

Научная статья

УДК 615.451.16.074:543.24:633.88:582.28

doi: 10.17223/24135542/39/5

Влияние условий экстракции на свойства препаратов березового гриба (чаги)

**Олеся Викторовна Шабалина¹, Кристина Витальевна Григорьева²,
Елизавета Григорьевна Чернигова³, Борис Николаевич Баженов⁴**

^{1, 2, 3, 4} Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

¹ olive1990@inbox.ru

⁴ scorpio1956@mail.ru

Аннотация. Активное использование березового гриба – чаги – в качестве общеукрепляющего препарата объясняется наличием биологически активных водорастворимых полимеров нерегулярного строения, синтезируемых из лигниновых фрагментов древесины, которые составляют хромогенный комплекс. В Государственной Фармакопее предусмотрена численная оценка содержания хромогенного комплекса в чаге, но нет определения его биологической активности, хотя содержание комплекса, а, значит, и его биоактивность, зависят не только от природных факторов, но и от техногенных, в том числе от процесса обработки чаги перед употреблением. Поэтому в данной работе проверено, как условия экстракции, а именно температура и время, влияют на качество водорастворимых препаратов, выделяемых из чаги. На основе методики фармакопеи предложен способ обработки чаги, позволяющий сократить время осаждения хромогенного комплекса без потерь качества экстрактов. Найдена зависимость содержания хромогенного комплекса от возраста березового гриба, а также его слоя, из которого осаждали хромогенный комплекс. По степени ингибирования стабильного катион-радикала ABTS^{•+} методом ТЕАС проведена оценка антиоксидантной активности всех полученных экстрактов, содержащих хромогенный комплекс, и без него. Проведена статистическая обработка результатов определения антиоксидантной активности экстрактов чаги, приготовленных при разной температуре.

Ключевые слова: березовый трутовик, чага, *Inonotus Obliquus*, хромогенный комплекс, экстракция, метод ТЕАС, катион-радикал ABTS^{•+} антиоксидантная активность

Для цитирования: Шабалина О.В., Григорьева К.В., Чернигова Е.Г., Баженов Б.Н. Влияние условий экстракции на свойства препаратов березового гриба (чаги) // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2025. № 39. С. 73–84. doi: 10.17223/24135542/39/5

Influence of extraction conditions on the properties of birch mushroom (chaga) preparations

Olesya V. Shabalina¹, Kristina V. Grigoryeva²,
Elizaveta G. Chernigova³, Boris N. Bazhenov⁴

^{1, 2, 3, 4} Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

¹ olive1990@inbox.ru

⁴ scorpio1956@mail.ru

Abstract. The active use of birch fungus - chaga - is associated with the presence of biologically active water-soluble polymers of irregular structure, synthesized from lignin fragments of wood, which called the chromogenic complex. The Pharmacopoeia has an assessment of the quantitative content of the chromogenic complex in chaga, but there is no definition of its biological activity. Although the content of the complex and its bioactivity, depends on both from natural factors and man-made ones, including pre-treatment of chaga before using. This research shows the depends on the quality of water-soluble preparations isolated from chaga of the extraction conditions. The method of treatment of chaga has been changed, that allow to reduce the time of precipitation of the chromogenic complex without reducing the quality of the extracts. The dependence of the content of the chromogenic complex on the both age of the birch fungus and its layer was found. The inhibition of the ABTS^{•+} radical by the TEAC method was used to evaluate the antioxidant activity of all obtained extracts with and without the chromogenic complex. Statistical processing of the results of determining the antioxidant activity of chaga extracts prepared at different temperatures, with and without the chromogenic complex, was carried out.

Keywords: birch fungus, chaga, Inonotus Obliquus, chromogenic complex, extraction, TEAC method, ABTS^{•+} radical cation, antioxidant activity

For citation: Shabalina, O.V., Grigoryeva, K.V., Chernigova, E.G., Bazhenov, B.N. Influence of extraction conditions on the properties of birch mushroom (chaga) preparations. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Chimia – Tomsk State University Journal of Chemistry*, 2025, 39, 73–84. doi: 10.17223/24135542/39/5

Введение

Чага – трутовик скошенный – паразитный гриб *Inonotus Obliquus* (Pers.) Pil., (*Fungus betulinus*) сем. Гименохетовых, состоящий из двух слоев [1, 2], впитывает в себя все биологически активные вещества, направляемые деревом к пораженному месту (рис. 1).

