

УДК 582.28(045)

## СОДЕРЖАНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОЛИСАХАРИДОВ В ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ *GRIFOLA FRONDOSA*, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ НА ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СУБСТРАТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

© Д.В. Минаков<sup>1\*</sup>, Ю.В. Мороженко<sup>2</sup>, Н.Г. Базарнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, Барнаул,  
656049 (Россия), e-mail: MinakovD-1990@yandex.ru

<sup>2</sup> Бийский технологический институт (филиал) Алтайского  
государственного технического университета им. И.И. Ползунова,  
ул. Трофимова, 27, Бийск, 659305 (Россия)

Работа посвящена сравнительному анализу количественного содержания экстрактивных веществ и водорастворимых полисахаридов, выделенных из плодовых тел грибов грифолы курчавой (*Grifola frondosa*) в зависимости от методов извлечения. В качестве объектов исследования использован штамм грибов *G. frondosa* 2639, выделенный из коммерческого мицелия. Установлено, что выход грибов в полипропиленовых пакетах (объем до 4500 см<sup>3</sup>) составил 36.37%, что соответствовало выходу плодовых тел, культивируемых в стеклянных емкостях (объем 800–1000 см<sup>3</sup>). Гидролиз продуктов экстракции показал, что методы экстрагирования плодовых тел *G. frondosa* водой приводят к извлечению полисахаридов, различающихся по составу. Выявлено, что при использовании методов экстракции в аппарате Сокслета, кипячения и мацерации (25.0±1.0 °С) выход экстрактивных веществ из плодовых тел *G. frondosa* входил в интервал литературных данных и составил 6.04, 5.81 и 3.45% соответственно. Показано, что наибольшее содержание водорастворимых полисахаридов в плодовых телах *G. frondosa* было обнаружено при использовании метода экстракции в аппарате Сокслета – 14.92%, отличаясь от методов кипячения и мацерации (25.0±1.0 °С) в 1.15 и 1.33 раза. Методом ВЭЖХ установлено, что при применении экстракции мацерацией (25.0±1.0 °С) и кипячением мономерный состав полисахаридов плодовых тел *G. frondosa* представлен в основном глюкозой, маннозой, фукозой и рамнозой в соотношении 1.0 : 0.9 : 0.4 : 1.3 соответственно. При экстракции в аппарате Сокслета их соотношение составило 1.0 : 1.2 : 0.5 : 1.9.

**Ключевые слова:** биологически активные соединения, полисахариды, экстрактивные вещества, грибы, плодовые тела, *Grifola frondosa*, высокоэффективная жидкостная хроматография.

*Исследование проводилось при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Алтайского края в рамках научного проекта № 19-48-220008.*

### Введение

Высшие грибы – уникальный источник природных биологически активных соединений (БАС). Эти вещества, присутствующие в тканях организма в очень малых количествах, оказывают заметное влияние на течение биохимических процессов, ускоряя их или замедляя. Биологическую активность можно наблюдать у самых разнообразных классов органических соединений. Среди высокомолекулярных веществ особое место принадлежит полисахаридам, в том числе выделенным из грибов [1].

---

Минаков Денис Викторович – кандидат биологических наук, доцент, e-mail: MinakovD-1990@yandex.ru  
Мороженко Юрий Васильевич – кандидат химических наук, доцент, профессор, e-mail: uv@bti.secna.ru  
Базарнова Наталья Григорьевна – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой органической химии, e-mail: bazarnova@chem.asu.ru

Наиболее интересны в этом отношении грибы вида *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray. Известно, что полисахариды, выделенные из плодовых тел мейтаке (*G. frondosa*), обладают противоопухолевой, антибактериальной, противовирусной, гепатопротекторной и антиоксидантной активностями, способны стимулировать иммунную

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

систему, регулировать кровяное давление, понижать содержание сахара и холестерина в крови [2]. Полисахариды, выделенные из *G. frondosa*, не оказывают токсического действия на человеческий организм и безопасны с медицинской точки зрения. Это подтверждается множеством научных исследований, проведенных за последние три десятка лет [1, 2].

