

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕЛАНИНА ИЗ БАЗИДИАЛЬНОГО ГРИБА *BOVISTA PLUMBEA*

С.Б. Хайтметова, Г.А. Халилова, А.С. Тураев

Саида Бокижонова Хайтметова (ORCID 0000-0002-5023-2171)*, Гулноза Абдувахобовна Халилова (ORCID 0000-0003-4494-4428), Аббасхан Сабирханович Тураев (ORCID 0000-0003-2915-9237)

Институт биоорганической химии им. А.С. Садыкова Академии наук Республики Узбекистан, ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, Узбекистан, 100125

E-mail: xsb75@mail.ru*, gulnoza_xalilova@mail.ru, abbaskhan@mail.ru

*Приведены результаты разработки технологии выделения меланинов из базидиального гриба *Bovista plumbea*, произрастающего на территории Ташкента и Ташкентской области Республики Узбекистан. Разработана технологическая схема получения меланинов из базидиальных грибов, которая включает следующие стадии: сушка, измельчение сырья, очистка, водная экстракция, фильтрация, концентрирование, подкисление, центрифугирование, растворение, промывка, сушка. Путем водной экстракции выделены меланины, представляющие собой порошок темно-коричневого цвета, растворимый в щелочах. Содержание меланина с молекулярной массой 55686 Да в экстракте составило 15,35%, что говорит о перспективности данного вида сырья для получения лекарственных препаратов. При изучении элементного состава меланинов, полученных из плодовых тел базидиальных грибов методом водной экстракции, установлено, что они содержат 9,706% азота, 55,831% углерода и 7,203% водорода. Для подтверждения принадлежности полученных образцов к категории меланинов использовали УФ и ИК-спектроскопию. Исследованы ИК спектры меланина, выделенного из плодового тела базидиального гриба. Для меланинов характерны полосы поглощения в области 1690-1590 см⁻¹, свидетельствующие о наличии в их структуре сопряженных ароматических связей. Также имеется широкая полоса поглощения в области 3430-3100 см⁻¹, которая обусловлена наличием полифенольных и ОН-групп. УФ-спектральный анализ на содержание меланина во фракциях базидиомицетного сырья показал наличие в области 320-380 нм полос поглощения, соответствующих характерным полосам поглощения меланина.*

Ключевые слова: меланины, экстракция, выделение, исследования, сухой экстракт

TECHNOLOGY FOR ISOLATION AND STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF MELANIN FROM THE BASIDIOMYCETOUS MUSHROOM *BOVISTA PLUMBEA*

S.B. Khaytmetova, G.A. Khalilova, A.S. Turaev

Saida B. Khaytmetova (ORCID 0000-0002-5023-2171)*, Gulnoza A. Khalilova (ORCID 0000-0003-4494-4428), Abbaskhan S. Turaev (ORCID 0000-0003-2915-9237)

Institute of Bioorganic Chemistry named after A.S. Sadykov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbek st., 83, Tashkent, 100125, Uzbekistan

E-mail: xsb75@mail.ru*, gulnoza_xalilova@mail.ru, abbaskhan@mail.ru

*The results of the development of a technology for the isolation of melanins from the basidiomycete mushroom *Bovista plumbea* collected in the territory of Tashkent and the Tashkent region of the Republic of Uzbekistan are presented. A technological scheme for obtaining melanins from basidiomycetes has been developed, which includes the following stages: drying, grinding of raw materials, purification, water extraction, filtration, concentration, acidification, centrifugation, dissolution, washing, drying. By water extraction, melanins were isolated, which are dark brown, alkali-soluble powder, with a molecular weight of 55686 Da, the content of which in the*

extract was 15.35%, respectively, which indicates the prospects of this type of raw material for obtaining drugs based on them. When studying the elemental composition of melanins obtained from the fruiting bodies of basidiomycetes by the method of water extraction, it was found that they contain 9.706% nitrogen, 55.831% carbon and 7.203% hydrogen. UV and IR spectroscopy was used to confirm that the obtained samples belonged to the category of melanins. The IR spectra of melanin isolated from the fruiting body of the basidiomycete were studied. Melanins are characterized by absorption bands in the region of 1690-1590 cm⁻¹, indicating the presence of conjugated aromatic bonds in their structure. There is also a wide absorption band in the region of 3430-3100 cm⁻¹, which is due to the presence of polyphenolic and OH groups. UV spectral analysis for the content of melanin in fractions of basidiomycete raw materials showed the presence of absorption bands in the region of 320-380 nm, corresponding to the characteristic absorption bands of melanin.