Inonotus Obliquus произрастает на разных деревьях, лечебным же считается лишь березовый трутовик [3]. Чага, обладая высокой биологической активностью, привлекает к себе внимание исследователей по всему миру как продукт, способный помочь в решении ряда вопросов, связанных в том

числе и с заболеваниями, инициируемыми избытком свободных радикалов в организме. Об этом свидетельствует внушительное количество публикаций [4–6].



Рис. 1. Вид внешнего (черного) и внутреннего (коричневого) слоев чаги на березе

Установлено, что биологическую активность обеспечивают соединения, входящие в состав водорастворимого хромогенного полифенолкарбонового (ПФК) или хромогенного комплекса (ХК) – полимера нерегулярного строения, синтезируемого из лигниновых фрагментов древесины [7–9]. Содержание этого комплекса в употребляемом лекарственном сырье зависит от природных (условия произрастания березы, возраст дерева и гриба) и техногенных факторов (время сбора, хранение и обработка сырья). Стоит отметить, что в нормах национальной Системы сертификации ГОСТ Р (ГСС), в Государственной Фармакопее предусмотрена численная оценка качества выпускаемой продукции по массовой доле (m , %) некоего контролируемого показателя, но не по величине биологической активности, так как в этом случае для каждой серии препарата требовалось бы исследовать весь комплекс ингредиентов и факторов внешнего воздействия на ожидаемый биологический эффект [10]. Поэтому данная работа – попытка поиска зависимости содержания хромогенного комплекса, отвечающего за биологическую активность чаги, от возраста и слоя гриба, оптимальных температурных условий для получения водных экстрактов чаги с наибольшим содержанием ХК, а также численной оценки качества биопродукции по величине антиоксидантной активности (АОА)¹ для дальнейших исследований компонентов чаги в качестве актуального продукта природного происхождения.

¹ Термин «антиоксидантная активность» включает в себя в том числе и рассматриваемую в данной работе антирадикальную активность.

Материалы и методы

Для установления зависимости количественного выделения ХК от условий экстракции использовали аптечный препарат компании «ФитоФарм» (ПКФ «Фитофарм» ООО, г. Анапа).

Для определения зависимости содержания ХК от слоя и возраста гриба было взято три образца разного возраста [11].

Сбор и пробоподготовку осуществляли в соответствии с требованиями фармакопей, а также методом, предложенным авторами статьи [12–14].

Влажность сырья определяли на влагомере фирмы AND ML-50, Япония.

АОА оценивали *in vitro* методом ТЕАС по ингибированию стабильного катион-радикала 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфонической кислоты) (ABTS^{•+}). Измерения проводили на спектрофотометре ПЭ-5300В компании Промэко-лаб (Санкт-Петербург) при длине волны 730 нм в термостатируемых кюветах при температуре 37°C [15].

Определение содержания хромогенного комплекса

Для установления зависимости содержания ХК от условий экстракции готовили водные вытяжки из аптечных препаратов [16].

Сырье крупного помола предварительно измельчали до порошкообразного состояния. 2,5 г измельченной пробы помещали в колбу, добавляли 75 мл дистиллированной воды и оставляли на 1 ч при комнатной температуре. Далее в течение 2 ч нагревали с обратным холодильником до температур 65, 75, 85 и 95°C (фармакопея дает указание проводить выделение ХК при температуре слабого кипения).

Полученные экстракты отфильтровывали через бумажный фильтр в мерную колбу объемом 250 мл. Водное извлечение охлаждали до комнатной температуры и доводили водой до метки.

12,5 мл фильтрата досуха выпаривали на водяной бане и выдерживали в сушильном шкафу в течение 3 ч при температуре 100–105°C в предварительно взвешенных чашках. Получали вес сухого остатка, содержащего ХК (m_1). К 50 мл фильтрата добавляли 25%-ный раствор HCl до pH 1–2, перемешивали и оставляли на 30 мин отстаиваться. Выпавший темно-коричневый осадок, который и является хромогенным комплексом, отфильтровывали через бумажный фильтр, а 12,5 мл фильтрата, полученного после осаждения ХК, досуха выпаривали на водяной бане и выдерживали в сушильном шкафу в течение 3 ч при температуре 100–105°C в предварительно взвешенных фарфоровых чашках: получали вес сухого остатка без ХК (m_2).

