

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1313

EDN: PDMGPP

УДК 633.88.004.8



Научная статья

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ШРОТА ЭЛЕУТЕРОКОККА ДЛЯ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*О.А. Петренко, А.А. Кузнецова, О.В. Щеняцкая,
Ю.В. Щербакова, Р.К. Закиров, Ф.Ю. Ахмадуллина*

Аннотация

Обоснование. На фармацевтических предприятиях при производстве лекарственных композиций из растительного сырья образуется достаточно большое количество отходов (шроты). Однако, шрот лекарственных растений может являться недорогим источником целлюлозы и остаточных биологически активных веществ, кроме того, это экологически чистый отход. В связи с этим растительные шроты можно использовать как вторичное сырье для производства ценных продуктов.

Цель исследования. Целью данной работы являлось изучение свойств шрота элеутерококка колючего и оценка его потенциала для переработки с использованием биотехнологий.

Материалы и методы. Объект исследования – шрот элеутерококка колючего. У шрота определяли влажность и зольность, остаточные биологически активные вещества оценивали в водных экстрактах шрота элеутерококка, полученных методом мацерации. С помощью качественных реакций выявляли белки, углеводы, флавоноиды, витамины группы В. Количественное определение витаминов С и Р проводили методом титриметрии. Антирадикальную активность определяли колориметрическим методом с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Интегральную антиоксидантную активность экстрактов измеряли методом кулонометрического титрования электрогенерированным бромом. Элементный состав оценивали на элементном CHNSO-высокотемпературном анализаторе Euro EA 3028-HT-OM.

Результаты. Все исследованные фитоэкстракты содержали белки, углеводы, флавоноиды и витамины группы В, С и Р. Все экстракты обладали антиоксидантной активностью.

Заключение. Внесены предложения по утилизации шрота элеутерококка: показано возможность использования экстрактов на его основе как компонента питательной среды для культивирования хлебопекарных дрожжей, а шрот после вторичного экстрагирования использовать в качестве субстрата для выращивания плодовых грибов.

Ключевые слова: шрот элеутерококка; экстракция; антиоксидантная активность; вторичное использование отходов

Для цитирования. Петренко, О. А., Кузнецова, А. А., Щеняцкая, О. В., Щербаклова, Ю. В., Закиров, Р. К., & Ахмадуллина, Ф. Ю. (2025). Оценка потенциала шрота элеутерококка для вторичного использования. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 254-269. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1313>

Original article

CAPACITY ASSESSMENT OF ELEUTHEROCOCCUS MEAL FOR SECONDARY USE

O.A. Petrenko, A.A. Kuznetsova, O.V. Shchenyatskaya, Yu.V. Shcherbakova, R.K. Zakirov, F.Yu. Akhmadullina

Abstract

Background. In the production of medicinal compositions from plant raw materials, pharmaceutical enterprises generate a fairly large amount of waste (meals). However, the meal of medicinal plants can be an inexpensive source of cellulose and residual bioactive substances. In addition, it is environmentally friendly waste. In this regard, plant meals can be used as secondary raw materials for the production of valuable products.

Purpose. The purpose of this work was to study the properties of Eleutherococcus senticosus meal and assess its potential for processing using biotechnologies.

Materials and methods. The object of the study is Eleutherococcus senticosus meal. The content of moisture and ash of the meal were determined, residual bioactive substances were estimated in aqueous extracts of Eleutherococcus meal obtained by maceration. Proteins, carbohydrates, flavonoids, and B vitamins were identified using qualitative reactions. Vitamins C and P were quantitatively determined by titrimetric method. Antiradical activity was determined by a colorimetric method using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl reagent. The integral antioxidant activity of the extracts was measured by coulometric titration with electrogenerat-

ed bromine. The elemental composition was estimated on a Euro EA 3028-HT-OM elemental CHNSO high-temperature analyzer.

Results. All the phytoextracts studied contained proteins, carbohydrates, flavonoids and vitamins of groups B, C and P. All extracts showed antioxidant activity.

Conclusion. Suggestions were made for the utilization of *Eleutherococcus* meal: the possibility of using extracts based on it as a component of a nutrient medium for cultivating baker's yeast was shown, and the meal after secondary extraction can be used as a substrate for growing fruit mushrooms.

