

Оценка качества и биологической активности экстракта березового гриба чага «БиоЧага»

О.Н. Усольцева¹, Д.Н. Оленников², Т.В. Потупчик³

¹Общество с ограниченной ответственностью «СибПрибор»,
Российская Федерация, 664047, Иркутск, ул. Трилиссера, д. 87;

²ФГБУН, Бурятский научный центр, Сибирского отделения Российской академии наук,
Российская Федерация, 670047, Улан-Удэ, ул. Сасьяновой, 8;

³ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора
В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства Здравоохранения Российской Федерации,
Российская Федерация, 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Усольцева Ольга Николаевна – координатор научных исследований, общество с ограниченной ответственностью «СибПрибор» торговая марка «Байкальская Легенда», кандидат медицинских наук. Тел.: +7 (902) 511-61-56. E-mail: usolceva@baikal-legend.ru. ORCID: 0000-0002-6947-0057

Оленников Даниил Николаевич – ведущий научный сотрудник, ФГБУН, Бурятский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Институт общей и экспериментальной биологии, доктор фармацевтических наук. Тел.: +7 (902) 160-06-27. E-mail: olennikovdn@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8194-1061

Потупчик Татьяна Витальевна – доцент кафедры фармакологии и клинической фармакологии с курсом ПО, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, кандидат медицинских наук. Тел.: +7 (923) 294-72-04. E-mail: potupchik_tatyana@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1133-4447

РЕЗЮМЕ

Введение. «БиоЧага» – природный экстракт березового гриба чага, произведенный по авторской технологии иркутской компанией ООО «СибПрибор» под торговой маркой «Байкальская Легенда». Высокое качество экстракта «БиоЧага» обусловлено объединением экологически чистого богатого биологически активными веществами лекарственного растительного сырья чаги Прибайкалья и уникальной авторской технологией его переработки. В результате получен быстрорастворимый порошок с низкой плотностью «БиоЧага», обладающий высокой биологической активностью и биодоступностью.

Цель исследования: комплексное изучение состава и содержания биологически активного вещества (БАВ), биологической активности экстракта березового гриба чага «БиоЧага» в связи с особенностями технологии его производства.

Материал и методы. Для определения физико-химических свойств экстракта березового гриба чага «БиоЧага» использовали методы экстракции/гравиметрии, спектрофотометрии. Качественный состав изучали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для определения биологической активности экстракта березового гриба чага «БиоЧага» определяли антирадикальную активность экстракта к органическим и неорганическим радикалам естественного и искусственного происхождения методом спектрометрии и кулонометрии. Антиоксидантный потенциал оценивался с помощью спектрофотометрии и флуориметрии с определением общего антиоксидантного потенциала и способность поглощения кислородных радикалов. Железозоствановительный и железохелатирующий потенциал экстракта березового гриба чага «БиоЧага» определяли методом спектрофотометрии.

Результаты. Физико-химические характеристики состава экстракта березового гриба чага «БиоЧага» имели высокий уровень характерных для чаги соединений – низкомолекулярных фенольных соединений – $57,00 \pm 1,48$ мг/кг, высокомолекулярных фенольных соединений (меланиновый комплекс) – $24,9 \pm 1,2\%$. Характер распределения фрагментов меланинового комплекса показывает преимущественное содержание о-диоксибензоильных фрагментов, что предполагает высокую биологическую активность экстракта «БиоЧага». Показано, что «БиоЧага» обладает антиоксидантной, антирадикальной и железозоствановительной активностью. Кроме того, экстракт показал себя как хороший инактиватор молекул оксида азота, что указывает на его противовоспалительные свойства.

Заключение. «БиоЧага» является высокоактивным природным комплексным средством, характеризуется как эффективный антиоксидант, созданный по уникальной авторской технологии. Его высокая биологическая активность указывает на эффективность экстракта и позволяет рекомендовать как средство профилактики и защиты от оксидативного стресса.

Ключевые слова: «БиоЧага», березовый гриб чага, *Inonotus obliquus*, технология производства, биологически активное вещество, биологически активная добавка.