Содержание хромогенного комплекса, %, рассчитывали по формуле

$$X = \frac{V_1(m_1 - m_2) \times 100 \times 100}{m \times V_2(100 - W)}, \quad (1)$$

где m – масса сырья, г; m_1 – масса сухого остатка с ХК, г; m_2 – масса сухого остатка без ХК, г; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем фильтрата, взятый для осаждения ХК, мл; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

При обработке результатов оказалось, что ХК эффективнее извлекается при температуре 85°C, поэтому дальнейшее исследование проводили, опираясь на полученные данные.

Нами было предложено вести осаждение ХК при слабом нагревании в течение 5 мин без отстаивания. Эффективность такого решения доказали следующим образом: для каждого из пяти образцов приготовили водные экстракты при температурах 85°C (как более эффективная) и 95°C (методика фармакопей). Фильтрат разделили на две равные части: из одной части ХК осаждали по методике фармакопей (выдерживая 30 мин при комнатной температуре), а другую часть после добавления HCl нагревали в течение 5 мин до 30°C.

Модифицированную методику использовали для нахождения зависимости содержания ХК от возраста и слоя гриба.

Определение антиоксидантной активности экстрактов чаги

Для оценки антиоксидантной активности водных экстрактов чаги к 2 мл водного раствора ABTS^{•+} с начальной оптической плотностью 0,7–0,8 ед. каждые 4 мин добавляли по 2 мкл исследуемого раствора, разведенного 1:20 дистиллированной водой. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду. По полученным значениям оптических плотностей рассчитали степень ингибирования радикала:

$$ing, \% = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\%, \quad (2)$$

где A_0 – оптическая плотность раствора ABTS^{•+} без антиоксиданта; A_i – оптическая плотность раствора ABTS^{•+} антиоксиданта, и построили график $ing(\%) = f(C_n)$, где C_n рассчитывалась на начальную навеску чаги по формуле

$$C_n = \frac{C_0 \times 20n}{2000 + 20n}, \quad (3)$$

C_0 – начальная концентрация антиоксиданта, мкг/мл, n – количество добавлений 20 мкл антиоксиданта.

Величину АОА экстрактов определяли по формуле

$$AOA = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{экстракт}}}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{тролокс}}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{экстракт}}$, $\alpha_{\text{тролокс}}$ – углы наклонов графиков $ing(\%) = f(C_n)$ для исследуемого антиоксиданта и тролокса соответственно.

Статистическая обработка экспериментальных данных

Экспериментальные данные по определению антиоксидантной активности были получены в пяти повторностях. Оценка достоверности результатов проводилась с использованием t-критерия Стьюдента. Различие считали достоверным при вероятности 95%.

Результаты

В результате проведенного исследования установлено, что наиболее полное осаждение хромогенного комплекса происходит при 85°C (рис. 2).

Об этом же свидетельствуют высокая степень ингибирования (рис. 3) и рассчитанные значения АОА водных экстрактов чаги с ХК при этой температуре (рис. 4). Дальнейшее нагревание может вести к окислительной деструкции полифенолов комплекса, что и наблюдается при 95°C (см. рис. 2, 3) [17].

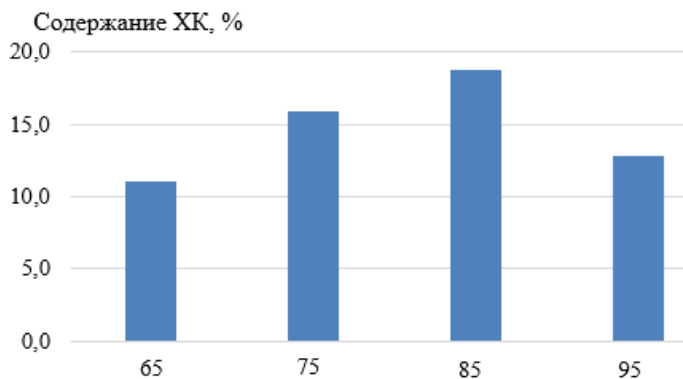


Рис. 2. Зависимость содержания хромогенного комплекса (%) от температуры извлечения