Keywords: *Eleutherococcus* meal; extraction; antioxidant activity; waste recycling

For citation. Petrenko, O. A., Kuznetsova, A. A., Shchenyatskaya, O. V., Shcherbakova, Yu. V., Zakirov, R. K., & Akhmadullina, F. Yu. (2025). Capacity assessment of *Eleutherococcus* meal for secondary use. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 254-269. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1313>

Введение

В современном мире из-за воздействия множества антропогенных факторов очень актуальными стали проблемы бережного отношения к приплодным ресурсам и сохранению благоприятных для жизни условий окружающей среды. За последние десятилетия особенно острой стала проблема, связанная с накоплением отходов. Увеличения потребительского спроса, и как следствие развитие промышленности стали результатом того, что предприятия каждый день производят огромное количество различных видов отходов. Их утилизация становится все более сложной задачей, так как для этого необходимо большое количество ресурсов и затрат. Так же стоит отметить, что из-за увеличения разнообразности отходов и их объемов, требуется разработка и развитие новых технологий по их утилизации и вторичному использованию.

Элеутерококк колючий – *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.), сем. *Agaliaceae*- является всемирно известным лекарственным растением, которое широко используется в медицине. Популярность элеутерококка как научного объекта и медицинского средства объясняется его востребованными фармакологическими свойствами и достаточной сырьевой базой [1; 2; 17; 20]. В основном как лекарственное средство он применяется в виде жидких экстрактов. При получении лекарственных экстрактов образуется шрот, который относится к отходам Г класса (СанПиН 2.1.3684-21). Для фармакологических предприятий данные отходы являются статьей расхода, т.к. требуют средств для их утилизации сторонними организациями. Однако, согласно литературным данным [16; 18], шрот может являться

недорогим источником целлюлозы и остаточных биологически активных веществ. Кроме того, отходы фармпроизводства можно отнести к экологически чистым, поскольку сырье проходит жесткий контроль качества на предприятиях, в том числе и по токсическим элементам. Это обуславливает возможность использования шрота как источника целлюлозы для выращивания на нем высших грибов [10], а вторичные экстракты шрота как источник биологически активных веществ [4], которые можно использовать в качестве компонента питательных сред для культивирования микроорганизмов-продуцентов ценных биомолекул. К таким микроорганизмам можно отнести дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*.

Цель. В связи с этим целью данной работы являлось изучение свойств шрота элеутерококка колючего и оценка его потенциала для переработки с использованием биотехнологий.

Материалы и методы

Объект исследования – шрот, полученный после экстракции корней и корневищ элеутерококка колючего на АО «Татхимфармпрепараты».

У шрота в работе определяли влажность (ОФС.1.5.3.0007.15.) и зольность (ОФС.1.2.2.2.0013.15.) с помощью стандартных общепринятых методик.

Остаточные биологически активные вещества в шроте элеутерококка определяли в его водных экстрактах.

Методы получения экстрактов из шрота

Мацерация при комнатной температуре (Экстракт А). Брели навеску шрота в количестве 35 г, в качестве экстрагента использовали дистиллированную воду (гидромодуль 1:4). Настаивание проводили в течение 24 часов при комнатной температуре (22 °С). После мацерации экстракт фильтровали через бумажный фильтр при комнатной температуре (22 °С) [1].

Мацерация при температуре 100°С (Экстракт Б). Навеску шрота (35 г) заливали дистиллированной водой (гидромодуль 1:4) и доводили до кипения. После экстракт фильтровали через бумажный фильтр при комнатной температуре (22 °С).

Методы исследования водных экстрактов из шрота элеутерококка

Качественные реакции. Наличие углеводов определяют с помощью реакции Молиша, наличие белка с помощью реакции Бредфорда [7]. Флавоноиды определяют с помощью качественной реакции с гидроксидом натрия [8]. Также проводили качественные реакции на водорастворимые витамины (В₁, В₃) [11].

Количественное содержание аскорбиновой кислоты в окрашенных растворах. Метод основан на способности аскорбиновой кислоты восстанавливать 2,6-дихлорфенолиндофенол. В щелочной среде 2,6-дихлориндофенол имеет синюю окраску, в кислой – красную, а при восстановлении обесцвечивается [12].

