



Серия «Биология. Экология»
2024. Т. 50. С. 3–11
Онлайн-доступ к журналу:
<http://izvestiabio.isu.ru/ru>

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

Научная статья

УДК 582.284:577.115.3
<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2024.50.3>

Жиринокислотный состав плодовых тел *Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. Kummer, полученных на шроте лекарственного сырья *Lavanda angustifolia*

Т. Г. Горностай, М. С. Полякова*

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
E-mail: t.g.gornostay@yandex.ru

Аннотация. Выполнено сравнительное исследование уровня содержания общих липидов, жирнокислотного состава и содержания жирных кислот в плодовых телах вёшенки *Pleurotus ostreatus*, культивируемой на субстратной смеси со шротом лекарственного сырья лаванды *Lavanda angustifolia* и на классической с пшеничной соломой. Показан количественный состав жирных кислот в исходных субстратах, плодовых телах и субстратных блоках после культивирования грибов, проведён их сравнительный анализ. Обсуждаются перспективы выращивания плодовых тел грибов для получения ценного биотехнологического сырья на базе отходов производства фитопрепаратов.

Ключевые слова: *Pleurotus ostreatus*, плодовые тела, жирные кислоты, шрот лекарственных трав, *Lavanda angustifolia*.

Благодарности. Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Биоаналитика» с использованием коллекций ЦКП «Биоресурсный центр» СИФИБР СО РАН, г. Иркутск. Авторы признательны Н. А. Соколовой за помощь в анализе содержания жирных кислот. Авторы благодарны сотрудникам ООО «Травы Байкала» (г. Иркутск) за любезно предоставленный шрот лекарственного сырья лаванды. Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (регистрационный № 122041100049-0) по программе фундаментальных исследований СИФИБР СО РАН.

Для цитирования: Горностай Т. Г., Полякова М. С. Жиринокислотный состав плодовых тел *Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. Kummer, полученных на шроте лекарственного сырья *Lavanda angustifolia* // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2024. Т. 50. С. 3–11. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2024.50.3>

Research article

Fatty Acid Composition of Fruiting Bodies of *Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. Kummer, Obtained from the Meal of the Medicinal Herb *Lavanda angustifolia*

T. G. Gornostai, M. S. Polyakova*

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

© Горностай Т. Г., Полякова М. С., 2024

*Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.
For complete information about the authors, see the last page of the article.

Abstract. The need to use waste from the production of phytopreparations (meals) is due to the presence of a sufficient residue of biologically active substances and dietary fiber after solvent extraction. The use of plant waste for growing basidiomycetes has a rational and ecological approach. Growing mushrooms on waste leads to their rapid destruction, and the fruiting bodies in this case have a new chemical composition. In this study, it was shown that the use of *Lavanda angustifolia* meal as a substrate leads to an increase in the total fat content in *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies by 5.8%. The composition of the total lipid fatty acids of *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies when cultivated on narrow-leaved lavender meal and wheat straw showed variability under the influence of the substrate factor. Changes were observed in the accumulation of myristic, palmitic, margaric, stearic and oleic acids. A dependence was revealed for them: the more in the substrate, the more in the fruiting bodies, with a decrease in the content in the substrate block after cultivation. The major component in the fruiting bodies was linoleic acid, regardless of the substrate. The data obtained provide grounds for recommending the use of growing the basidylic fungus *Pleurotus ostreatus* on narrow-leaved lavender meal not only to increase the natural rate of decomposition of the meal, but also as a raw material or product with a high content of linoleic acid.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, fruiting bodies, fatty acids, herbal meal, *Lavanda angustifolia*.

For citation: Gornostai T.G., Polyakova M.S. Fatty Acid Composition of Fruiting Bodies of *Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. Kummer, Obtained from the Meal of the Medicinal Herb *Lavanda angustifolia*. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2024, vol. 50, pp. 3–11. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2024.50.3> (in Russian)

Введение

Проблема утилизации отходов от производства фитопрепаратов является актуальной для фармацевтической промышленности. Поиск безопасных способов использования и утилизации шротов сырья лекарственных растений является важной задачей с точки зрения рационального использования природных ресурсов. Интерес вторичного использования шротов обусловлен наличием достаточного остатка биологически активных веществ и пищевых волокон после экстракции растворителями [Distilled lavandin ... , 2008; Value-added products ... , 2022]. Крайне перспективны в этом направлении базидиальные грибы, которые благодаря их уникальной ферментной системе широко применяют для направленной деструкции древесины [Использование базидиальных грибов ... , 2011; Ксилотрофные грибы как ... , 2009] и утилизации растительных сельскохозяйственных отходов [Naraian, Singh, Ram, 2016]. В частности, на них повсеместно активно культивируют съедобный гриб *Pleurotus ostreatus* (вёшенку обыкновенную), при этом установлено, что химический состав плодовых тел гриба заметно варьирует в зависимости от типа используемых отходов [Dundar, Acay, Yildiz, 2009; Sharma, Yadav, Pokhrel, 2013; Effect of substrates ... , 2018]. Это обстоятельство позволяет предположить, что выращенные на определённых типах отходов плодовые тела могут не только быть применены как продукт питания, но и выступать в качестве источника сырья природного происхождения с новыми свойствами.