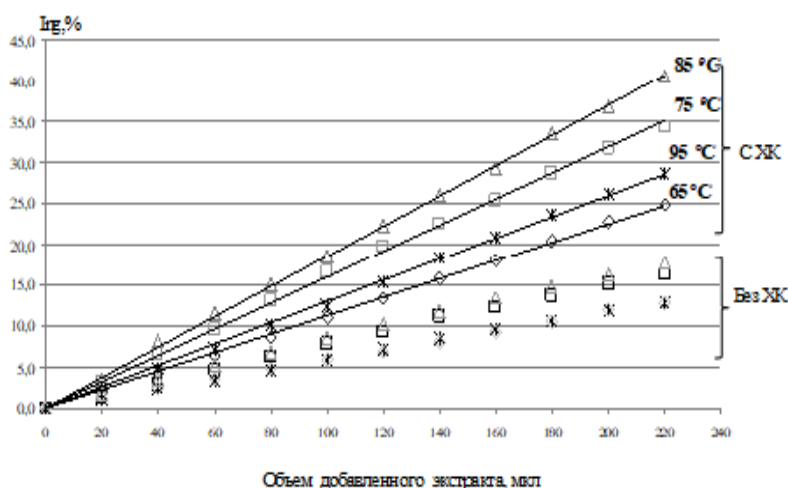


Рис. 3. Ингибирование катион-радикала

Невозможно оценить антиоксидантную активность самого комплекса, так как при его осаждении происходит окисление фенольных фрагментов, отвечающих за ингибирование радикалов, кроме того, соединения ХК переходят в гидрофобное состояние [18]. Поэтому для оценки антиоксидантной активности ХК рассчитывали АОА растворов с ХК и без него, а разницу приписывали антиоксидантным свойствам ХК. По рис. 4 видно, что фильтрат, оставшийся после отделения ХК, также обладает высокой антиоксидантной активностью. Согласно фармакопее, водные экстракты содержат не менее 0,1% (в пересчете на резорцин) фенольных соединений (не входящие

в состав ХК), что, видимо, и дает такой весомый вклад в общую АОА чаги [12, 19]. Считается [9, 20], что биологическая активность чаги обеспечивается соединениями именно хромогенного комплекса; данная работа не опровергает этот факт, так как биологическая активность – это совокупность фармакологических эффектов и механизмов, в том числе и антиоксидантных, поэтому по оценке только лишь АОА нельзя судить о всей биологической активности экстракта.

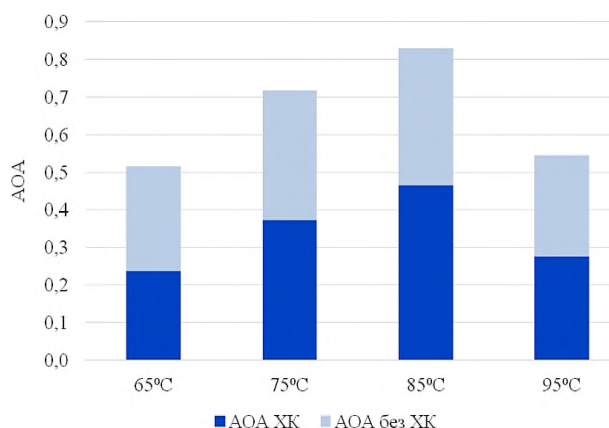


Рис. 4. Зависимость антиоксидантной активности экстрактов от температуры извлечения

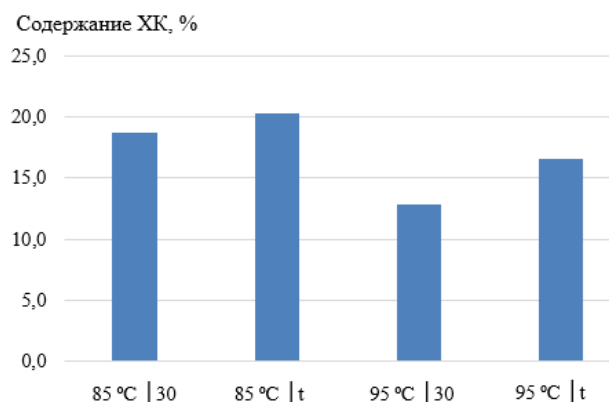


Рис. 5. Зависимость содержания хромогенного комплекса (%) от методики осаждения, нагретые (t) и постоявшие 30 минут

При выполнении данной работы нами было предложено изменить методику осаждения ХК фармакопеи. Так, вместо 30 мин отстаивания экстракта после добавления кислоты раствор нагревали в течение 5 мин. На рис. 5 видно, что качество экстрактов, приготовленных при нагревании, мало отличается от таковых при отстаивании. Таким образом, это изменение позволило значительно сократить время обработки сырья без снижения его качества.