Наряду с типичными полисахаридами – крахмалом, гликогеном, инулином, клетчаткой и другими, являющимися веществами, легко мобилизуемыми в организме в качестве питательных резервов или составляющими основу опорных тканей, высшие грибы вырабатывают особые вещества, получившие название комплексных полисахаридов. Так же, как и полисахариды, эти соединения распадаются при гидролизе на олигосахариды и простые сахара, однако последние не являются единственными продуктами их распада [3]. Так, в состав комплексных полисахаридов входят различные сахарные кислоты и сульфокислоты, аминокислоты, производные сахаров; остатки кислот, спиртов и других соединений (рис. 1).

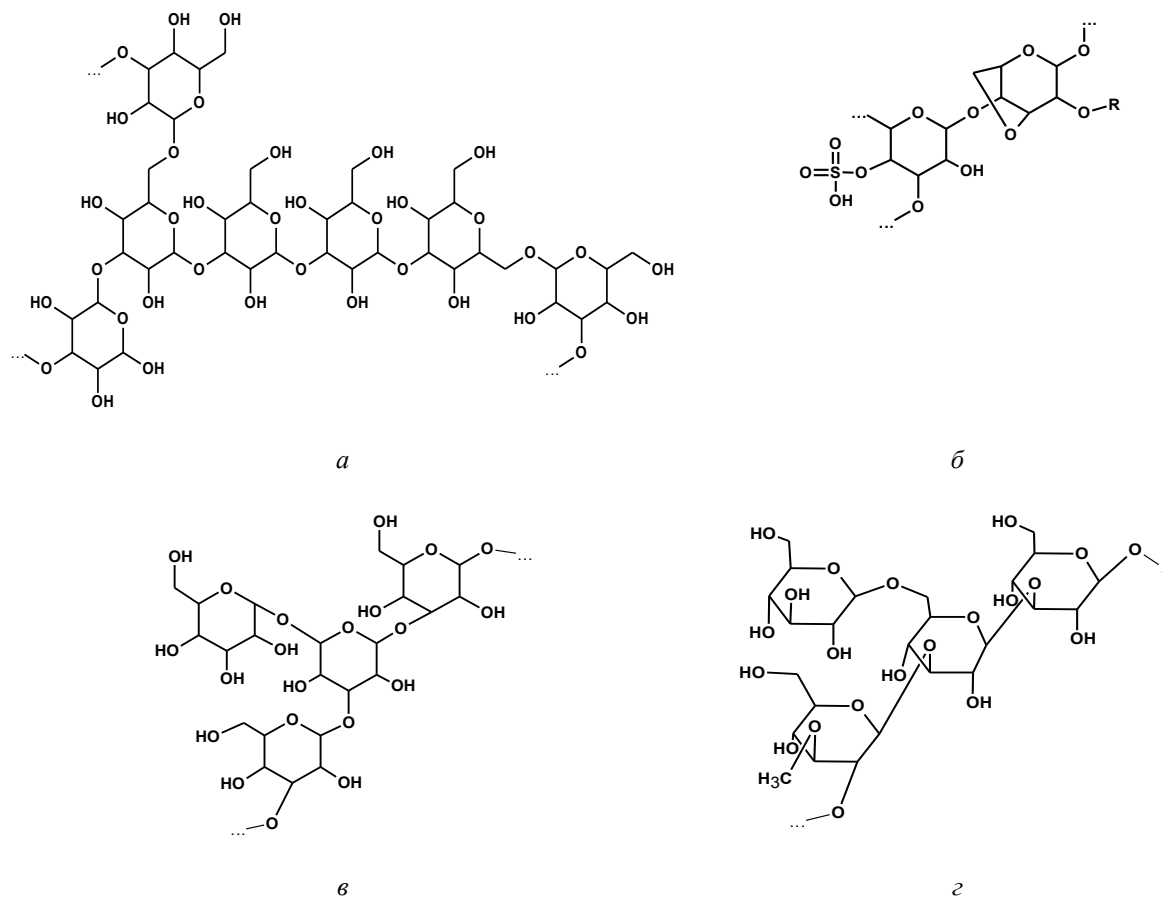


Рис. 1. Различные структуры углеводсодержащих фрагментов полисахаридов грибов [1]: а – Lentinan, б – Maitake D-fraction, в – Krestin, г – Schizophyllan

Именно у этих веществ часто обнаруживают новые биологические свойства, позволяющие объединить значительную группу указанных соединений под общим названием: биологически активные полисахариды. Данные по методам анализа и биологической активности приводятся в работах [4, 5].