Количественное определение рутина. Метод основан на способности рутина окисляться перманганатом калия. В качестве индикатора используется индигокармин, который вступает в реакцию с калия перманганатом после того, как окислится весь рутин [13].

Антирадикальную активность определяли колориметрическим методом с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила при длине волны 517 нм в кювете толщиной 0,5 см. В качестве раствора сравнения использовали 80% этанол. Антирадикальную активность образцов фитоекстрактов выражали в мкМ-экв Trolox [9].

Интегральную антиоксидантную активность (ИАА) экстрактов измеряли методом кулонометрического титрования электрогенерированным бромом, используя в качестве стандарта рутин [5].

Элементный состав определяли на элементном CHNSO-высокотемпературном анализаторе Euro EA 3028-HT-OM («EuroVector Instruments & Software», Италия).

Результаты

Результаты по изучению свойств шрота (таблица 1) показали, что шрот элеутерококка имеет низкую влажность и зольность, что обуславливает возможность его использования для производства активированного угля. Согласно работе [3], активированный уголь из шрота элеутерококка показал хорошие результаты при очистке сточных вод от антибиотика стрептомицина. В нашем случае, шрот элеутерококка – это отход фармацевтического предприятия, на котором сырье перед поступлением проходит жесткий контроль по токсичным элементам, таким образом, полученный из него активированный уголь можно будет использовать как сорбент медицинского назначения.

Таблица 1.

Показатели шрота элеутерококка

| Показатели | Эксперимент 1 | Эксперимент 2 | Эксперимент 3 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Влажность, % | 63,02±0,52 | 63,18±0,65 | 63,11±0,46 |
| Зольность, % | 3,762±0,58 | 3,780±0,48 | 3,774±0,49 |

Полученные экстракты из шрота элеутерококка были проанализированы на наличие в них основных биохимических компонентов с помощью качественных реакций: белки, углеводы, флавоноиды, поскольку растительное сырье является их богатейшим источником (рисунок 2). Наличие липидов было выявлять в фитоэкстрактах нецелесообразно, т.к. экстрагентом являлась дистиллированная вода.

Как показывают результаты, во всех двух экстрактах из шрота элеутерококка, полученных разными методами, были обнаружены углеводы, белки, флавоноиды – т.е., те компоненты, которые могут служить источником питания для культивирования дрожжей. Что касается выращивания грибов, то шрот как отход фитосырья является богатым источником целлюлозы, которая необходима для культивирования высших грибов [14, 15, 19, 21].

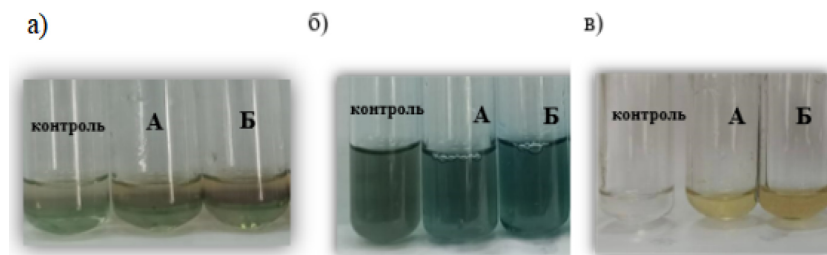


Рис. 2. Результаты качественных реакций: а) результаты реакции Молиша (при положительной реакции образуется соединение фиолетового цвета) б) результаты реакции Бредфорда (при наличие белка развивается голубая окраска), в) реакции на флавоноиды (флавоноиды дают желтое окрашивание): контроль – дистиллированная вода; А – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при комнатной температуре; Б - экстракт из шрота элеутерококка, полученный путем кипячения.

Результаты элементного анализа экстракта из шрота элеутерококка (таблица 2) выполненного на элементном анализаторе, подтверждают наличие в шроте органических соединений, выявленных с помощью качественных реакций.

Таблица 2.