Основываясь на методике, опробованной на аптечных образцах, были исследованы образцы чаги, отличающиеся по возрасту. При благоприятных условиях чага живет около 10–20 лет, прикрепляясь внутренним (коричневым) слоем к дереву [11]. Этот слой меньше подвержен внешним влияниям, чем наружный (черный) слой (см. рис. 1), значит, содержание ХК в слоях будет отличаться. Поэтому для каждого образца определяли содержание ХК во внешнем и внутреннем слоях, значения АОА полученных водных экстрактов.

Как видно из рис. 6, содержание хромогенного комплекса во внутреннем слое с возрастом гриба почти не меняется, однако значительно возрастает для наружного. При этом АОА во внутреннем слое ниже, чем в наружном. В обоих слоях с возрастом наблюдается увеличение содержания как фенольных соединений, не входящих в состав ХК, так и самого комплекса, однако, для наружного слоя эта зависимость выражена более ярко (рис. 7, 8). Таким образом, судя по АОА, ХК формируется во внутреннем слое из фенольных соединений, поставляемых деревом к месту контакта, но накапливается в наружном слое (см. рис. 8).

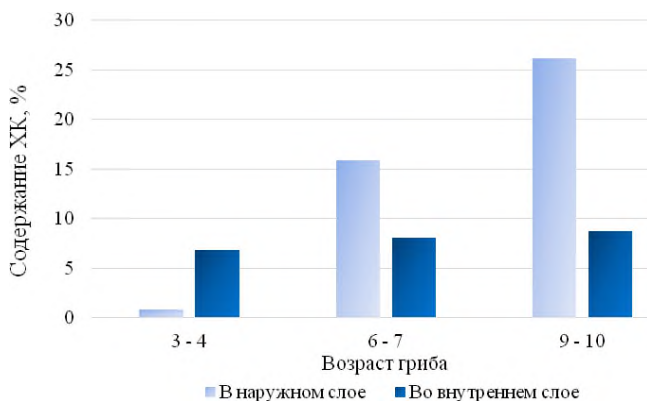


Рис. 6. Содержание хромогенного комплекса в зависимости от возраста гриба в наружном и внутреннем слоях

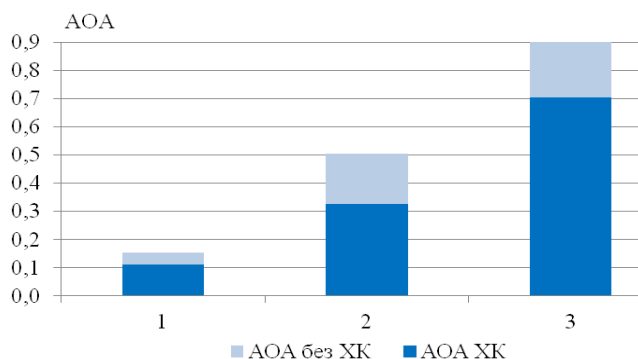


Рис. 7. Зависимость антиоксидантной активности от возраста гриба в водных экстрактах наружного слоя с хромогенным комплексом и без него

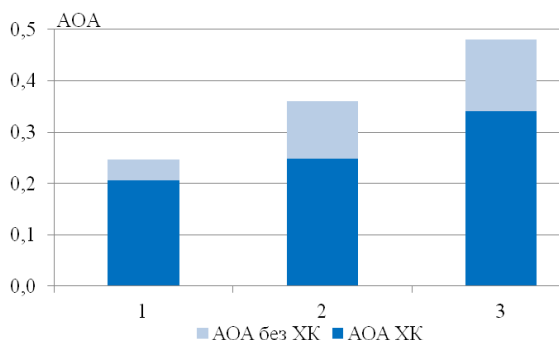


Рис. 8. Зависимость антиоксидантной активности от возраста гриба в водных экстрактах внутреннего слоя с хромогенным комплексом и без него

Статистическая обработка результатов определения антиоксидантной активности экстрактов чаги, приготовленных при разной температуре, с хромогенным комплексом и без него отображена в таблице [21].