Для цитирования: Усолтцева О.Н., Оленников Д.Н., Потупчик Т.В. Оценка качества и биологической активности экстракта березового гриба чага «БиоЧага». Фармация, 2022; 71 (2): 33–40. <https://doi.org/10/29296/25419218-2022-02-06>

EVALUATION OF THE QUALITY AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE «BIOCHAGA» BIRCH FUNGUS EXTRACT

O.N. Usoltseva¹, D.N. Olennikov², T.V. Potupchik³

¹Limited Liability Company «Sibpribor», St. Trilissera, 87, Irkutsk, 664047, Russian Federation;

²Federal state budgetary institution of science of the Buryat scientific center, Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, street Casanovas, 8, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation;

³Federal state budgetary educational institution of higher education «Krasnoyarsk state medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Partizan Zheleznyak str., 1, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga Nikolaevna Usoltseva – Coordinator of Scientific research, SibPribor Limited Liability Company, Baikal Legend trademark, Candidate of Medical Sciences. Tel.: +7 (902) 511-61-56. E-mail: usolceva@baikal-legend.ru. ORCID: 0000-0002-6947-0057

Olennikov Daniil Nikolaevich – Leading Researcher, Federal State Budgetary Institution of Science, Buryat Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of General and Experimental Biology, Doctor of Pharmaceutical Sciences. Tel.: +7 (902) 160-06-27. E-mail: olennikovdn@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8194-1061

Potupchik Tatiana Vitalievna – Associate Professor of the Department of Pharmacology and Clinical Pharmacology with a course in, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Candidate of Medical Sciences. Tel.: +7 (923) 294-72-04. E-mail: potupchik_tatyana@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1133-4447

SUMMARY

Introduction. «BioChaga» is a natural extract of the birch mushroom chaga, produced according to the author's technology of the Irkutsk company SibPribor LLC under the trademark «Baikal Legend». The high quality of «BioChaga» is due to the combination of environmentally friendly chaga medicinal plant raw materials rich in biologically active substances of the Baikal region and the unique author's technology of its processing. The result is a fast-soluble «BioChaga» powder with low density, high biological activity and bioavailability.

The purpose of the study: a comprehensive study of the composition and content of BAS, biological activity of the «BioChaga» extract in connection with the peculiarities of its production technology.

Material and methods. To determine the physicochemical properties of «BioChaga» extract we used the following methods: extraction / gravimetry, spectrophotometry, the qualitative composition was studied using high-performance liquid chromatography. To determine the biological activity of «BioChaga», the antiradical activity of the extract to organic and inorganic radicals of natural and artificial origin was determined by spectrometry and coulometry. The antioxidant potential was evaluated using spectrophotometry and fluorimetry to determine the total antioxidant potential and the ability to absorb oxygen radicals. The iron-reducing and iron-chelating potential of «BioChaga» was determined by spectrophotometry.

Results. The physico-chemical characteristics of the «BioChaga» composition had a high level of compounds characteristic of the chaga: low molecular weight phenolic compounds – 57,00±1,48 mg/kg, high molecular weight phenolic compounds (melanin complex) – 24,9±1,2%. The nature of the distribution of fragments of the melanin complex shows a predominant content of o-dioxybenzoyl fragments, which suggests the presence of high biological activity in the «BioChaga». It has been shown that the «BioChaga» has antioxidant, antiradical and iron-reducing activity. In addition, the extract has proven to be a good inactivator of nitric oxide molecules, which indicates its anti-inflammatory properties.

Conclusion. «BioChaga» is a highly active natural complex agent characterized as an effective antioxidant created using a unique author's technology. Its high biological activity indicates the effectiveness of the extract and allows it to be recommended as a means of prevention and protection against oxidative stress.

Key words: «BioChaga», birch mushroom chaga, *Inonotus obliquus*, production technology, biologically active substance, biologically active additive.

For reference: Usoltseva O.N., Olennikov D.N., Potupchik T.V. Evaluation of the quality and biological activity of the «BioChaga» birch fungus extract. Farmatsiya, 2022; 71 (2): 33–40. <https://doi.org/10/29296/25419218-2022-02-06>

Введение

Терапевтическая ценность лекарственного растительного сырья (ЛРС) определяется входящими в них биологически активными веществами (БВ) [1, 2]. БВ, входящие в его состав, оказывают множественное воздействие на различные органы и системы организма человека [3, 4]. БВ, выделяемые из ЛРС, используются для производства лекарств и биологически актив-

ных добавок (БАД) [2, 5–7]. Технологии получения этих веществ различны, что существенно влияет на их состав и фармакологическую активность [1, 8]. Качественный состав и содержание БВ может зависеть от многих факторов, в том числе климатических условий его произрастания. Установлено, что ЛРС, заготавливаемое в Сибири, отличаются высоким уровнем содержания некоторых БВ (витаминов, свободных ами-