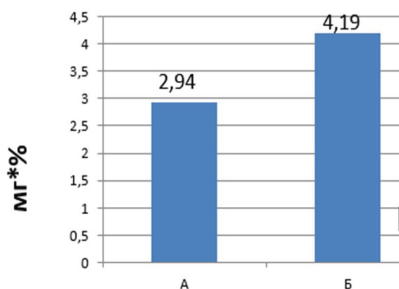
Результаты элементного анализа экстракта шрота элеутерококка

| Элементы, % | | | |
|-------------|------|------|------|
| С | Н | Н | S |
| 40,47 | 6,09 | 1,27 | 2,02 |

Кроме того, для культивирования дрожжей и грибов важно, наличие в среде культивирования факторов роста, в частности витаминов. Поскольку полученные нами экстракты являются водными, в работе представляло интерес определить содержание в них водорастворимых витаминов, наиболее широко распространенными среди которых являются аскорбиновая кислота и витамин Р. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 3.

Основная роль витаминов в грибах сводится к участию в обмене веществ. Являясь составной частью многих ферментов, витамины принимают участие в регуляции азотистого, углеводного и жирового обмена. Биосинтез белков и аминокислот не происходит в отсутствие ряда витаминов, особенно это относится к витаминам группы В.

а)



б)

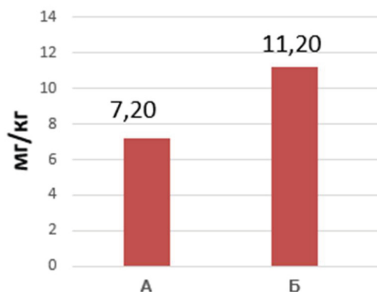


Рис. 3. Содержание а) аскорбиновой кислоты б) рутина в фитоэкстрактах (усредненные данные): А – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при комнатной температуре; Б – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при 100 °С

В связи с этим в работе дополнительно с помощью качественных реакций определяли витамин В₁ (тиамин) и В₅ (никотинамид). Результаты качественных реакций представлены на рисунке 4.

Поскольку в экстрактах шрота элеутерококка были выявлены флавоноиды, которые являются основными антиоксидантами растительного сырья и могут выполнять защитные функции, повышая стрессоустойчивость микроорганизмов, культивируемых на средах, содержащих их, в работе оценивали антиоксидантную активность фитоэкстрактов двумя методами: метод DPPH и кулонометрическим титрованием электрогенерированным бромом (рисунок 5).

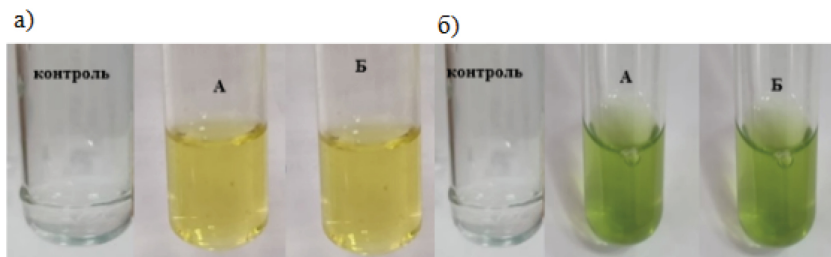


Рис. 4. Результаты проведения качественной реакции на а) тиамин (при наличии тиамин образует тиохром желтого цвета) и б) никотинамид (при наличии никотинамида образуется комплексное соединения зеленого цвета): контроль – дистиллированная вода; А – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при комнатной температуре; Б – экстракт из шрота элеутерококка, полученный путем кипячения

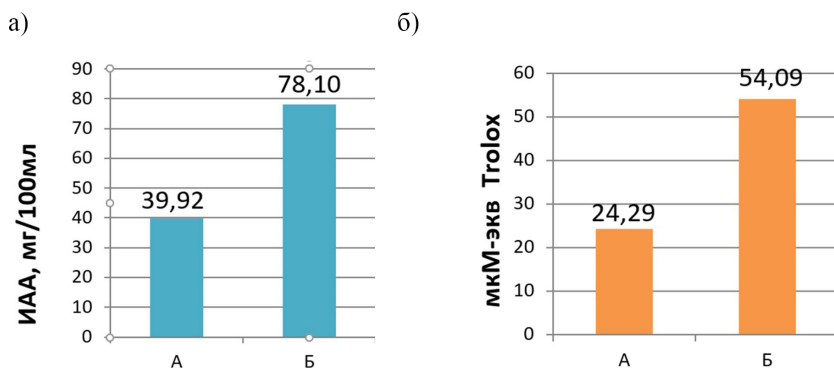


Рис. 5. Антиоксидантная активность экстрактов шрота элеутерококка (усредненные данные), исследованная методом кулонометрического титрования (а) и методом DPPH (б): А – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при комнатной температуре; Б – экстракт из шрота элеутерококка, полученный методом мацерации при 100 °С