Статистическая обработка результатов определения антиоксидантной активности экстрактов чаги, приготовленных при разной температуре с хромогенным комплексом и без него

Содержание XK	$t, ^\circ\text{C}$	N	X	S	S_x	$t(95, f)$	Δx
Без XK	65	5	0,277	0,027	0,012	2,776	0,03
	75		0,344	0,044	0,020		0,06
	85		0,362	0,043	0,019		0,05
	95		0,268	0,032	0,014		0,04
С XK	65	5	0,514	0,054	0,024	2,776	0,07
	75		0,716	0,097	0,043		0,12
	85		0,828	0,072	0,032		0,09
	95		0,544	0,050	0,022		0,06

Примечание. N – число повторностей, X – среднее значение определяемой величины, S – стандартное отклонение, S_x – стандартное отклонение средней величины, $t(95, f)$ – критерий Стьюдента, Δx – доверительная вероятность.

Выводы

В данной работе оптимизировано получение водорастворимых экстрактов чаги с максимальной антиоксидантной активностью извлекаемых соединений. Изменение способа осаждения хромогенного комплекса привело к сокращению времени обработки экстрактов без потери их качества. Доказано, что антиоксидантная активность водных экстрактов чаги зависит в большей мере от содержания фенольных соединений, не входящих в состав хромогенного комплекса. А содержание самого комплекса во внутреннем слое ниже, чем в наружном, и практически не зависит от возраста гриба, но значительно возрастает в наружном слое. Таким образом, полученные результаты могут стать хорошей опорой для дальнейшего исследования как соединений хромогенного комплекса, так и использования самой чаги в составе смеси антиоксидантов.

Список источников

1. Муравьёва Д.А., Самылина И.А., Яковлева Г.П. Фармакогнозия. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Медицина, 2007. 657 с.
2. Телятьев В.В. Полезные растения Центральной Сибири. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1985. 384 с.
3. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / гл. ред. П.С. Чиков. М. : ГУГК, 1980. 322 с.
4. Szychowski K.A., Skóra B., Pomianek T., Gmiński J. *Inonotus obliquus* – from folk medicine to clinical use // Journal of Traditional and Complementary Medicine. 2021. Vol. 11, is. 4. P. 293–302. doi: 10.1016/j.jtcme.2020.08.003
5. Yan-Mei Wei, Li Yang, Wen-Li Mei, Hui-Qin Chen, Cai-Hong Cai, Wei Li, Wen-Hua Dong, Zhi-Bao Chen, Hao-Fu Dai. Phenolic compounds from the sclerotia of *Inonotus obliquus* // Natural Product Research. 2022. Vol. 36, is. 9. P. 2413–2417. doi: 10.1080/14786419.2020.1833202
6. Thomas P.W., Elkhatieb W.A., Daba G.M. Chaga (*Inonotus obliquus*): a medical marvel but a conservation dilemma? // Sydowia. 2020. Vol. 72. P. 123–130. doi: 10.12905/0380.sydowia72-2020-0123
7. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Химические и медико-биологические свойства чаги (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2006. Т. 40, № 10. С. 37–44.
8. Калашникова Е.А. Изучение химического состава и стандартизация сырья и лекарственного препарата «Бефунгин» : автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Пятигорск, 2003. 23 с.
9. Сысоева М.А., Кузнецова О.Ю., Гамаюрова В.С., Суханов П.П., Зиятдинова Г.К., Будников Г.К. Структурная организация и свойства полифенолов чаги // Вестник Казанского технологического университета. 2004. № 1. С. 244–250.
10. Востоков В.М., Смирнова В.М., Пачурин Г.В. Биологическая активность – важнейший показатель качества лекарственной биопroduкции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 12, ч. 1. С. 17–21.
11. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Чага, чаговит, чагалюкс в лечебной и профилактической практике. М. : Эдас, 2008. 66 с.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации / науч. ред. С.В. Емшанова и др. 14-е изд. М. : М-во здравоохранения РФ, 2018. Т. IV: Биологические лекарственные препараты. Растительные средства и препараты. Гомеопатические фармацевтические субстанции. 7019 с.
13. Heinrich M., Pozharitskaya O.N., Shikov A.N., Wagner H., Makarov V.G., Verpoorte R. Medicinal Plants of the Russian Pharmacopoeia; their history and applications // Journal of Ethnopharmacology. 2014. Vol. 154 (3). P. 481–536. doi: 10.1016/j.jep.2014.04.007
14. Чернигова Е.Г., Григорьева К.В., Баженов Б.Н., Шабалина О.В. Влияние условий экстракции на свойства препаратов березового гриба *Inonotus obliquus* (чага) // Вестник Иркутского университета. 2022. № 25. С. 66–67.
15. Хасанов В.В., Рыжова Г.Л., Мальцева Е.В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.
16. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд. Вып. 1, 2. М. : М-во здравоохранения РФ, 1987. 333, 397 с.
17. Терлецкая В.А., Рубанка Е.В., Зинченко И.Н. Влияние технологических факторов на процесс экстракции плодов рябины черноплодной // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 4. С. 127–131.
18. Комплексное изучение физиологически активных веществ низших растений : сб. ст. / Акад. наук СССР. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. М.–Л. : Наука, 1961. 280 с.
19. Lee In-Kyoung, Kim Young-Sook, Jang Yoon-Woo, Jung Jin-Young, Yun Bong-Sik. New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus* // Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2007. Vol. 17. P. 6678–6681. doi: 10.1016/j.bmcl.2007.10.072