нокислот, полифенолов, макроэлементов и пр.). Помимо природно-климатических факторов, на химический состав растений оказывают влияние и экологические факторы антропогенного характера [1]. Таким образом, качество конечного продукта на растительной основе зависит от исходного качества ЛРС и технологии его переработки [1, 8]. Выделение и очистка БАВ из ЛРС в настоящее время остается сложной, трудоемкой и энергоемкой стадией промышленного производства. При экстрагировании ЛРС водой или водно-спиртовыми растворами, кроме действующих веществ, извлекаются нестабильные при хранении балластные вещества, которые снижают качество БАВ и требуют энергетических затрат на их очистку [2]. Кроме того, показано, что при различных способах экстракции формируется индивидуальная водополимерная система, в которой полифенольные комплексы существенно различаются параметрами [8].

Сегодня очень популярна тема здорового образа жизни и высока потребность в получении эффективных и безопасных БАД из ЛРС с высоким содержанием БАВ. Наибольшее применение в промышленности получили экстракционные (новогалановые) лекарственные препараты и БАД.

Регулярное потребление полифенолов в рационе связано со снижением риска ряда хронических заболеваний, включая онкологические, сердечно-сосудистые заболевания и нейродегенеративные расстройства [9]. Полифенолы являются одним из основных значимых БАВ в чаге. На сегодняшний день на рынке существуют различные виды экстрактов чаги, полученные по разным методикам с применением разных экстрагентов. Эти экстракты неоднородны по физико-химическому составу и обладают разной биологической активностью [8, 10, 11].

В настоящее время на российском рынке присутствуют различные препараты на основе чаги – Чага (березовый гриб) в виде лекарственной формы чага измельченная и гриба березового экстракт + кобальта хлорид (Бефунгин) в виде раствора или концентрата для приема внутрь. Действие препарата Бефунгин определяется эффектом входящих в состав БАВ (полисахариды, гуминоподобная чаговая кислота, органические кислоты, микроэлементы, в т.ч. марганец и кобальт, стероидные и другие соединения). Препарат регулирует метаболические процессы, повышает защитные силы организма, действует как общеукрепляющее средство [12].

Иркутская компания ООО «СибПрибор» занимается вопросами лечебно-профилактической медицины с использованием ЛРС. Авторская технология водного экстрагирования березового гриба чага разрабатывалась группой ученых около 10 лет. Сегодня под торговой маркой «Байкальская Легенда» компания производит БАД «БиоЧага» в виде порошка для приема внутрь, содержащий сублимированный экстракт чаги. Технологические особенности производства позволяют получить экстракт фармакопейного качества с высоким содержанием БАВ в их активной форме и с моментальным растворением в обычной питьевой воде, что указывает на его потенциально высокую биодоступность.

Экстракт «БиоЧага» получают при помощи водной экстракции. Одной из особенностей технологии является низкотемпературное экстрагирование, что позволяет максимально сохранить БАВ исходного сырья. Для экстракции используются только экологически чистое сырье чаги, собранной в Прибайкалье, и специально подготовленная вода с последующей сублимационной сушкой. В результате получается экстракт «БиоЧага» с низкой плотностью, который полностью растворяется в холодной воде и на 100% состоит из активной действующей субстанции.

Целью исследования было комплексное изучение состава и содержания БАВ и биологической активности экстракта «БиоЧага» в связи с особенностями технологии его производства.

Материал и методы

Для изучения физико-химических свойств и биологической активности сублимированного экстракта березового гриба чага «БиоЧага» на базе Бурятского научного центра сибирского отделения Российской академии наук (БНЦ СО РАН) института общей и экспериментальной биологии проведен комплекс лабораторных исследований, в результате которых были изучены физико-химические показатели экстракта и его биологическая активность.

Определение физико-химических показателей экстракта березового гриба чага «БиоЧага»

1. Содержание экстрактивных веществ (водорастворимых компонентов экстракта экстракта «БиоЧага») проводили согласно методике, описанной в Государственной Фармакопее РФ [13]. В качестве оборудования использовались весы электронные лабораторные НТН-220СЕ.

2. Определение зольности экстракта «БиоЧага» проводилось на весах электронных лабораторных HTR-220CE (Япония) [13].