Key words: melanins, extraction, isolation, research, dry extract

Для цитирования:

Хайтметова С.Б., Халилова Г.А., Тураев А.С. Технология выделения и изучение химического состава меланина из базидиального гриба *Bovista plumbea*. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 2. С. 81–86. DOI: 10.6060/ivkkt.20246702.6899.

For citation:

Khaytmetova S.B., Khalilova G.A., Turaev A.S. Technology for isolation and study of the chemical composition of melanin from the basidious mushroom *Bovista plumbea*. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 2. P. 81–86. DOI: 10.6060/ivkkt.20246702.6899.

ВВЕДЕНИЕ

Доступным возобновляемым источником получения меланиновых пигментов являются плодовые тела дереворазрушающих грибов, которые широко распространены в лесах средней полосы [1]. Меланины являются высокомолекулярными гетерополимерами нерегулярного химического строения. В зависимости от происхождения они обладают различными физико-химическими свойствами, благодаря которым они проявляют антиоксидантную, фотопротекторную, генопротекторную, сорбционную и другие активности [2]. Обратимое окисление-восстановление хинон-гидрохиноновых структур позволяет меланинам участвовать в электронообменных окислительно-восстановительных и радикальных процессах [3].

В природе плодовые тела гриба имеют коричневую окраску различных оттенков – от рыжеватой, красно-коричневой до темно-коричневой, почти черной. Важнейшими пигментами, определяющим коричневую окраску у трутовых грибов, считаются меланины. Обычно эти пигменты находятся в клеточной стенке и связаны с хитином. Меланины – это высокомолекулярные полимеры, имеющие сложную структуру, сходную с лигнином. Структура меланинов изучена недостаточно. Они образуются в результате полимеризации индольных и фенольных соединений. В структуре меланинов содержатся стабильные свободные ради-

калы, которые могут дополнительно вступать в реакции с ионами металлов или с некоторыми белками. Присутствие в клетках меланинов не является необходимым для развития грибов, но эти пигменты защищают их от неблагоприятных условий окружающей среды (ультрафиолетового света, экстремальных температур, окислителей, тяжелых металлов, радионуклидов, гидролитических ферментов, противомикробных препаратов). Защитный эффект обусловлен способностью меланиновых пигментов за счет обратимого процесса окисления и восстановления удалять образующиеся в ответ на действие стрессовых факторов свободные радикалы (активные формы азота и кислорода) и стабилизировать уровень окислительно-восстановительного потенциала в клетках. Благодаря своим физико-химическим свойствам меланины трутовых грибов обладают антиоксидантными, генопротекторными, сорбционными и фотопротекторными свойствами, ингибируют образование продуктов перекисного окисления липидов и замедляют процесс старения. Грибные меланины находят все более широкое применение в медицине и производстве косметических средств [4-10].

К числу важнейших задач медицинской и фармацевтической науки относится поиск эффективных лекарственных средств на основе природных биологически активных веществ (БАВ), выделенных из растений.

Сочетание научно обоснованных процессов экстракции, концентрирования и сушки, осуществляемых на оборудовании, специально подобранном для работы с лекарственными растениями, позволяет сохранить в сухих экстрактах весь комплекс БАВ. Сухие экстракты являются одним из наиболее рациональных способов переработки лекарственных средств, обеспечивающих максимальное извлечение действующих веществ и возможность создания, стандартизованного фитопрепарата [11, 12].

Целью настоящего исследования является получение природных меланинов из трутового гриба *Bovista plumbea* произрастающего в Узбекистане, и изучение физико-химических параметров этих пигментов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объекты исследования: меланины, полученные из плодового тела базидиального гриба *Bovista plumbea*. Получение меланинов из плодового тела базидиального гриба проводили путем экстракции измельченного сырья горячей водой (1:10), после чего полученные водные извлечения упаривали под вакуумом до 1/5 части от первоначального объема. Полученный фильтрат подкисляли 1н HCl, в результате чего образовывался меланин, полученный образец отделяли центрифугированием. Кислотное переосаждение проводили трижды, диализ и сушку пигмента выполняли на лиофильной установке "Biobase" (Китай).