Глубокое изучение физиологической активности полисахаридов, выделенных из высших грибов, открывает возможности для их применения в биологии и медицине, а также показывает перспективность биотехнологических исследований проводимых в этом направлении.

Цель настоящей работы – изучение содержания полисахаридов в экстрактивных веществах плодовых тел *Grifola frondosa* в зависимости от методов их извлечения.

### Экспериментальная часть

Культивирование плодовых тел грибов *G. frondosa* в стеклянных емкостях объемом 800–1000 см<sup>3</sup> представлено исследованиями, которые были частично затронуты в работе [6]. В процессе дальнейших исследований удалось вырастить плодовые тела в блоках (полипропиленовые пакеты) объемом до 4500 см<sup>3</sup>

(рис. 2) в условиях со следующими режимами: температура для роста мицелия  $28.0 \pm 1$  °С; значение рН субстрата 5.8–6.0; влажность субстрата –  $65.0 \pm 5.0\%$ ; относительная влажность воздуха при формировании примордиев и образовании плодовых тел – 85.0–90.0%; освещенность 200.0–250.0 люкс; обязательное присутствие  $\text{CO}_2$  в камере роста.

Выход грибов рассчитывали как отношение массы свежих плодовых тел к массе субстрата, в процентах.

Экстрактивные вещества извлекали из плодовых тел грибов дистиллированной водой с использованием трех стандартных методов – экстракцией в аппарате Сокслета, кипячением и мацерацией ( $25.0 \pm 1.0$  °С) [7, 8].

Количественное определение полисахаридов в экстрактах определяли по количеству образующихся после их гидролиза моносахаридов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [9, 10] на жидкостном хроматографе (Shimadzu LC-20), оснащенный рефрактометрическим детектором и электронной системой для сбора и обработки данных.

Хроматографирование осуществляли в условиях, описанных в руководстве [11] и воспроизведенных нами при анализе: стальная колонка фирмы Waters Sugar Pak,  $250.0 \times 4.6$  мм; температура колонки: 90.0 °С; объем пробы 2.0 мкл; скорость потока 0.5 мл/мин; подвижная фаза: вода для хроматографии; время хроматографирования – 25 мин.

В качестве растворов сравнения использовали стандартные растворы моносахаридов в концентрации 1.0 мг/мл – глюкоза, манноза, фукоза, рамноза (Sigma-Aldrich, США).

Исследования проводились в четырехкратной повторности. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием компьютерных программ Microsoft Office.

### Обсуждение результатов

Изучая возможность интенсивного культивирования *G. frondosa* различными способами, установили, что скорость зарастания субстратов и плодоношения грибов определяется объемом субстрата и его составом (табл. 1). В качестве основных компонентов субстрата были выбраны березовые опилки (размер 5–10 мм) и пшеничные отруби (2–3 мм) в соотношении 3 : 1. Обоснование выбора субстрата и способы его подготовки описаны в работе [6].

При культивировании грибов в полипропиленовых пакетах появление первых примордиев было отмечено на 5-е сутки культивирования в камере роста. При этом их формирование происходило в течение 3 сут. Число сформировавшихся примордиев составляло около 100 штук. Первая волна плодоношения была отмечена на 10 сут выращивания в камере роста. Вторая волна образования плодовых тел наблюдалась на 10–11 сут инкубации в камере роста, после выгонки плодовых тел первой волны, третья волна плодоношения – на 11–12 сут инкубации. Сравнивая данные, полученные нами ранее и опубликованные в работе [6], можно отметить, что существенных различий между исследуемыми способами выращивания по времени появления примордиев и длительности созревания плодовых тел не обнаружено. Выход грибов в полипропиленовых пакетах (объем до  $4500 \text{ см}^3$ ) составлял 36.37%, мало отличаясь от выхода плодовых тел в стеклянных емкостях (объем  $800\text{--}1000 \text{ см}^3$ ). Морфология плодовых тел не зависела от способа выращивания грибов.