3. Содержание водорастворимых полисахаридов (ВРПС) методом спектрофотометрии определялось при помощи прибора Спектрофотометр ПЭ-5400УФ (ЭКРОС, СПб);

4. Определение содержания низкомолекулярных фенольных соединений (НФС) в экстракте «БиоЧага» исследовали методом спектрофотометрии. Для исследования применяли спектрофотометр ПЭ-5400УФ по методике модифицированного метода Фолин-Дениса.

5. Содержание высокомолекулярных фенольных соединений (ВФС), хромогенный комплекс, меланин) определялось при помощи прибора «Весы электронные лабораторные HTR-220CE» (Shinko Denshi, Япония) [13].

6. Молекулярные фрагменты меланина определялись методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) при помощи прибора «Хроматограф микроколоночный милихром А-02» («Эконова», Новосибирск). Методика заключалась в следующем: навеску меланина (20 мг) нагревали при 250°C со 100 мг тонкоизмельченного КОН в течение 4 мин. После охлаждения смесь растворяли в 5 мл воды, раствор нейтрализовали раствором 80% серной кислоты до pH 4–5 и подвергали полученную смесь жидкофазной экстракции этилацетатом (3-кратно по 2 мл). Экстракты объединяли, концентрировали в вакууме досуха, сухой остаток растворяли в 100 мкл метанола и анализировали методом ВЭЖХ. Условия ВЭЖХ: колонка ProntoSIL-120-5-C18 AQ (2×75 мм, 5 мкм; Metrohm AG); подвижная фаза: 0,2 М LiClO₄ в 0,006 М HClO₄ (А), MeCN (В); градиентный режим (% В): 0–6 мин 5–15%, 6–10 мин 15%, 10–16 мин 15–25%, 16–20 мин 25–90%; ν 150 мкл/мин; температура колонки 35°C; УФ-детекция при длине волны 270 нм.

Определение биологической активности экстракта «БиоЧага»

1. Антиоксидантный потенциал экстракта «БиоЧага» исследован 2 способами: определение общего антиоксидантного потенциала (ОАП) и определение Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) – способности поглощения кислородных радикалов. Показатель ОАП представляет собой аддитивный потенциал препарата к проявлению антиоксидантных свойств и выражается в эквивалентах какого-либо антиоксиданта, в данном случае – галловой кислоты (мг экв. галл. кислоты/г). Определяли методом спектрофотометрии при

помощи прибора спектрофотометр ПЭ-5400 УФ (ЭКРОС, СПб) [14]. ORAC определяли методом флуориметрии при помощи прибора флуориметр КВАНТ-9 (ОАО «Барнаульское ОКБА») по методике BioTek Instruments, Inc, Application Note, Performing Oxygen Radical Absorbance Capacity у Assays with Synergy™HT. Антирадикальная активность к органическим радикалам искусственного и естественного происхождения измерялась методом спектрофотометрии на спектрофотометре ПЭ-5400УФ (ЭКРОС, СПб) [15].

2. Антирадикальная активность против неорганических радикалов (радикал Br• и Cl•) проводили методом кулонометрии при помощи прибора Кулонометр Эксперт 006 (Эконикс Эксперт, Россия) [16].

3. Железозооствановительная и железохелатирующая способность экстракта «БиоЧага» определялась методом спектрофотометрии на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ (ЭКРОС, СПб) [16,17].

4. Связывание экстракта «БиоЧага» оксида азота (NO) определяли методом спектрофотометрии при помощи прибора Спектрофотометр ПЭ-5400 УФ [18].

5. Исследование защиты органического субстрата от окислительного стресса, вызванного липопероксидами, проводилось методом спектрометрии при помощи прибора Спектрофотометр ПЭ-5400 УФ [17]. Данная модель позволяет изучить способность данного средства к защите органического субстрата, аналогом в живом организме является клеточная стенка. В качестве источника повреждения служит целый каскад перекисных компонентов, образующихся в результате реакции пероксида водорода, диметилсульфоксида и арахидоновой кислоты. Если показатель IC₅₀ <50 мкг/мл, то средство можно считать потенциально протекторным для защиты клеточной мембраны.

Результаты и обсуждение

В результате изучения физико-химического состава экстракта «БиоЧага» показано, что он вызывает на экстрактивный препарат из трутовика скошенного (*Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pil.).

Содержание экстрактивных веществ (водорастворимых) в образцах «БиоЧага» составило 92,2±2,3% (табл. 1). Данный показатель характеризует содержание соединений, обладающих потенциальной биодоступностью ввиду их хорошей растворимости в воде. Показатель зольности для экстракта «БиоЧага» составил 7,85±0,31%, что соответствует ГФ XIV (см. табл. 1). Показатель ВРПС

составил $2,54 \pm 0,06\%$, он указывает на то, что препарат нативный и не подвергался дополнительной очистке (см. табл. 1).