Количественное содержание меланинов определяли гравиметрическим способом после высушивания осадка [13].

Определение элементного состава. Элементный анализ проводили на элементном анализаторе Euro EA3028-NT (Италия) для одновременного определения C, H, N (*атомов углерода, водорода, азота, а также серы и кислорода*). Принцип работы прибора основывается на методе Дюма-Прегля. Сжигание проб осуществляется в токе чистого кислорода с последующим восстановлением окислов азота и разделением газообразных продуктов окисления на хроматографической колонке с детектированием по теплопроводности. Определение содержания элементов осуществляется на основе содержания в продуктах сгорания CO₂, H₂O, N₂.

Определение молекулярных масс. Молекулярная масса (Mw) и молекулярно-массовые распределения определены методом эксклюзионной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе, состоящем из плунжерного насоса Merck-HitachiL-6000A, рефрактометрического детектора

ShodexRI-101, детектора многоугольного рассеяния лазерного света (МРЛС) DAWNNSP, WattTechnology (США), ручного инжектора проб Rheodine 2104, дегазатора элюента и двух термостатированных при 25 °С хроматографических колонок PLAquagel-OHMixed, соединенных последовательно. Длина и внутренний диаметр каждой колонки соответственно составляли 300 и 7,5 мм. Элюентом служил водный раствор NaNO₃ с концентрацией 0,1 моль/л. Объем вводимой пробы составлял 100 мкл. Объемная скорость подачи элюента составляла 0,8 мл/мин. Растворы полимеров перед вводом в хроматографическую колонку пропускали через фильтр с размером пор 0,22 мкм.

ИК-спектроскопия. ИК спектры исследуемых образцов снимали на ИК-Фурье спектрометре системы 2000 фирмы «PerkinElmer» (США) в диапазоне частот 400-4000 см⁻¹ в таблетке с KBr. Для съемки спектров по 10 мг изучаемых образцов размалывали в шаровой мельнице с 100 мг бромида калия в течение 1 мин, затем к смеси добавляли около 100 мг KBr и снова измельчали в мельнице, после чего добавляли оставшийся бромид калия (всего 300 мг), перемалывали еще в течение 30 с и прессовали таблетки.

УФ-спектроскопия. Образец растворяли в 0,1 М растворе NaOH после 5-минутной обработки ультразвуком и регистрировали их спектры на спектрофотометре Shimadzu UV-VIS 1280 (Shimadzu Europa GmbH, Германия) [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработана технология получения меланина из плодового тела базидиального гриба *Bovista plumbea*. На рис. 1 представлена технологическая схема получения меланина из плодового тела базидиального гриба *Bovista plumbea*.

Для получения меланина были использованы высушенные до постоянной массы в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ при температуре 40-50 °С плодовые тела базидиального гриба *Bovista plumbea*. Базидиальные грибы были собраны в местах естественного произрастания в Узбекистане в Ташкентской области на территории Бустанликского района.

Получение меланинов осуществляли методами водной экстракции и подкисления экстракта. Плодовые тела грибов измельчали в лабораторном измельчителе Grinder - HSD-400A (Biobase, Китай) до размера частиц от 0,5 до 2,0 мм. Для удаления низкомолекулярных примесей и липидов измельченное плодовое тело экстрагировали в аппарате Сокслета смесью хлороформ-спирт этиловый 95%

(2:1) при соотношении субстрат-растворитель 1:10 в течение 24 ч, и фильтровали через капроновую мембрану. Полученное хлороформно-спиртовое извлечение упаривали в роторно-пленочном испарителе при температуре 50 °С до состояния густой массы, затем высушивали при температуре 100 °С до остаточной влажности 5%.