Заключение

1. Были получены водные экстракты из шрота элеутерококка следующими методами: мацерацией при комнатной температуре, мацерацией при температуре 100 °С;
2. Все исследованные фитоэкстракты содержали белки, углеводы, флавоноиды и витамины группы В, С и Р;
3. Было определено содержание аскорбиновой кислоты и рутин в исследуемых экстрактах: все экстракты обладали антиоксидантной активностью;

4. Внесены предложения по утилизации шрота элеутерококка: показано возможность использования экстрактов на его основе как компонента питательной среды для культивирования хлебопекарных дрожжей, а шрот после вторичного экстрагирования использовать в качестве субстрата для выращивания плодовых грибов.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Абашкин, И. А., Елеев, Ю. А., Глухан, Е. Н. и др. (2021). Методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья (обзор). *Химия и технология органических веществ*, (2 (18)), 43–59. https://doi.org/10.54468/25876724_2021_2_43. EDN: <https://elibrary.ru/NZTCMB>
2. Базарнова, Ю. Г., Иванченко, О. Б. (2016). Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений. *Вопросы питания*, (5), 100–107. EDN: <https://elibrary.ru/WYMSPN>
3. Григорьев, Л. Н., Веренцова, Л. Г., Шанова, О. А., Родионова, А. А. (2015). Получение активного угля из растительных остатков и оценка его адсорбционных свойств. *Химия растительного сырья*, (4). EDN: <https://elibrary.ru/VJYXFH>
4. Исхакова, К. Р., Денисюк, З. О., Романова, Е. В., Щербакова, Ю. В. (2023). Возможность использования шрота лекарственных растений для получения экстрактов, обладающих антиоксидантными свойствами. В *Сборник конкурсных работ «Жить в XXI веке»* (с. 344–347). Красноярск: Научно-инновационный центр.
5. Казимова, К. Ш., Ахмадуллина, Ф. Ю., Акулов, А. Н., Щербакова, Ю. В., Никитин, Е. Н. (2024). Скрининг параметров извлечения биологически активных веществ из цветов бархатцев распростёртых (*Tagetes patula*) и оценка антиоксидантной активности их водных экстрактов. *Химия растительного сырья*, (3), 250–258. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313383>. EDN: <https://elibrary.ru/GWNKRG>
6. Комарова, А. А., Степанова, Т. А. (2018). Элеутерококк колючий — популярный адаптоген Дальнего Востока: история изучения, исследование биологической и фармакотерапевтической активности. *Дальневосточный медицинский журнал*, (2), 65–71. EDN: <https://elibrary.ru/XTGXOX>
7. Кравченко, Е. М., Одарюк, И. Д. (2021). Сравнение методик определения белка в растительном сырье. В *Химические проблемы современности 2021:*