Показатель НФС «БиоЧага» составляет $57,00 \pm 1,48$ мг/кг, что является основным химическим показателем содержания антиоксидантов в продукте (см. табл. 1).

Показатель ВФС составил $24,9 \pm 1,2\%$ (см. табл. 1), что свидетельствует о присутствии в образце так называемого меланоуглеводного/хромогенного комплекса (меланина) (см. табл. 1).

Для определения биологической активности класса ВФС методом ВЭЖХ проведено исследование по выделению молекулярных фрагментов меланина, которые отличаются по своим свойствам. В продуктах щелочной деструкции экстракта «БиоЧага» обнаружено 5 молекулярных фрагментов меланина – 4-дигидроксибензойная кислота (2%), 3,4-дигидроксибензойная кислота (82%), 4-метилбензойная кислота (3%), 3,4-диметилоксибензойная кислота (8%), 3,5-диметокси-4-гидроксибензойная кислота (5%).

Характер щелочного расщепления свидетельствует о том, что меланин экстракта «БиоЧага» содержал в составе преимущественно фрагменты пирокатехинового и пирогаллового типов, распадающихся до 3,4-дизамещенных кислот. Высокое содержание 3,4-дигидрокси-фрагментов предполагает наличие у меланина выраженных антиоксидантных свойств.

Содержание ВРПС составило $2,54 \pm 0,06\%$ (см. табл. 1), данная группа соединений является сопутствующей для меланинодержащих препаратов и свидетельствует о том, что экстракт не подвергался дополнительным процедурам очистки.

Таким образом, по физико-химическому составу «БиоЧага» является нативным экстрактом, не подвергавшийся дополнительной химической очистке, который представлен в форме порошка с низкой плотностью с высоким содержанием антиоксидантов в биологически активной форме.

Для подтверждения биологической активности экстракта «БиоЧага» проведены исследования, показывающие ее антиоксидантное, антирадикальное, железовосстановительное и железохелатирующее действие (табл. 1–6). Так же экстракт «БиоЧага» исследовался на эффективность в отношении ингибирования NO и как средство защиты органического субстрата от окислительного стресса, вызванного липопероксидами.

ОАП экстракта «БиоЧага» составил $73,1 \pm 2,9$ мг экв. галл. кислоты/г, что подтверждает его высо-

кие антиоксидантные свойства (см. табл. 2). Это свойство коррелирует с высоким содержанием НФС (см. табл. 1) и доминирующим распределением 3,4-дигидрокси-фрагментов в меланине экстракта «БиоЧага».

Таблица 1

Физико-химические показатели экстракта «БиоЧага»

Table 1

Physical and chemical parameters of «BioChaga»

Содержание	Метод	X±SD, %
Водорастворимых компонентов	Экстракция/гравиметрия (Фармокопей XIII изд., т. 1)	92,2±2,3
Зола	Озоление/гравиметрия	7,85±0,31
НФС	Метод спектрофотометрии (модифицированный метод Фолин-Дениса)	57,00±1,48
ВФС	Экстракция/гравиметрия (методика Фармокопей XIII изд., т.1)	24,9±1,2
ВРПС	Спектрометрия Модифицированный метод Дрейвуда (2006)	2,54±0,06

Таблица 2

Показатели антиоксидантной активности экстракта «БиоЧага»

Table 2

Indicators of antioxidant activity of the «BioChaga» extract

Свойство	Метод	Показатель
Антиоксидантное	ORAC, флуориметрия, мкМТЕ/г	1859±42
Антиоксидантное	ТАС ОАП, спектрометрия, мг экв. галл. кислоты/г	73,1±2,9

Таблица 3

Сравнительные значения ORAC экстракта «БиоЧага» и других антиоксидантов

Table 3

Comparative ORAC values of «BioChaga» and other antioxidants

Препарат	ORAC, мкМ ТЕ/г
«БиоЧага»	1859±42
Катехин	27042±703
Аскорбиновая кислота	2185±56
Витамин Е	1247±31

Примечание. ТЕ – эквиваленты тролокса (ORAC тролокса – 4000 мкМ ТЕ/г)
Note. TE = trolox equivalents (trolox ORAC = 4000 μM TE/g)

Антиоксидантная активность экстракта «БиоЧага» по методу ORAC составила 1859 мкМ ТЕ/г, что превышает таковую у витамина Е (1247 мкМ ТЕ/г) и была близка к эффективности аскорбиновой кислоты (2185 мкМ ТЕ/г) (табл. 3).