Рис. 1. Технологическая схема получения меланина из плодового тела базидиального гриба *Bovista plumbea*

Fig. 1. Technological scheme for obtaining melanin from the fruiting body of the basidiomycete mushroom *Bovista plumbea*

Для получения меланинов из базидиального гриба *Bovista plumbea* использовали метод последовательной экстракции водой. Обессмоленное сырье высушивали до удаления запаха растворителей, взвешивали и экстрагировали трижды горячей водой на кипящей водяной бане с обратным холодильником (при суммарном соотношении сырья и экстрагента 1:20, 1:15, 1:10). Суммарная продолжительность трех экстрагирований – 6 ч. Полученные водные экстракты объединяли, фильтровали и упаривали на роторно-пленочном испарителе при температуре 50 °С до 1/5 первоначального объема [15]. Полученный фильтрат подкисляли 1н HCl до pH 1,5, в результате чего образовывался меланин, полученный образец отделяли центрифугированием в течение 10 мин при 10000 g и растворяли в 0,1 н NaOH. Процедуру кислотного переосаждения

проводили трижды, после чего полученный пигмент растворяли в 0,01н NaOH и диализовали до нейтральной pH. Полученный препарат сушили на лиофильной установке “Viobase” (Китай).

Полученные меланины представляют собой темно-коричневый щелочерастворимый порошок.

Для подтверждения принадлежности полученных образцов к категории меланинов использовали ИК-спектроскопию (рис. 2). Групповые частоты (в см⁻¹) были следующими: 3240 (ОН, NH), 2933(C–H), 2325 (O–H), 1400-1600 (C=C), 1210-1320 (C–O), 1050-1150 (C–O–C), 500-1000 (C–H).

Спектры поглощения в ИК области часто применяются для подтверждения наличия в пробах меланиновых пигментов. Они не несут в себе прямых сведений о структуре меланинов, но информируют о наличии в молекуле определенных связей и характерных функциональных групп. Так, характерными для меланинов являются полосы поглощения в области 1690-1590 см⁻¹, свидетельствующие о наличии в их структуре сопряженных, в том числе и ароматических, связей, а широкая полоса в области 3430-3100 см⁻¹ обусловлена наличием ОН-групп, в том числе и полифенольных.

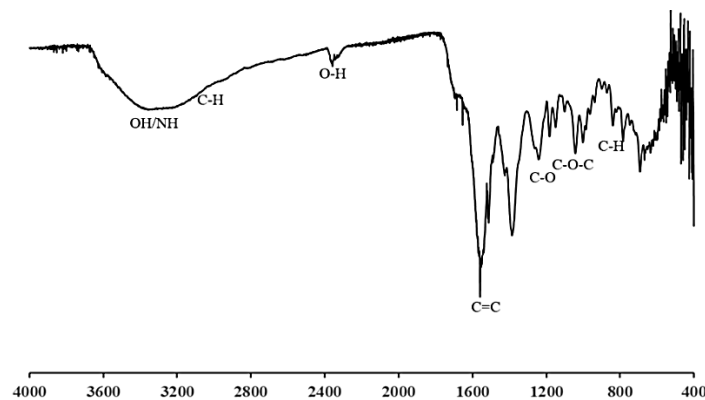


Рис. 2. ИК спектр меланина, полученного из базидиального гриба *Bovista plumbea*

Fig. 2. IR spectrum of melanin obtained from the basidiomycete mushroom *Bovista plumbea*

Наряду с этим каждый спектр исследуемых проб содержит полосы поглощения, характерные для полифенольных соединений: 3100-3430 см⁻¹ (структуры, содержащие гидроксильные группы); 1580-1690, 1400-1420 см⁻¹ (сопряженные и ароматические структуры); 1300-1400 см⁻¹ (структуры с полосами C–OH групп фенолов и C–O групп эфиров); 1000-1100 см⁻¹ (структуры с полосами C–OH спиртовых групп полисахаридов).

Данные по элементному составу позволяют оценить простейшие структурные параметры: атом-

ные соотношения элементов, степень ненасыщенности, относительный вклад ароматических и алифатических фрагментов [16]. Синтез меланина представляет собой сложный процесс с ферментативными стадиями и аутоокислением предшественников, на который оказывают влияние условия окружающей среды, что обеспечивает гетерогенность и статистический принцип формирования меланиновых молекул [17]. Существуют закономерные изменения элементного состава в зависимости от источника выделения меланинов [3].