После получения плодовых тел *G. frondosa* они были исследованы на содержание экстрактивных веществ, полисахаридов и их мономерного состава.

Для определения полисахаридов в объектах с большим числом компонентов (сложных смесях) чаще всего используют хроматографию. Из-за термической и химической лабильности большинства определяемых соединений применяют высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) [12, 13].

Трудности, возникающие при определении полисахаридов, связаны в основном с необходимостью предварительной очистки экстрактов. Нам удалось сократить количество операций по пробоподготовке экстрактов для гидролиза до минимума – центрифугирование образца в течение 5 мин при факторе разделения 600–800. В результате получали совершенно прозрачные растворы, готовые для исследований методами физико-химического анализа.



Рис. 2. Плодовые тела *G. frondosa*, выращенные в полипропиленовом пакете ( $4000 \text{ см}^3$ )

Таблица 1. Выход *G. frondosa* в зависимости от способа выращивания

Образец субстрата	Способ выращивания	Волна плодоношения	Образование плодовых тел, сут	Выход, %
Березовые опилки/пшеничные отруби (3 : 1)	Стеклянные емкости объемом 800–1000 см <sup>3</sup> *	1	29	16.75±0.23
		2	7–8	10.37±0.23
		3	7–8	6.38±0.23
		∑	44±1	33.50±0.23
	Полипропиленовые пакеты объемом до 4500 см <sup>3</sup>	1	45	19.60±0.21
		2	10–11	11.29±0.16
		3	11–12	5.48±0.22
		∑	67±1	36.37±0.23

Примечание: \* – литературные данные [6].

Известно, что содержание экстрактивных веществ и полисахаридов в плодовых телах культивируемых грибов зависит от компонентов субстрата, условий выращивания, а также от применяемых методов извлечения [14–16].

Проведенные эксперименты показали, что наибольшее количество экстрактивных веществ содержалось в продуктах экстракции, полученных в аппарате Сокслета и при использовании метода кипячения, соответственно, 6.04±0.21% и 5.81±0.16%. Применение метода мацерации дает более низкие значения суммы экстрактивных веществ (3.45±0.14%) (табл. 2).

При сравнении суммы полисахаридов в плодовых телах *G. frondosa* было установлено, что наибольший их выход получен при использовании метода экстракции в аппарате Сокслета – 14.92%. При экстракции плодовых тел методами кипячения и мацерации (25 °С) водных суспензий выход полисахаридов был в 1.15 и 1.33 раза ниже соответственно (табл. 2).

По данным литературных источников, содержание экстрактивных веществ и полисахаридов в плодовых телах *G. frondosa* колеблется от 1.71 до 59.10% и 11.40 до 45.00% соответственно, в зависимости от исследуемых штаммов грибов, условий их произрастания и способов водной экстракции (табл. 2).

Известные полисахариды высших грибов, обладающие биологической активностью, значительно различаются по углеводному составу и структуре [9]. Так, в составе продуктов гидролиза плодовых тел *G. frondosa* найдены рамноза, арабиноза, ксилоза, манноза, глюкоза, галактоза, фукоза [10]. Проведенные эксперименты показали, что в условиях выращивания на субстратах [22] в мажорных количествах в состав углеводных цепей полисахаридов *G. frondosa* входят остатки моносахаридов – глюкозы, маннозы, фукозы и рамнозы. В исследованных методах мацерации и кипячения их соотношение составило 1.0 : 0.9 : 0.4 : 1.3 соответственно. Однако при экстракции в аппарате Сокслета их соотношение было равным 1.0 : 1.2 : 0.5 : 1.9 (табл. 3).

Изучение мономерного состава полисахаридов *G. frondosa* (табл. 2) показало, что независимо от метода экстракции полисахариды образованы остатками моносахаридов, с преобладанием рамнозы – от 3.04% (мацерация) до 6.13% (экстракция в аппарате Сокслета).