Антирадикальное действие экстракта «БиоЧага» показано в отношении органических и неорганических искусственных и естественных свободных радикалов (см. табл. 4, 5).

Исследование антирадикальной активности против нейтрального радикала DPPH (ис-

кусственный радикал) показало, что препарат «БиоЧага» является активным с показателем 50% связывания радикалов 55,8 мкг/мл, против катион-радикала ABTS (искусственный радикал). Показана высокая активность с показателем 50% связывания радикалов 37,4 мкг/мл. Кроме того, «БиоЧага» показала хорошие значения в отношении N-центрированного радикала DMPD (искусственный радикал) с показателем 50% связывания радикалов 82,1 мкг/мл.

Исследование антирадикальной активности против естественных радикалов, супероксидного и гидроксильного радикалов показало, что препарат «БиоЧага» является активным средством с хорошим показателем (50%) связывания радикалов 51,7 и 82,3 мкг/мл соответственно.

Исследование антирадикальной активности против радикала брома (неорганический искусственный радикал) и радикала хлора (неорганический естественный радикал) показало, что «БиоЧага» обладает хорошей способностью связывать данные радикалы с показателями 285,75±7,14 и 252,16±6,5 мг экв./г соответственно. Антирадикальные свойства экстракта «БиоЧага» могут быть оценены как перспективные средства в борьбе с органическими и неорганическими оксидантами эндогенного и экзогенного характера для детоксикации организма.

Железовосстановительная (показатель, характеризующий потенциальную способность средства к восстановлению свободных радикалов) и железохелатирующая способности экстракта «БиоЧага» показана в табл. 6. Показатели в диапазоне 2–5 мМ Fe²⁺/г свидетельствует об очень высокой активности средства. Ионы Fe²⁺ являются активными участниками процесса дестабилизации антиоксидантного равновесия в живом организме, образуя в присутствии пероксида водорода так называемый реактив Фентона – естественный катализатор процессов пероксидации. Меланины как естественные фенольные сетки со свободными карбоксильными и гидроксильными группами обладают способностью к связыванию (хелатированию) данных ионов. Препарат «БиоЧага» ввиду высокого содержания меланина обладает хорошей способностью к связыванию ионов Fe²⁺ (16,7 мг Fe²⁺/г) и характеризуется как сильный восстановитель, близкий по активности к аскорбиновой кислоте и иону.

Оксид азота (NO) является плейотропным медиатором ряда патологических процессов в живом организме, включая воспаление, окисли-

Таблица 4

Показатели антирадикальной активности экстракта «БиоЧага» к органическим радикалам искусственной и естественной природы радикалов неорганической природы

Table 4

Antiradical activity indicators of «BioChaga» to artificial and natural organic radicals

Показатель	Показатель IC, мкг/мл
DPPH нейтральный искусственный радикал	55,8±1,4
ABTS Катион-радикал искусственной природы	37,4±1,0
DMPD N-центрированный радикал	82,1±3,2
O ₂ супероксид радикал	51,7±1,5
ОН гидроксильный радикал	82,3±4,1

Таблица 5

Антирадикальная активность

Table 5

Antiradical activity against radicals of inorganic nature

Показатель	Эквиваленты галловой кислоты, мг экв./г
Радикал Br ⁻ (искусственный)	285,75±7,14
Радикал Cl ⁻ (естественный)	252,16±6,50

Таблица 6

Железовосстановительная и железохелатирующая способность экстракта «БиоЧага», мМ Fe²⁺/г

Table 6

Iron-reducing and iron-chelating ability of «BioChaga», мМ Fe²⁺/г

Показатель	Значение
Железовосстановительная способность	3,75±0,11
Железохелатирующая активность	16,7±0,6

тельный стресс и другие. Способность средства к инактивации NO демонстрирует его потенциальные антиоксидантные и противовоспалительные свойства. Показатель активности <math>< 500 \text{ мкг/мл}</math> указывает на активность продукта в отношении связывания NO. У экстракта «БиоЧага» этот показатель составил $\sim 300 \text{ IC}_{50} \text{ мкг/мл}$, что демонстрирует его противовоспалительный потенциал.