Наличие или отсутствие азота и серы является характеристикой, позволяющей условно классифицировать меланиновые пигменты на эумеланины, феомеланины и алломеланины. Авторы [18] исследовали содержание азота в трутовых грибах, которое лежало в пределах от 1,4 до 6,0%, они предположили, что это связано с содержанием в биополимере азотсодержащих гетероциклических соединений и аминокислот, а также образованием мелано-протеиновых комплексов.

Таблица

Результаты элементного анализа и молекулярной массы образцов базидиомицетов

Table. Results of elemental analysis and molecular weight of basidiomycete samples

№	Наименование образца	N%	C%	H%	S%	O%	Молекулярная масса, Mw
1	Экстракт	6,983	54,305	7,787	-	-	48899,16
2	Меланин	9,706	55,831	7,203	-	-	55686,27

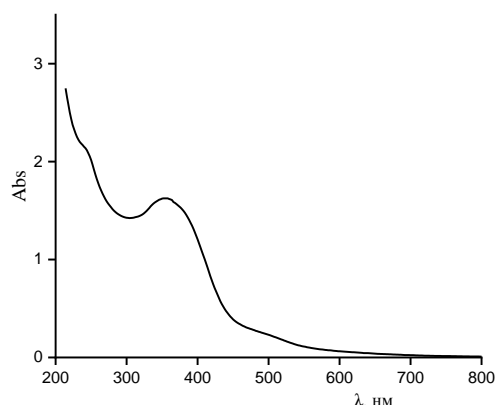


Рис. 3. УФ-спектр меланина, выделенного из базидиомицетного сырья *Bovista plumbea*
Fig. 3. UV spectrum of melanin isolated from basidiomycete raw material *Bovista plumbea*

Как видно из данных таблицы, меланин из базидиомицетного сырья содержал 9,706% азота, что связано как с включением в биополимер азотсодержащих гетероциклических соединений и моносахаров, так и с образованием мелано-глюкановых комплексов, молекулярная масса образцов находится в пределах 48899-55686,27 Да.

Проведен УФ-спектральный анализ на содержание меланина во фракциях базидиомицетного сырья (рис. 3).

Как видно из рис. 3, в области 320-380 нм наблюдаются полосы поглощения, соответствующие полосам поглощения меланина, что соответствует литературным данным [19].

ВЫВОДЫ

Разработана технология получения меланинов, выделенных из плодового тела базидиального гриба *Bovista plumbea*, выход меланинов составил 15,35%. Установлено, что меланины, выделенные из плодового тела базидиального гриба, содержат 9,706 % азота, 55,831% углерода и 7,203% водорода и имеют среднюю молекулярную массу 55686 Да. В УФ и ИК спектрах наблюдались полосы поглощения, соответствующие для меланинов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белова Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомицетов в России. *Микология и фитопатология*. 2004. Т. 38. Вып. 2. С. 1-7.
2. Новиков Д.А., Курченко В.П., Азарко И.И. Фотопротективные свойства меланинов из винограда и чая. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2001. Т. 41. № 6. С. 664-670.
3. Сушинская Н.В., Курченко В.П. Меланины трутовых грибов. *Тр. Белорус. гос. ун-та*. 2006. Ч. 1. С. 144-155.
4. Бабицкая В.Г., Щерба В.В., Иконникова Н.В. Меланиновый комплекс гриба *Inonotus obliquus*. *Приклад. биохимия и микробиология*. 2000. Т. 36. № 4. С. 439-444. DOI: 10.1007/BF02738046.

REFERENCES

1. Belova N.V. Prospects for the use of biologically active compounds of higher basidiomycetes in Russia. *Mikologiya i Fitopatologiya*. 2004. V. 38. N 2. P. 1-7 (in Russian).
2. Novikov D.A., Kurchenko V.P., Azarko I.I. Photoprotective properties of melanins from grapes and tea. *Radiats. Biologiya. Radioekologiya*. 2001. V. 41. N 6. P. 664-670 (in Russian).
3. Sushinskaya N.V., Kurchenko V.P. Melanins of tinder fungi. *Tr. Belorus. Gos. Univ.* 2006. V. 1. P. 143-154 (in Russian).
4. Babitskaya V.G., Shcherba V.V., Ikonnikova N.V. Melanin complex of the fungus *Inonotus obliquus*. *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.* 2000. V. 36. N 4. P. 439-444 (in Russian). DOI: 10.1007/BF02738046.