Таблица 2. Содержание экстрактивных веществ и полисахаридов в водных экстрактах плодовых тел *G. frondosa*

Исследуемый образец	Содержание, %					
	Экстрактивные вещества (ЭВ)			Полисахариды в ЭВ		
	М	К	С	М	К	С
Плодовые тела <i>G. frondosa</i> 2639	3.45±0.14	5.81±0.16	6.04±0.21	11.23	12.91	14.92
Плодовые тела <i>G. frondosa</i> *	1.71–59.10			11.40–45.02		

Примечание: М – мацерация; К – экстракция при кипячении; С – экстракция в аппарате Сокслета. \* – литературные данные [17–21].

Таблица 3. Данные ВЭЖ-хроматографии продуктов гидролиза полисахаридов *G. Frondosa*, полученные различными методами

Моносахариды	Содержание, %		
	Мацерация (25.0±1.0 °С)	Экстракция при кипячении	Экстракция в аппарате Сокслета
Глюкоза	3.04	3.49	3.20
Манноза	2.84	3.26	3.79
Фукоза	1.37	1.58	1.81
Рамноза	3.98	4.58	6.13

Выделение или получение биологически активных полисахаридов из грибов сопряжены с большими трудностями. Эти трудности обусловлены, прежде всего, тем, что полисахариды присутствуют в высших грибах в незначительных количествах, исчисляемых долями процента (при расчете на сухую массу исходного образца). Дальнейшее изучение этих соединений позволит расширить наши представления о подборе лигноцеллюлозных субстратов для успешного культивирования плодовых тел *G. frondosa* и повышения концентрации в них целевых полисахаридов. При этом исследование качественного и количественного состава экстрактивных веществ высших базидиомицетов, в зависимости от разработанных методов извлечения, может представлять значительный интерес для создания лекарственных субстанций и биологически активных добавок к пище.

### Выводы

1. Установлено, что выход грибов в полипропиленовых пакетах (объем до 4500 см<sup>3</sup>) составил 36.37%, что соответствовало выходу плодовых тел культивируемых в стеклянных емкостях (объем 800–1000 см<sup>3</sup>).

2. С помощью гидролиза продуктов экстракции выявлено, что методы экстрагирования плодовых тел *G. frondosa* водой приводят к извлечению полисахаридов различающихся по составу.

3. Установлено, что при использовании методов экстракции в аппарате Сокслета, кипячения и мацерации (25.0±1.0 °С) выход экстрактивных веществ из плодовых тел *G. frondosa* входил в интервал литературных данных и составил 6.04, 5.81 и 3.45% соответственно.

4. Показано, что наибольшее содержание водорастворимых полисахаридов в плодовых телах *G. frondosa* было обнаружено при использовании метода экстракции в аппарате Сокслета – 14.92%, отличаясь от методов кипячения и мацерации (25.0±1.0 °С) в 1.15 и 1.33 раза.

5. Методом ВЭЖХ установлено, что при применении экстракции мацерацией (25.0±1.0 °С) и кипячением мономерный состав полисахаридов полученных плодовых тел *G. frondosa* представлен в основном глюкозой, маннозой, фукозой и рамнозой в соотношении 1.0 : 0.9 : 0.4 : 1.3 соответственно.

При экстракции в аппарате Сокслета их соотношение составило 1.0 : 1.2 : 0.5 : 1.9.