Изучены также протективные свойства экстракта «БиоЧага» в экспериментальной модели повреждения органического субстрата (имитация клеточной стенки) от окислительных повреждений, вызванных липопероксидными соединениями. Показано, что «БиоЧага» хорошо защищает гидрофильные компоненты клеточной мембраны ($\text{IC}_{50} \text{ мкг/мл} = 32,2 \pm 1,1$). Однако протекторные свойства к липофильным компонентам показали средние значения ($\text{IC}_{50} \text{ мкг/мл} = 76,7 \pm 3,0$).

Данные исследования подтверждают протекторное действие экстракта «БиоЧага» на компоненты клетки, в том числе генетический аппарат, которые были выявлены в экспериментальном исследовании антигенотоксического действия экстракта «БиоЧага» [9].

Научная новизна состоит в изучении физико-химических особенностей экстракта «БиоЧага» ввиду особенностей технологии его производства. Кроме того, в исследовании применен широкий спектр методик, определяющих биологическую активность экстракта.

Очевидно, что высокие показатели НФС и ВФС с особым распределением молекулярных фрагментов меланина (о-диоксибензоильных фрагментов) объясняется особенностями технологии производства данного экстракта. Это обеспечивает его высокие антиоксидантные, антирадикальные и железовосстановительные свойства. Также в исследованиях «БиоЧага» отмечен выраженный противовоспалительный эффект (инактивирует молекулы NO) и оказывает сильное защитное действие вызванного липопероксидами на гидрофильные компоненты клеточной мембраны.

Таким образом, данное исследование определяет клинический потенциал экстракта «БиоЧага» и показывает основные направления его использования. Основываясь на этих данных, экстракт березового гриба чага «БиоЧага» можно рекомендовать как профилактическое средство защиты клеток организма и генетического материала от избыточного воздействия оксидан-

тов с целью снижения риска ряда хронических заболеваний, включая рак, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет и нейродегенеративные расстройства, что также подтверждено в ряде исследований [4, 6, 9, 19].

Заключение

Созданный по уникальной авторской технологии новый высококачественный экстракт березового гриба чага «БиоЧага» является высокоактивным природным комплексным средством, характеризуемым выраженной антиоксидантной активностью. Его высокая биологическая активность указывает на эффективность экстракта и позволяет рекомендовать его в качестве средства профилактики и защиты от оксидативного стресса.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Литература/References

1. Струпан Е.А., Колодязная В.С., Струпан О.А. Технология получения экстрактов из дикорастущего растительного сырья, широко применяемого в пищевой промышленности и фитотерапии. Вестник КрасГАУ. 2012; 8: 199–205. [Strupan E.A., Kolodyaznaya V.S., Strupan O.A. Technology for obtaining extracts from wild plant raw materials widely used in the food industry and phytotherapy. Bulletin of KrasGAU. 2012; 8: 199–205 (in Russian)].
2. Хасанов В.В., Слизов Ю.Г., Чумаков А.А., Бажина С.В. «Анализ состава и свойств сырья березового гриба чаги *Inonotus obliquus* (PERS.) PILAT, собранного в пермской области. Химия растительного сырья. 2015; 2: 43–8. [Khasanov V.V., Slizhov Yu.G., Chumakov A.A., Bazhina S.V. Analysis of the composition and properties of raw materials of the birch fungus chaga *Inonotus obliquus* (PERS.) PILAT collected in the Perm region. Chemistry of plant raw materials. 2015; 2: 43–8 (in Russian)]. DOI: 10.14258/jcprm.201502533
3. Салова Т.Ю., Громова Н.Ю. Теоретические аспекты получения биологически активных веществ из растительного и животного сырья. Успехи современного естествознания. 2016; 3: 39–43. [Salova T.Yu., Gromova N.Yu. Theoretical aspects of obtaining biologically active substances from plant and animal raw materials. The successes of modern natural science. 2016; 3: 39–43 (in Russian)].
4. Баландайкин М.Э. К вопросу об изучении химической структуры и лечебных свойств *Inonotus obliquus* (PERS.) Pil. Химия растительного сырья. 2013; 2: 15–22. [Balandaykin M.E. On the study of the chemical structure and medicinal properties of *Inonotus obliquus* (PERS.) Pil. Chemistry of plant raw materials. 2013; 2: 15–22. (in Russian)]. DOI: 10.14258/jcprm.1302015