5. Бисько Н.А., Бабицкая В.Г., Бухало А.С., Круподерова Т.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Пучкова Т.А., Соломко Э.Ф., Щерба В.В. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре. Т. 2. Киев: 2012. 459 с.
6. Лях С.П. Микробный меланиногенез и его функции. М.: Наука. 1981. 273 с.
7. Сущинская Н.В., Кукулянская Т.А., Курченко В.П., Шостак Л.М. Физико-химические свойства и получение меланинов из базидиомицетов. *Тр. БГТУ. Сер. IV. Химия и технол. орг. в-в.* 2004. Вып. XII. С. 193–197.
8. Plonka P.M., Grabacka M. Melanin synthesis in microorganisms — biotechnological and medical aspects. *Acta biochim. Pol.* 2006. V. 53. N 3. P. 429–443. DOI: 10.18388/abp.2006_3314.
9. Pombeiro-Sponchiado S.R., Sousa G.S., Andrade J.C.R., Lisboa H.F., Gonçalves R.C.R. Production of melanin pigment by fungi and its biotechnological applications. In: Melanin. Ed. by M. Blumenberg. InTechOpen. 2017. P. 47–75. DOI: 10.5772/67375.
10. Пучкова Т.А., Трухонцев В.В., Иконникова Н.В. Содержание меланиновых пигментов в мицелии и плодовых телах гриба *Ganoderma lucidum* (curt.: fr.) P. Karst в зависимости от способа культивирования. Матер. междунар. науч.-практ. конф. Биотехнологии микроорганизмов. 27–29 ноября 2019. Минск.
11. Тухтаев К.Р., Хамидов О.З., Султанова Р.К., Чинибекова Н.К. Экстракт из цветков ромашки на масле горького миндаля и получение стабильных эмульсий на его основе. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 7. С. 61–67. DOI: 10.6060/ivkkt.20216407.6306.
12. Жарова О.Г., Куркин В.А., Петрухина И.К. Организационно-экономический анализ ангиопротекторных препаратов. Мат. VIII-ого Междунар. съезда Фитофарм «Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения». Микелли, Финляндия. 2005. С. 95–100.
13. Филатова А.В., Джурабаев Д.Т., Азимова Л.Б., Тураев А.С. Технология выделения полисахаридов из оболочек плодов каштана конского (*Aesculus hippocastanum* L.) и изучение его химического состава. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 7. С. 88–93. DOI: 10.6060/ivkkt.20226507.6605.
14. Masuko T., Minami A., Iwasaki N., Majima T., Nishimura S.I., Lee Y.C. Carbohydrate analysis by a phenol-sulfuric acid and method in microplate format. *Analyt. Biochem.* 2004. V. 339. N 1. P. 69–72. DOI: 10.1016/j.ab.2004.12.001.
15. Халилова Г.А., Тураев А.С., Мухитдинов Б.И., Филатова А.В., Хайтметова С.Б., Нормакхматов Н.С. Выделение, физико-химическая характеристика полисахарида, выделенного из плодового тела *Inonotus hispidus*. *Химия растит. сырья.* 2021. № 3. С. 99–106. DOI: 10.14258/jcprm.2021039028.
16. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ. 1990. 325 с.
17. Butler M.J., Day J. Fungal melanins: a review. *Can. J. Microbiol.* 1998. V. 44. P. 1115–1136. DOI: 10.1139/w98-119.
18. Барабой В.А. Меланин: структура, биосинтез, биологические функции. *Укр. биохим. журн.* 1999. Т. 71. N 4. С. 5–12.
19. Arun G, Eyini M, Gunasekaran P. Characterization and biological activities of extracellular melanin produced by *Schizophyllum commune* (Fries). *J. Exp. Biol.* 2015. V. 53. P. 380–387.
5. Bisko N.A., Babitskaya V.G., Bukhalo A.S., Krupoderova T.A., Lomberg M.L., Mikhailova O.B., Puchkova T.A., Solomko E.F., Shcherba V.V. Biological features of medicinal macromycetes in culture: Collection of scientific papers in two volumes. V. 2. Kyiv: 2012. 459 p. (in Russian).
