок 1). По сути дела, экстракты из макромицетов из категории субстанций со средним уровнем фотозащиты ($SPF = 8 \div 12$) сразу переходят в разряд средств с высоким ($SPF = 15 \div 25$) и даже очень высоким ($SPF = 30 \div 50$) уровнем [7].

В ряде случаев довольно существенную прибавку к росту фотозащитности создаваемых комбинаций экстрактов дает введение в субстанцию экстрактов из двух видов лишайников.

Камнем преткновения при создании фотозащитных субстанций является показатель $\lambda_{\text{крит}}$, так как только средства с длиной $\lambda_{\text{крит}}$ более 370 нм и величиной SPF, превышающей 15,0 признаются солнцезащитными [9].

Комбинирование экстрактов из макромицетов с таковыми из лишайников существенно снижает данный показатель так, что величина $\lambda_{\text{крит}}$ становится меньше 370 нм (Рисунок 2). По нашим данным, сказанное относится прежде всего к экстрактам из культивируемых видов грибов – *G. lucidum* и *H. erinaceus*, в отличие от дикорастущих трутовиков *F. fomentarius* и *I. obliquus*. По-видимому, перспективным для создания изучаемых комбинаций экстрактов из макромицетов являются те из них, чьи показатели $\lambda_{\text{крит}}$ достаточно велики (при невысоких SPF), чтобы «выдержать» введение экстрактов из лишайников, хорошо поглощающих УФ-Б и крайне слабо – УФ-А. В наших исследованиях такими экстрактами оказались метанольные из *F. fomentarius* и *I. obliquus*, причем введение в систему экстрактов из двух видов лишайников, сильно повышая SPF, так же существенно понижало величину $\lambda_{\text{крит}}$.

Поскольку введение экстрактов из лишайников в создаваемую фотозащитную субстанцию улучшает ее поглотительную активности в области УФ-Б, не изменяя таковой в области УФ-А, соответственно уменьшается и величина широты защитных свойств, обозначаемая как УФ-А/УФ-Б (Рисунок 3). Создаваемые комбинации экстрактов из максимальных ($\geq 0,8$) переместились в группу превосходных ($0,6 \div 0,8$) [9, 10]. Особенно существенно такое перемещение проявилось при введении в создаваемую субстанцию экстрактов из двух видов лишайников.

Определение антиоксидантных свойств фотозащитных комбинаций экстрактов из макромицетов и лишайников в ныне действующих протоколах анализа практически лишено смысла, так как получаемые результаты не могут быть сопоставлены с данными других исследователей, где изучались антиоксидантные свойства тем же методом тех же экстрактов из грибов и лишайников, но взятых по отдельности, и безотносительно их фотозащитных свойств.

Подавляющее большинство имеющихся данных об ингибировании радикала ДФПГ в растворах изучаемых экстрактов получено при концентрациях ключевых реагентов не менее 1 мг/мл, тогда как протокол определения фотозащитных свойств субстанции предполагает концентрацию 200 мкг/мл, то есть в 5 раз меньше. Поэтому данные, представленные на рисунке 4, следует рассматривать именно с этой позиции: все они получены для растворов с конечной концентрацией 200 мкг/мл, в силу чего их антиоксидантная активность невелика.

Заключение

Метанольные экстракты из культивируемых грибов *G. lucidum* и *H. erinaceus*, а также дикорастущих *F. fomentarius* и *I. obliquus* не являются фотозащитными, но обладают довольно высокой антирадикальной активностью в отношении ДФПГ. При создании

комбинаций данных экстрактов с экстрактами из лишайников *C. arbuscula*, *E. prunastri*, *H. physodes* и *R. pollinaria* получили субстанции с фотозащитными свойствами, но невысокой антиоксидантной активностью. Наиболее перспективными являются экстракты из *F. fomentarius* и *I. obliquus*.

Финансирование: Исследование проводилось в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Радиация и биологические системы», задание 10.3.03.01, №ГР 20211714.