20. Zheng W., Zhang M., Zhao Y., Miao K., Jiang H. NMR-based metabonomic analysis on effect of light on production of antioxidant phenolic compounds in submerged cultures of *Inonotus obliquus* // *Bioresource Technol.* 2009. Vol. 100 (19). P. 4481–4487.
21. Гордон А., Форд Р. Спутник химика : пер. с англ. М. : Мир, 1976. 542 с.

References

1. Murav'eva D.A., Samylina I.A., Yakovleva G. P. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. 4th ed., rev. and augm. Moscow: Meditsina, 2007. 657 p.
2. Telyat'ev V.V. *Poleznye rasteniya Tsentral'noy Sibiri* [Useful Plants of Central Siberia]. Irkutsk: Vostochno-Sibirskoye knizhnoe izdatel'stvo, 1985. 384 p.
3. *Atlas arealov i resursov lekarstvennykh rasteniy SSSR* [Atlas of Ranges and Resources of Medicinal Plants of the USSR] / ed. by P.S. Chikov. Moscow: GUGK, 1980. 322 p.
4. Szychowski K.A., Skóra B., Pomianek T., Gmiński J. *Inonotus obliquus* – from folk medicine to clinical use. *Journal of Traditional and Complementary Medicine.* 2021. Vol. 11, is. 4. P. 293–302. doi: 10.1016/j.jtcme.2020.08.003
5. Yan-Mei Wei, Li Yang, Wen-Li Mei, Hui-Qin Chen, Cai-Hong Cai, Wei Li, Wen-Hua Dong, Zhi-Bao Chen, Hao-Fu Dai. Phenolic compounds from the sclerotia of *Inonotus obliquus*. *Natural Product Research.* 2022. Vol. 36, is. 9. P. 2413–2417. doi: 10.1080/14786419.2020.1833202
6. Thomas P.W., Elkhateeb W.A., Daba G.M. Chaga (*Inonotus obliquus*): a medical marvel but a conservation dilemma? *Sydowia.* 2020. Vol. 72. P. 123–130. doi: 10.12905/0380.sydowia72-2020-0123
7. Shashkina M.Ya., Shashkin P.N., Sergeev A.V. Khimicheskie i mediko-biologicheskie svoystva chagi (obzor) [Chemical and medicobiological properties of chaga (review)] // *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Pharmaceutical Chemistry Journal]. 2006. Vol. 40, No. 10. P. 37–44.
8. Kalashnikova E.A. *Izucheniye khimicheskogo sostava i standartizatsiya syrya i lekarstvennogo preparata «Befungin»* [Study of the chemical composition and standardization of raw materials and the medicinal product «Befungin»]: abstr. of Dr. Pharm. Sci. diss. Pyatigorsk, 2003. 23 p.
9. Sysoeva M.A., Kuznetsova O.Yu., Gamayurova V.S., Sukhanov P.P., Ziyatdinova G.K., Budnikov G.K. Strukturnaya organizatsiya i svoystva polifenolov chagi [Structural organization and properties of chaga polyphenols] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2004. No. 1. P. 244–250.
10. Vostokov V. M., Smirnova V. M., Pachurin G. V. Biologicheskaya aktivnost' – vazhneyshiy pokazatel' kachestva lekarstvennoy bioproduktsii [Biological activity as the key indicator of medicinal bioproduct quality] // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2017. No. 12, pt. 1. P. 17–21.
11. Shashkina M.Ya., Shashkin P.N., Sergeev A.V. Chaga, chagovit, chagaluks v lechebnoy i profilakticheskoy praktike [Chaga, Chagovit, Chagalux in therapeutic and preventive practice]. Moscow: Edas, 2008. 66 p.
12. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation] / ed. by S. V. Emshanova et al. 14th ed. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation, 2018. Vol. IV: Biologicheskie lekarstvennye preparaty. Rastitel'nye sredstva i preparaty. Gomeopaticheskie farmatsevticheskie substantzii [Biological Medicinal Preparations. Herbal Remedies and Preparations. Homeopathic Pharmaceutical Substances]. 7019 p.
13. Heinrich M., Pozharitskaya O.N., Shikov A.N., Wagner H., Makarov V.G., Verpoorte R. Medicinal Plants of the Russian Pharmacopoeia; their history and applications. *Journal of Ethnopharmacology.* 2014. Vol. 154 (3). P. 481–536. doi: 10.1016/j.jep.2014.04.007