### Список литературы

1. Pandya U., Dhuldhaj U., Sahay N.S. Bioactive mushroom polysaccharides as antitumor: an overview // Natural Product Research. 2018. Vol. 4. Pp. 1–13. DOI: 10.1080/14786419.2018.1466129.
2. Hea X., Wang X., Fang J., Changa Y., Ning N., Guoa H., Huang L., Huang X., Zhao Z. Polysaccharides in *Grifola frondosa* mushroom and their health promoting properties: A review // International journal of biological macromolecules. 2017. Vol. 101. Pp. 910–921. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.177.
3. Sasidhara R., Bakki V. Screening of mushrooms for polysaccharides // Iranian journal of biotechnology. 2014. Vol. 12(4). Pp. 73–76. DOI: 10.15171/IJB.1089.
4. Ruiz-Matute A.I., Hernández-Hernández O., Rodríguez-Sánchez S., Sanz M.L., Martínez-Castro I. Derivatization of carbohydrates for GC and GC–MS analyses // Journal of chromatography B. 2011. Vol. 879(17–18). Pp. 1226–1240. DOI: 10.1016/j.jchromb.2010.11.013.
5. He Y., Li X., Hao C., Zeng P., Zhang M., Liu Y., Chang Y., Zhang L. *Grifola frondosa* polysaccharide: a review of antitumor and other biological activity studies in China // Discov. Med. 2018. Vol. 25(138). Pp. 159–176.
6. Минаков Д.В., Севодина К.В., Шадринцева А.И., Севедин В.П. Зависимость продуктивности *G. frondosa* от размера частиц лигноцеллюлозного субстрата // Техника и технология пищевых производств. 2017. №1(44). С. 24–30.
7. Леонова М.В., Климочкин Ю.Н. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья: учебно-методическое пособие. Самара: Самарский государственный технический университет, 2012. 118 с.
8. Корулькин Д.Ю., Музычкина Р.А. Лабораторный практикум по химии и технологии природных соединений. Алматы: ЦДК Глобус, 2016. 90 с.
9. Ting Z., Yina F., Guanghua M., Weiwei F., Yanmin Z., Ye Z., Liuqing Y., Xiangyang W. Purification, characterization and antioxidant activities of enzymolysis polysaccharide from *Grifola frondosa* // Iranian journal of pharmaceutical research. 2017. Vol. 16(1). Pp. 347–356.
10. Meng M., Cheng D., Han L., Chen Y., Wang C. Isolation, purification, structural analysis and immunostimulatory activity of water-soluble polysaccharides from *Grifola frondosa* fruiting body // Carbohydrate polymers. 2017. Vol. 157. Pp. 1134–1143. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.10.082.
11. Никулин С.В., Стародубцева Н.Л., Попов И.А. Высокоэффективная жидкостная хроматография: учебно-методическое пособие. М., 2016. 39 с.

12. Chiocchio V.M., Matković L. Determination of ergosterol in cellular fungi by HPLC. A modified technique // The journal of the argentine chemical society. 2011. Vol. 98. Pp. 10–15.
13. Cui F.J., Qian L.S., Sun W.J., Zhang J.S., Yang Y., Li N., Zhuang H.N., Wu D. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Volvariella volvacea*: Process optimization and structural characterization // Molecules. 2018. Vol. 23. Pp. 1706. DOI: 10.3390/molecules23071706.
14. Bach F., Helm C.V., Lima E.A.D., Bellettini M.B., Haminiuk C.W.I. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes* // Emirates journal of food and agriculture. 2018. Vol. 30(12). Pp. 1006–1013. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i12.1879.
15. Wu J.Y. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from edible and medicinal fungi: major factors and process kinetics // MOJ Food processing and technology. 2017. Vol. 4(2). Pp. 48–52. DOI: 10.15406/mojfpt.2017.04.00086.
16. Khatua S., Sikder R., Acharya K. Chemical and biological studies on a recently discovered edible mushroom: a Report // FABAD Journal of pharmaceutical sciences. 2018. Vol. 43(3). Pp. 241–247.
17. Montoya S., Orrego C.E., Levin L. Growth, fruiting and lignocellulolytic enzyme production by the edible mushroom *Grifola frondosa* (maitake) // World journal of microbiology and biotechnology. 2012. Vol. 28(4). Pp. 1533–1541. DOI: 10.1007/s11274-011-0957-2.
18. Zhang Y., Wang N., Wu T.X. Effect of the extracts from *Gastrodia elata* BL. on mycelial growth and polysaccharide biosynthesis by *Grifola frondosa* // African journal of microbiology research. 2012. Vol. 6(2). Pp. 379–384. DOI: 10.5897/AJMR11.1151.
19. Zhang A., Deng J., Yu S., Zhang F., Linhardt R.J., Sun P. Purification and structural elucidation of a water-soluble polysaccharide from the fruiting bodies of the *Grifola frondosa* // International journal of biological macromolecules. 2018. Vol. 115. Pp. 221–226. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.04.061.
20. Ulzijiargal E., Mau J.L. Nutrient compositions of culinary-medicinal mushroom fruiting bodies and mycelia // International journal of medicinal mushrooms. 2011. Vol. 13(4). Pp. 343–349. DOI: 10.1615/IntJMedMushr.v13.i4.40
21. Mizuno M. Anti-tumor polysaccharides from mushrooms during storage // BioFactors. 2000. Vol. 12. Pp. 275–281. DOI: 10.1002/biof.5520120141.
22. Патент №2595737 (РФ). Субстрат для выращивания грибов *Grifola frondosa* / Д.В. Минаков, К.В. Севодина, В.А. Куничан, В.П. Севедин. 2016.