6. Lyakh S.P. Microbial melaninogenesis and its functions. M.: Nauka. 1981. 273 p. (in Russian).
7. Sushinskaya N.V., Kukulyanskaya T.A., Kurchenko V.P., Shostak L.M. Physico-chemical properties and obtaining melanins from basidiomycetes. *Tr. BGTU. Ser. IV. Khimiya Tekhnol. Org. V-v.* 2004. Iss. XII. P. 193–197 (in Russian).
8. Plonka P.M., Grabacka M. Melanin synthesis in microorganisms — biotechnological and medical aspects. *Acta Biochim. Pol.* 2006. V. 53. N 3. P. 429–443. DOI: 10.18388/abp.2006_3314.
9. Pombeiro-Sponchiado S.R., Sousa G.S., Andrade J.C.R., Lisboa H.F., Gonçalves R.C.R. Production of melanin pigment by fungi and its biotechnological applications. In: Melanin. Ed. by M. Blumenberg. InTechOpen. 2017. P. 47–75. DOI: 10.5772/67375.
10. Puchkova T.A., Trukhonovets V.V., Ikonnikova N.V. The content of melanin pigments in the mycelium and fruiting bodies of the fungus *Ganoderma lucidum* (curt.: fr.) P. Karst depending on the method of cultivation. Mater. mezhduar. nauch.-prakt. konf. Biotehnologii mikroorganizmov. Minsk, November 27–29. 2019 (in Russian).
11. Tukhtaev K.R., Khamidov O.Z., Sultanova R.K., Chini-bekova N.K. Extract from chamomile flowers in bitter almond oil and obtaining stable emulsions based on it. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 7. P. 61–67 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20216407.6306.
12. Jarova O.G., Kurkin V.A., Petrukhina I.K. Organizational and economic analysis of angioprotective drugs. Mat. VIII-th Intern. Phytopharm congress "Actual problems of creating new drugs of natural origin". Michelli, Finland. 2005. P. 95–100 (in Russian).
13. Filatova A.V., Djurabaev D.T., Azimova L.B., Turaev A.S. Technology for the isolation of polysaccharides from the shells of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) fruits and the study of its chemical composition. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 7. P. 88–93 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20226507.6605.
14. Masuko T., Minami A., Iwasaki N., Majima T., Nishimura S.I., Lee Y.C. Carbohydrate analysis by a phenol-sulfuric acid and method in microplate format. *Analyt. Biochem.* 2004. V. 339. N 1. P. 69–72. DOI: 10.1016/j.ab.2004.12.001.
15. Khalilova G.A., Turaev A.S., Mukhitdinov B.I., Filatova A.V., Khaytmetova S.B., Normakhamatov N.S. Isolation, physical and chemical characteristics of the polysaccharide isolated from the fruiting body of *Inonotus hispidus*. *Khim. Rastit. Syr'ya.* 2021. N 3. P. 99–106 (in Russian). DOI: 10.14258/jcprm.2021039028.
16. Orlov D.S. Soil humic acids and the general theory of humification. M.: Moskov. Gos. Univ. 1990. 325 p. (in Russian).
17. Butler M.J., Day J. Fungal melanins: a review. *Can. J. Microbiol.* 1998. V. 44. P. 1115–1136. DOI: 10.1139/w98-119.
18. Baraboy V.A. Melanin: structure, biosynthesis, biological functions. *Ukr. Biokhim. Zhurn.* 1999. V. 71. N 4. P. 5–12 (in Russian).
19. Arun G, Eyini M, Gunasekaran P. Characterization and biological activities of extracellular melanin produced by *Schizophyllum commune* (Fries). *J. Exp. Biol.* 2015. V. 53. P. 380–387.

Поступила в редакцию (Received) 17.05.2023

Принята к опубликованию (Accepted) 23.10.2023