- Сборник материалов V Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных* (с. 116–119). Донецк: Донецкий национальный университет. EDN: <https://elibrary.ru/PVLHZB>
8. Лукичева, В. Н., Нестерова, О. В. (2020). Проведение и анализ качественных химических реакций на определённые группы органических веществ в ферментированном растворе чайного гриба (*Medusomyces gisevii* lat.). В *Современная медицина: новые подходы и актуальные исследования: сборник материалов международной научно-практической конференции* (с. 521–526). Грозный: Чеченский государственный университет. <https://doi.org/10.36684/33-2020-1-521-526>. EDN: <https://elibrary.ru/MCJNIZ>
 9. Макарова, Н. В., Валиулина, Д. Ф., Азаров, О. И., Кузнецов, А. А. (2018). Сравнительные исследования содержания фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности яблок разных сортов. *Химия растительного сырья*, (2). <https://doi.org/10.14258/jcprpm.2018022205>. EDN: <https://elibrary.ru/XQIGVV>
 10. Минаков, Д. В., Севодина, К. В., Севедин, В. П. (2016). Культивирование *Grifola frondosa* на субстрате с берёзовыми опилками. *Техника и технология пищевых производств*, 40(1), 39–45. EDN: <https://elibrary.ru/VRDJAT>
 11. Петренко, О. А., Романова, Е. В., Исакова, К. Р. и др. (2023). Получение водных экстрактов на основе шрота фитосырья (тезисы докладов научной конференции). В *Материалы XVIII Всероссийской конференции молодых учёных, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии»* (с. 379–382). Казань: КНИТУ. EDN: <https://elibrary.ru/PXZKXT>
 12. Попов, В. С., Смятская, Ю. А. (2020). Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных экстрактах. *Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология*, (4). <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>. EDN: <https://elibrary.ru/EDGXCM>
 13. Романов, Н. А., Павлова, Е. В. (2025). Количественное определение содержания рутина в различных сортах зелёного и чёрного чая. *Вестник науки*, (2 (83)). EDN: <https://elibrary.ru/SMIKIY>
 14. Ahmed, R., Niloy, M. A. H. M., Islam, M. S. et al. (2024). Optimizing tea waste as a sustainable substrate for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation: a comprehensive study on biological efficiency and nutritional aspect. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1308053. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1308053>. EDN: <https://elibrary.ru/OKFVAC>
 15. Gao, S., Huang, Z., Feng, X. et al. (2020). Bioconversion of rice straw agro-residues by *Lentinula edodes* and evaluation of non-volatile taste compounds in mushrooms. *Scientific Reports*, 10, 1814. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58778-x>. EDN: <https://elibrary.ru/ULVKVP>

16. Haile, A., Gelebo, G. G., Tesfaye, T. et al. (2021). Pulp and paper mill wastes: utilizations and prospects for high value-added biomaterials. *Bioresources and Bioprocessing*, 8, 35. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00385-3>. EDN: <https://elibrary.ru/EUJRUX>
17. Li, X.-T., Zhou, J.-C., Zhou, Y. et al. (2022). Pharmacological effects of *Eleutherococcus senticosus* on the neurological disorders. *Phytotherapy Research*, 36. <https://doi.org/10.1002/ptr.7555>. EDN: <https://elibrary.ru/NNJWSC>
18. Sath, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5, 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>. EDN: <https://elibrary.ru/GHBWYB>
19. Suwannarach, N., Kumla, J., Zhao, Y., & Kakumyan, P. (2022). Impact of cultivation substrate and microbial community on improving mushroom productivity: a review. *Biology (Basel)*, 11(4), 569. <https://doi.org/10.3390/biology11040569>. EDN: <https://elibrary.ru/YISKWB>
20. Tohda, C., Matsui, M., Inada, Y., Yang, X., Kuboyama, T., Kimbara, Y., & Watarai, H. (2020). Combined treatment with two water extracts of *Eleutherococcus senticosus* leaf and rhizome of *Drynaria fortunei* enhances cognitive function: a placebo-controlled, randomized, double-blind study in healthy adults. *Nutrients*, 12, 303. <https://doi.org/10.3390/nu12020303>. EDN: <https://elibrary.ru/PGRPFL>
21. Wu, N., Tian, F., Moodley, O. et al. (2019). Optimization of agro-residues as substrates for *Pleurotus pulmonarius* production. *AMB Express*, 9, 184. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0907-1>. EDN: <https://elibrary.ru/XDMUIF>

References

1. Abashkin, I. A., Eleev, Yu. A., Glukhan, E. N., et al. (2021). Methods of extraction of biologically active substances from plant raw materials (review). *Chemistry and Technology of Organic Substances*, (2 (18)), 43–59. https://doi.org/10.54468/25876724_2021_2_43. EDN: <https://elibrary.ru/NZTCMB>
2. Bazarnova, Yu. G., & Ivanchenko, O. B. (2016). Study of the composition of biologically active substances in extracts of wild plants. *Nutrition Issues*, (5), 100–107. EDN: <https://elibrary.ru/WYMSPN>
3. Grigoriev, L. N., Verentsova, L. G., Shanova, O. A., & Rodionova, A. A. (2015). Production of activated carbon from plant residues and evaluation of its adsorption properties. *Chemistry of Plant Raw Materials*, (4). EDN: <https://elibrary.ru/VJYXFH>
4. Iskhakova, K. R., Denisjuk, Z. O., Romanova, E. V., & Shcherbakova, Yu. V. (2023). Possibility of using herbal meal for obtaining extracts with antioxidant properties. In *Collection of Competition Works “To Live in the XXI Century”* (pp. 344–347). Krasnoyarsk: Scientific and Innovation Center