Поступила в редакцию 27 апреля 2019 г.

После переработки 18 января 2020 г.

Принята к публикации 28 января 2020 г.

**Для цитирования:** Минаков Д.В., Мороженко Ю.В., Базарнова Н.Г. Содержание экстрактивных веществ и полисахаридов в плодовых телах *Grifola frondosa* культивируемых на лигноцеллюлозных субстратах в зависимости от методов извлечения // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 241–247. DOI: 10.14258/jcrpm.2020025507.

Minakov D.V.<sup>1\*</sup>, Morozhenko Yu.V.<sup>2</sup>, Bazarnova N.G.<sup>1</sup> CONTENT OF EXTRACTIVE SUBSTANCES AND POLYSACCHARIDES IN FRUIT BODIES OF *GRIFOLA FRONDOSA* CULTIVATED ON LIGNOCELLULUS SUBSTRATES DEPENDING ON EXTRACTION METHODS

<sup>1</sup> Altai State University, pr. Lenina, 61, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: MinakovD-1990@yandex.ru

<sup>2</sup> Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University, ul. Trofimova, 27, Biysk, 659305 (Russia)

The work is devoted to a comparative analysis of the quantitative content of extractives and water-soluble polysaccharides isolated from the fruit bodies of mushrooms *Grifola frondosa* depending on the extraction methods. As objects of study used strain of fungi *G. frondosa* 2639, isolated from commercial mycelium. It was established that the yield of fungi in polypropylene bags (volume up to 4500 cm<sup>3</sup>) was 36.37%, differing little from the yield of fruit bodies in glass containers (volume 800–1000 cm<sup>3</sup>). Using the hydrolysis of extraction products it was found that the methods of extracting the fruit bodies of *G. frondosa* with water lead to the extraction of polysaccharides of different composition. It was established that when using extraction methods in the Soxhlet apparatus, boiling and maceration (25.0±1.0 °C), the yield of extractive substances from the fruit bodies of *G. frondosa* was within the literature data interval and amounted to 6.04, 5.81 and 3.45%, respectively. It was shown that the highest content of water-soluble polysaccharides in the fruit bodies of *G. frondosa* was found using the extraction method in the Soxhlet apparatus – 14.92 %, differing from boiling and maceration methods (25.0±1.0 °C) in 1.15 and 1.33 times. By HPLC it was found that when maceration extraction was used (25.0±1.0 °C) and boiling, the monomeric composition of the polysaccharides of the fruit bodies of *G. frondosa* is mainly glucose, mannose, fucose and rhamnose in a ratio of 1.0 : 0.9 : 0.4 : 1.3, respectively. During extraction in the Soxhlet apparatus, their ratio was 1.0 : 1.2 : 0.5 : 1.9.

**Keywords:** biologically active compounds, polysaccharides, extractives, mushrooms, fruit bodies, *Grifola frondosa*, high performance liquid chromatography.