Список литературы:

1. Храмченкова О. М. Спектрофотометрическая оценка фотозащитных и антиоксидантных свойств экстрактов из плодовых тел культивируемых видов грибов // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 268–277. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240413038>
2. Храмченкова О. М. Фотозащитные свойства экстрактов из плодовых тел макромикетов // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2022. № 6 (135). С. 61–65.
3. Храмченкова О. М. Фотозащитные свойства экстрактов из пяти видов лишайников // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2018. №6(111). С. 40–47.
4. Храмченкова О. М. Антиоксидантные и цитотоксические свойства экстрактов из лишайников. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. 224 с.
5. Храмченкова О. М. Фотозащитные, антиоксидантные и цито-токсические свойства экстрактов из двух видов полипоровых грибов // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2023. №6(141). С. 57–61.
6. Матвеевков М. В., Храмченкова О. М., Чешик И. А. Цитотоксические и фотомодифицирующие свойства экстрактов из распространенных лишайников юго-востока Беларуси // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2022. Т. 6. №1. С. 65–75. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-1-65-75>
7. Sayre R. M., Stanfield J., Bush A. J., Lott D. L. Sunscreen standards tested with differently filtered solar simulators // Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine. 2001. V. 17. №6. P. 278-283. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2001.170606.x>
8. Donglikar M. M., Deore S. L. Sunscreens: A review // Pharmacognosy Journal. 2016. V. 8. №3. P. 171-179. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2016.3.1>
9. Rojas J. L., Díaz-Santos M., Valencia-Islas N. A. Metabolites with antioxidant and photo-protective properties from *Usnea roccellina* Motyka, a lichen from Colombian Andes // Pharmaceutical and Biosciences Journal. 2015. V. 3(4). P. 18–26. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/3/i4/89454>
10. Springsteen A., Yurek R., Frazier M., Carr K. F. In vitro measurement of sun protection factor of sunscreens by diffuse transmittance // Analytica Chimica Acta. 1999. V. 380. №2-3. P. 155-164. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00577-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00577-7)

References:

1. Khranchenkova, O. M. (2024). Spektrofotometricheskaya otsenka fotozashchitnykh i antioksidantnykh svoystv ekstraktov iz plodovykh tel kul'tiviruemykh vidov gribov. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, (4), 268-277. (in Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240413038>

2. Khranchenkova, O. (2022). Fotozashchitnye svoystva ekstraktov iz plodovykh tel makromitsetov. *Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny*, (6), 61–65. (in Russian).
3. Khranchenkova, O. M. (2018). Fotozashchitnye svoystva ekstraktov iz pyati vidov lishainikov. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny*, (6(111)), 40–47. (in Russian).
4. Khranchenkova, O. M. (2022). Antioksidantnye i tsitotoksicheskie svoystva ekstraktov iz lishainikov. *Gomel'*. (in Russian).
5. Khranchenkova, O. M. (2023). Fotozashchitnye, antioksidantnye i tsito-toksicheskie svoystva ekstraktov iz dvukh vidov poliporovykh gribov. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny*, (6(141)), 57–61. (in Russian).
6. Matveenko, M. V., Khranchenkova, O. M., & Cheshik, I. A. (2022). Tsitotoksicheskie i fotomodifitsiruyushchie svoystva ekstraktov iz rasprostranennykh lishainikov yugo-vostoka Belarusi. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi*, 6(1), 65–75. (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-1-65-75>
7. Sayre, R. M., Stanfield, J., Bush, A. J., & Lott, D. L. (2001). Sunscreen standards tested with differently filtered solar simulators. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 17(6), 278–283. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2001.170606.x>
8. Donglikar, M. M., & Deore, S. L. (2016). Sunscreens: A review. *Pharmacognosy Journal*, 8(3), 171–179. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2016.3.1>
9. Rojas, J. L., Díaz-Santos, M., & Valencia-Islas, N. A. (2015). Metabolites with antioxidant and photo-protective properties from *Usnea roccellina* Motyka, a lichen from Colombian Andes. *Pharmaceutical and Biosciences Journal*, 18–26. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/3/i4/89454>
10. Springsteen, A., Yurek, R., Frazier, M., & Carr, K. F. (1999). In vitro measurement of sun protection factor of sunscreens by diffuse transmittance. *Analytica Chimica Acta*, 380(2-3), 155–164. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00577-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00577-7)

Работа поступила
в редакцию 27.06.2025 г.

Принята к публикации
07.07.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Храмченкова О. М. Фотозащитные свойства комбинаций экстрактов из макромицетов и лишайников // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №8. С. 47–53. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/117/06>

Cite as (APA):

Khranchankova, V. (2025). Photoprotective Properties of Macromycetes and Lichens Extracts Combinations. *Bulletin of Science and Practice*, 11(8), 47–53. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/117/06>