5. Kazimova, K. Sh., Akhmadullina, F. Yu., Akulov, A. N., Shcherbakova, Yu. V., & Nikitin, E. N. (2024). Screening of extraction parameters for biologically active substances from *Tagetes patula* flowers and evaluation of antioxidant activity of their aqueous extracts. *Chemistry of Plant Raw Materials*, (3), 250–258. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313383>. EDN: <https://elibrary.ru/GWNRKG>
6. Komarova, A. A., & Stepanova, T. A. (2018). *Eleutherococcus senticosus* — a popular adaptogen of the Far East: history of study, research of biological and pharmacotherapeutic activity. *Far Eastern Medical Journal*, (2), 65–71. EDN: <https://elibrary.ru/XTGXOX>
7. Kravchenko, E. M., & Odaryuk, I. D. (2021). Comparison of methods for protein determination in plant raw materials. In *Chemical Problems of Modernity 2021: Collection of Materials of the V International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists* (pp. 116–119). Donetsk: Donetsk National University. EDN: <https://elibrary.ru/PVLHZZ>
8. Lukicheva, V. N., & Nesterova, O. V. (2020). Conducting and analyzing qualitative chemical reactions for certain groups of organic substances in a fermented solution of kombucha (*Medusomyces gisevii* L.). In *Modern Medicine: New Approaches and Current Research: Collection of Materials of an International Scientific and Practical Conference* (pp. 521–526). Grozny: Chechen State University. <https://doi.org/10.36684/33-2020-1-521-526>. EDN: <https://elibrary.ru/MCJNIZ>
9. Makarova, N. V., Valiulina, D. F., Azarov, O. I., & Kuznetsov, A. A. (2018). Comparative studies of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in apples of different varieties. *Chemistry of Plant Raw Materials*, (2). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018022205>. EDN: <https://elibrary.ru/XQIGVV>
10. Minakov, D. V., Sevodina, K. V., & Sevodin, V. P. (2016). Cultivation of *Grifola frondosa* on a substrate with birch sawdust. *Technique and Technology of Food Production*, 40(1), 39–45. EDN: <https://elibrary.ru/VRDJAT>
11. Petrenko, O. A., Romanova, E. V., Iskhakova, K. R., et al. (2023). Obtaining aqueous extracts based on herbal meal (abstracts of scientific conference reports). In *Materials of the XVIII All-Russian Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students with International Participation “Food Technologies and Biotechnologies”* (pp. 379–382). Kazan: KNITU. EDN: <https://elibrary.ru/PXZKXT>
12. Popov, V. S., & Smyatskaya, Yu. A. (2020). Modified titrimetric method for quantitative determination of vitamin C in colored plant extracts. *Bulletin of PNRPU. Chemical Technology and Biotechnology*, (4). <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>. EDN: <https://elibrary.ru/EDGXCM>
13. Romanov, N. A., & Pavlova, E. V. (2025). Quantitative determination of rutin content in various varieties of green and black tea. *Bulletin of Science*, (2 (83)). EDN: <https://elibrary.ru/SMIKIY>