### References

1. Pandya U., Dhuldhaj U., Sahay N.S. *Natural Product Research*, 2018, vol. 4, pp. 1–13. DOI: 10.1080/14786419.2018.1466129.
2. Hea X., Wang X., Fang J., Changa Y., Ning N., Guoa H., Huang L., Huang X., Zhao Z. *International journal of biological macromolecules*, 2017, vol. 101, pp. 910–921. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.177.
3. Sasidhara R., Bakki V. *Iranian journal of biotechnology*, 2014, vol. 12(4), pp. 73–76. DOI: 10.15171/IJB.1089.
4. Ruiz-Matute A.I., Hernández-Hernández O., Rodríguez-Sánchez S., Sanz M.L., Martínez-Castro I. *Journal of chromatography B*, 2011, vol. 879(17–18), pp. 1226–1240. DOI: 10.1016/j.jchromb.2010.11.013.
5. He Y., Li X., Hao C., Zeng P., Zhang M., Liu Y., Chang Y., Zhang L. *Discov. Med.*, 2018, vol. 25(138), pp. 159–176.
6. Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2017, no. 1(44), pp. 24–30. (in Russ.).
7. Leonova M.V., Klimochkin Yu.N. *Ekstraktsionnyye metody izgotovleniya lekarstvennykh sredstv iz rastitel'nogo syr'ya: uchebno-metodicheskoye posobiye*. [Extraction methods for the manufacture of medicines from plant materials. Teaching Aid]. Samara, 2012, 118 p. (in Russ.).
8. Korul'kin D.Yu., Muzychkin R.A. *Laboratornyy praktikum po khimii i tekhnologii prirodnykh soyedineniy*. [Laboratory Workshop on Chemistry and Technology of Natural Compounds]. Almaty, 2016, 90 p. (in Russ.).
9. Ting Z., Yina F., Guanghua M., Weiwei F., Yanmin Z., Ye Z., Liuqing Y., Xiangyang W. *Iranian journal of pharmaceutical research*, 2017, vol. 16(1), pp. 347–356.
10. Meng M., Cheng D., Han L., Chen Y., Wang C. *Carbohydrate polymers*, 2017, vol. 157, pp. 1134–1143. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.10.082.
11. Nikulin S.V., Starodubtseva N.L., Popov I.A. *Vysokoeffektivnaya zhidkostnaya khromatografiya. Uchebno-metodicheskoye posobiye*. [High performance liquid chromatography. Teaching Aid]. Moscow, 2016, 39 p. (in Russ.).
12. Chiochio V.M., Matković L. *The journal of the argentine chemical society*, 2011, vol. 98, pp. 10–15.
13. Cui F.J., Qian L.S., Sun W.J., Zhang J.S., Yang Y., Li N., Zhuang H.N., Wu D. *Molecules*, 2018, vol. 23, pp. 1706. DOI: 10.3390/molecules23071706.
14. Bach F., Helm C.V., Lima E.A.D., Belletini M.B., Haminiuk C.W.I. *Emirates journal of food and agriculture*, 2018, vol. 30(12), pp. 1006–1013. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i12.1879.
15. Wu J.Y. *MOJ Food processing and technology*. 2017, vol. 4(2), pp. 48–52. DOI: 10.15406/mojfpt.2017.04.00086.
16. Khatua S., Sikder R., Acharya K. *FABAD Journal of pharmaceutical sciences*, 2018, vol. 43(3), pp. 241–247.
17. Montoya S., Orrego C.E., Levin L. *World journal of microbiology and biotechnology*, 2012, vol. 28(4), pp. 1533–1541. DOI: 10.1007/s11274-011-0957-2.
18. Zhang Y., Wang N., Wu T.X. *African journal of microbiology research*, 2012, vol. 6(2), pp. 379–384. DOI: 10.5897/AJMR11.1151.
19. Zhang A., Deng J., Yu S., Zhang F., Linhardt R.J., Sun P. *International journal of biological macromolecules*, 2018, vol. 115, pp. 221–226. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.04.061.
20. Ulzijiargal E., Mau J.L. *International journal of medicinal mushrooms*, 2011, vol. 13(4), pp. 343–349. DOI: 10.1615/IntJMedMushr.v13.i4.40
21. Mizuno M. *BioFactors*, 2000, vol. 12, pp. 275–281. DOI: 10.1002/biof.5520120141.
22. Patent 2595737 (RU). 2016. (in Russ.).

Received April 27, 2019

Revised January 18, 2020

Accepted January 28, 2020

**For citing:** Minakov D.V., Morozhenko Yu.V., Bazarnova N.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 241–247. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020025507.

\* Corresponding author.