5. Переведенцева Л. Использование дикорастущих грибов в лечебных целях в Пермском крае, Россия. Экология и инженерия. 2013; 2: 236–42. [Perevedentseva L. The use of wild mushrooms for medicinal purposes in the Perm Region, Russia. Ecology and engineering. 2013; 2: 236–42 (in Russian)].
6. Змитрович И.В., Денисова Н.П., Баландайкин М.Э. и др. Чага и ее биоактивные комплексы: история и перспективы. Формулы фармации. 2020; 2 (2): 84–93. [Zmitrovich I.V., Denisova N.P., Balandaykin M.E. et al. Chaga and its bioactive complexes: history and prospects. Pharmacy formulas. 2020; 2 (2): 84–93 (in Russian)]. DOI: 10.17816/phf34803
7. Ma L., Cen H., Dong P., Lu H. et al. Anti-inflammatory and antitumor activity of extracts and compounds from the fungus *Inonotus obliquus*. Food Chem. 2013; 139 (1–4): 503–8. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.01.030
8. Семенова Е.В., Тюменцева В.Р., Козубенко А.А. и др. Биологически активные соединения грибов – источник инноваций в медицине. Современные проблемы науки и образования. 2020; 1. Доступно на: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29455>. [Semenova E.V., Tyumentseva V.R., Kozubenko A.A. et al. Biologically active compounds of fungi are a source of innovation in medicine. Modern problems of science and education. 2020; 1. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29455> (in Russian)].
9. Сысоева М.А., Хабибрахманова В.Р., Гамаюрова В.С. и др. Исследование золя водных извлечений чаги. XII. Осаждение дисперсной фазы водного извлечения чаги при изменении pH среды. Химия растительного сырья. 2009; 1: 131–5. [Sysoeva M.A., Khabibrakhmanova V.R., Gamayurova V.S. et al. Investigation of sol of aqueous extracts of chaga. XII. Precipitation of the dispersed phase of aqueous extraction of chaga with a change in the pH of the medium. Chemistry of plant raw materials. 2009; 1: 131–5 (in Russian)].
10. Živković L., Bajić V., Topalović D. et al. Antigenotoxic Effects of Biochaga and Dihydroquercetin (Taxifolin) on H₂O₂-Induced DNA Damage in Human Whole Blood Cells. Oxid Med Cell Longev. 2019; 2019: 5039372. DOI: 10.1155/2019/5039372.
11. Olennikov D., Tankhaeva L.M., Rokhin A.V. et al. Physicochemical properties and antioxidant activity of melanin fractions from *Inonotus obliquus* sclerotia. Chemistry of Natural Compounds. 2012; 48 (3). DOI:10.1007/s10600-012-0260-y
12. Государственный реестр лекарственных средств. <https://grls.rosminzdrav.ru/GRLS.aspx> [State Register of Medicines. <https://grls.rosminzdrav.ru/GRLS.aspx> (in Russian)].
13. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018. [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition Moscow, 2018. (in Russian)].
14. Prieto P., Pineda M., Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Anal Biochem. 1999; 269 (2): 337–41. DOI: 10.1006/abio.1999.4019.
15. Seyoum, A., Asres, K., El-Fiky, F.K. Structure-Radical Scavenging Activity Relationships of Flavonoids. Phytochemistry, 2006; 67: 2058–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.07.002>
16. Yen G.-C., Su H.-J., Yeh C.-T., Wu C.-H., Duh P.-D. scavenging effects of lotus seed extracts on reactive nitrogen species. 2006; 94 (4): 596–602 DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.11.052
17. Potapovich M.V., Metelitz D.I., Shadyro O.I., Kurchenko V.P. Antioxidant activity of oxygen-containing aromatic compounds. Appl. Biochem. Microbiol. 2011; 47 (4): 346–55. DOI: 10.1134/S0003683811040144
18. Zhou B., Guo Z., Xing J., Huang B. Nitric oxide is involved in abscisic acid-induced antioxidant activities in *Stylosanthes guianensis*. Journal of Experimental Botany. 2005; 56: 3223–8.
19. Song F.Q., Liu Y., Kong X.S. et al. Progress on understanding the anticancer mechanisms of medicinal mushroom: *Inonotus obliquus*. Asian Pac J. Cancer Prev. 2013; 14 (3): 1571–8. DOI: 10.7314/apjcp.2013.14.3.1571

Поступила 10 февраля 2022 г.

Received 10 February 2022

Принята к публикации 24 февраля 2022 г.

Accepted 24 February 2022