14. Ahmed, R., Niloy, M. A. H. M., Islam, M. S., et al. (2024). Optimizing tea waste as a sustainable substrate for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation: a comprehensive study on biological efficiency and nutritional aspect. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1308053. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1308053>. EDN: <https://elibrary.ru/OKFVAC>
15. Gao, S., Huang, Z., Feng, X., et al. (2020). Bioconversion of rice straw agro residues by *Lentinula edodes* and evaluation of non-volatile taste compounds in mushrooms. *Scientific Reports*, 10, 1814. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58778-x>. EDN: <https://elibrary.ru/ULVKVP>
16. Haile, A., Gelebo, G. G., Tesfaye, T., et al. (2021). Pulp and paper mill wastes: utilizations and prospects for high value added biomaterials. *Bioresources and Bioprocessing*, 8, 35. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00385-3>. EDN: <https://elibrary.ru/EUJRUX>
17. Li, X.-T., Zhou, J.-C., Zhou, Y., et al. (2022). Pharmacological effects of *Eleutherococcus senticosus* on neurological disorders. *Phytotherapy Research*, 36. <https://doi.org/10.1002/ptr.7555>. EDN: <https://elibrary.ru/NNJWSC>
18. Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5, 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>. EDN: <https://elibrary.ru/GHBWYB>
19. Suwannarach, N., Kumla, J., Zhao, Y., & Kakumyan, P. (2022). Impact of cultivation substrate and microbial community on improving mushroom productivity: a review. *Biology (Basel)*, 11(4), 569. <https://doi.org/10.3390/biology11040569>. EDN: <https://elibrary.ru/YISKWB>
20. Tohda, C., Matsui, M., Inada, Y., Yang, X., Kuboyama, T., Kimbara, Y., & Watarai, H. (2020). Combined treatment with two water extracts of *Eleutherococcus senticosus* leaf and rhizome of *Drynaria fortunei* enhances cognitive function: a placebo-controlled, randomized, double-blind study in healthy adults. *Nutrients*, 12, 303. <https://doi.org/10.3390/nu12020303>. EDN: <https://elibrary.ru/PGRPFL>
21. Wu, N., Tian, F., Moodley, O. et al. (2019). Optimization of agro-residues as substrates for *Pleurotus pulmonarius* production. *AMB Express*, 9, 184. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0907-1>. EDN: <https://elibrary.ru/XDMUIF>

ВКЛАД АВТОРОВ

Щербакова Ю.В.: разработка концепции научной работы, составление черновика рукописи.

Закиров Р.К.: разработка концепции научной работы, редактирование черновика рукописи, написание рукописи.

Ахмадуллина Ф.Ю.: разработка концепции научной работы, редактирование черновика рукописи, написание рукописи.

Кузнецова А.А.: сбор и анализ данных.

Петренко О.А.: статистическая обработка.

Щеняцкая О.В.: сбор и анализ данных.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yuliya V. Shcherbakova: study conception and design, drafting of the manuscript.

Rustem K. Zakirov: study conception, editing of the draft of the manuscript, writing of the manuscript.

Akhmadullina F. Yunusovna: study conception, editing of the draft of the manuscript, writing of the manuscript.

Alena A. Kuznetsova: data collection and analysis.

Ol'ga A. Petrenko: statistical data analysis.

Oksana V. Shchenyatskaya: data collection and analysis.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Петренко Ольга Андреевна, бакалавр кафедры промышленной биотехнологии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация

olga.petrenko.04@bk.ru

Кузнецова Алёна Артёмовна, магистрант кафедры промышленной биотехнологии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация

Aloynasoft2002@gmail.com

Щеняцкая Оксана Витальевна, бакалавр кафедры промышленной биотехнологии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация
oksana291203@gmail.com

Щербакова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры промышленной биотехнологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация
balakirevajulia3@mail.ru

Закиров Рустем Каюмович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной биотехнологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация
ZakirovRK@corp.knrntu.ru

Ахмадуллина Фарида Юнусовна, старший преподаватель кафедры промышленной биотехнологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Российская Федерация
AkhmadullinaFYu@corp.knrntu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Ol'ga A. Petrenko, Bachelor's Student, Department of Industrial Biotechnology
Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
olga.petrenko.04@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9962-0631>

Alena A. Kuznetsova, Master's Student, Department of Industrial Biotechnology
Kazan National Research Technological University

68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
aloynasoft2002@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1811-2341>

Oksana V. Shchenyatskaya, Bachelor's Student, Department of Industrial Biotechnology

Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0515-5040>
oksana291203@gmail.com

Yuliya V. Shcherbakova, PhD in Biology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Biotechnology

Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
balakirevajulia3@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7534-7119>
Scopus Author ID: 57433382000

Rustem K. Zakirov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Biotechnology

Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
ZakirovRK@corp.knrtu.ru
SPIN-code: 6512-3102
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3771-4077>
Scopus Author ID: 8933764000

Akhmadullina F. Yunusovna, Senior Lecturer of the Department of Industrial Biotechnology

Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation
AkhmadullinaFYu@corp.knrtu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-5616>

Поступила 10.04.2025

После рецензирования 20.05.2025

Принята 25.05.2025

Received 10.04.2025

Revised 20.05.2025

Accepted 25.05.2025