14. Chernigova E.G., Grigorieva K.V., Bazhenov B.N., Shabalina O.V. Vliyanie usloviy ekstraktsii na svoystva preparatov berezovogo griba *Inonotus obliquus* (chaga) [Influence of extraction conditions on the properties of preparations of the birch mushroom *Inonotus obliquus* (chaga)] // *Vestnik Irkutskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk University]. 2022. No. 25. P. 66–67.
15. Khasanov V.V., Ryzhova G.L., Maltseva E.V. Metody issledovaniya antioksidantov [Methods for studying antioxidants] // *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials]. 2004. No. 3. P. 63–75.
16. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR* [State Pharmacopoeia of the USSR]. 11th ed. Iss. 1, 2. Moscow: Ministry of Health of the USSR, 1987. 333 p., 397 p.
17. Terletskaia V. A., Rubanka E. V., Zincheko I. N. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na protsess ekstraktsii plodov ryabiny chernoplodnoi [Influence of technological factors on the extraction process of black chokeberry fruits] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2013. No. 4. P. 127–131.
18. *Kompleksnoe izuchenie fiziologicheskii aktivnykh veshchestv nizshikh rasteniy*. Moscow–Leningrad: Nauka, 1961. 280 p.
19. Lee In-Kyoung, Kim Young-Sook, Jang Yoon-Woo, Jung Jin-Young, Yun Bong-Sik. New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2007. Vol. 17. P. 6678–6681. doi: 10.1016/j.bmcl.2007.10.072
20. Zheng W., Zhang M., Zhao Y., Miao K., Jiang H. NMR-based metabonomic analysis on effect of light on production of antioxidant phenolic compounds in submerged cultures of *Inonotus obliquus*. *Bioresource Technol.* 2009. Vol. 100 (19). P. 4481–4487.
21. Gordon A., Ford R. *Sputnik khimika* [Chemist's Companion] / transl. from Engl. Moscow, 1976. 542 p.

Сведения об авторах:

Шабалина Олеся Викторовна – преподаватель Иркутского государственного университета (Иркутск, Россия). E-mail: olive1990@inbox.ru

Григорьева Кристина Витальевна – студент Иркутского государственного университета (Иркутск, Россия).

Чернигова Елизавета Григорьевна – студент Иркутского государственного университета (Иркутск, Россия).

Баженов Борис Николаевич – кандидат химических наук, доцент Иркутского государственного университета (Иркутск, Россия). E-mail: scorpio1956@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Shabalina Olesya V. – Teacher, Irkutsk State University (Irkutsk, Russian Federation). E-mail: olive1990@inbox.ru

Grigorieva Kristina V. – Student, Irkutsk State University (Irkutsk, Russian Federation).

Chernigov Elizaveta G. – Student, Irkutsk State University (Irkutsk, Russian Federation).

Bazhenov Boris N – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Irkutsk State University (Irkutsk, Russian Federation). E-mail: scorpio1956@mail.ru

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

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.04.2025; принята к публикации 07.11.2025
The article was submitted 10.04.2025; accepted for publication 07.11.2025