Грибы богаты незаменимыми жирными кислотами (ЖК) [Феофилова, 2004]. Получение съедобных грибов с высоким содержанием эссенциальных жирных кислот находит отклик в системе здорового питания и вегетарианстве, продолжающих набирать популярность. Учитывая известное значительное влияние субстратного фактора на химический состав плодовых тел при культивировании [Hoa, Wang, Wang, 2015; Utilization of fruit ... , 2022] (ЖК не являются исключением [Влияние лигнина и ... , 2014; Липиды

Inonotus rheades ... , 2017; Горноста́й, 2024)), мы предприняли исследование таких изменений при введении в состав субстрата отходов сырья лаванды узколистной *Lavanda angustifolia* – многолетнего лекарственного растения, известного своими антидепрессантными, антисептическими, антибактериальными и антиоксидантными свойствами и широко культивируемого с целью получения эфирного масла и как декоративное [Roque, Roque, Vican, 2001]. Настоящая работа посвящена сравнительному анализу жирнокислотного состава плодовых тел *P. ostreatus*, выращенных на субстратной смеси шрота лекарственного сырья лаванды узколистной, и повсеместно используемой в качестве стандартного субстрата пшеничной соломы.

Материалы и методы

Материалом для исследования служили зрелые плодовые тела вёшенки *P. ostreatus* (Jacquin) P. Kummer, штамм КТЗ, выращенные на субстратных блоках из шрота. В качестве субстрата использовали шрот лекарственного сырья лаванды *L. angustifolia* без внесения органических и минеральных добавок, после водной экстракции при 60 °С в течение суток, высушенный далее до воздушно-сухого состояния. Шрот лаванды (ЛА) представлял собой измельчённую цветочную часть растения с величиной исходной фракции 0,5–2 мм. Для приготовления субстратных блоков точную навеску шрота заливали горячей дистиллированной водой до получения влажности субстрата 68 %, перемешивали, плотно упаковывали в пакеты и стерилизовали при 0,9 атм. в течение 60 мин. Стерильные субстратные блоки инокулировали мицелием *P. ostreatus*, далее помещали в ростовую комнату с температурой 23–24 °С. После полного обрастания субстратные блоки переносили в термостат с температурой 4 °С на 3 сут., затем в камеру для выгонки плодовых тел с температурой воздуха 16–18 °С, влажностью 85–90 % и длиной светового дня 12 ч. Полученные плодовые тела высушивали и использовали для дальнейшего анализа. В качестве контроля использовали культивирование на соломе пшеницы (величина исходной фракции 5–10 мм) (SW) при аналогичном режиме.

Содержание общих липидов в плодовых телах определяли экстракционно-гравиметрическим методом. Жирные кислоты определяли по методу ГХ/МС с использованием хромато-масс-спектрометра 5973/6890N MSD/DS (Agilent Technologies, США), описанному ранее [Липиды *Inonotus rheades* ... , 2017], с добавлением нонадекановой кислоты для контроля экстрактивности липидов. Абсолютное содержание ЖК в мкг рассчитывали с использованием значений внутреннего стандарта [Study of the ... , 2023].

Статистический анализ данных выполнен с помощью пакета SigmaPlot 12.0. Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение ($M \pm SD$), для каждого образца выполнены три-пять повторов.

Результаты и обсуждение

Определение содержания общих липидов в плодовых телах *P. ostreatus* показало, что использование шрота цветов лаванды в качестве субстрата по-

вышает содержание общих жиров до 7,55 % по сравнению с 1,72 % в полученных на соломе контрольных образцах (согласно данным других исследователей, плодовые тела *P. ostreatus* при использовании соломы разных видов в качестве субстрата содержат 0,5–1,03 % жиров [Dundar, Acay, Yildiz, 2009; Sharma, Yadav, Pokhrel, 2013]). Повышенное содержание липидов в плодовых телах *P. ostreatus* (3,7 и 3,2 %) отмечено и на таких смешанных субстратах, как скорлупа миндальных и грецких орехов, а также виноградный жмых и отходы хлопка (1:1 по массе в обоих вариантах) [Bioconversion of lignocellulosic ... , 2014]. Очевидно, наблюдаемый эффект можно объяснить достаточным количеством остаточных жиров в шротах, которые в последующем могут накапливаться и в плодовых телах грибов.

Прежде чем перейти к сравнительному анализу состава ЖК плодовых тел, полученных на шроте лаванды и соломе, важно проанализировать ЖК-профиль исходных субстратов. В субстрате SW выявлено преобладание линолевой (отмечавшееся и ранее [Combined effect ... , 2021]) и цис-вакценовой кислот, содержание остальных кислот ниже, чем в LA (табл. 1). Соломистый субстрат характеризовался высоким (68,33 %) содержанием суммы ненасыщенных ЖК (ННЖК) (табл. 2), а также большими по сравнению с субстратом из лаванды значениями коэффициента ненасыщенности и индекса двойных связей.

Таблица 1

Характеристика состава жирных кислот (мкг/г) в исходном субстрате, плодовых телах *P. ostreatus* и субстратных блоках после культивирования

Жирная кислота		Исходный субстрат		Плодовые тела		Субстратный блок после культивирования	
		SW	LA	SW	LA	SW	LA
Лауриновая	C12:0-i	5,3±1,2	—	—	—	3,9±0,8	—
Миристиновая	C14:0	24,3±3,5	43,8±1,3	6,05±0,26*	7,48±0,1*	17,56±2,6	27,9±2,6
Пентадекановая	C15:0	9,2±1,6*	9,0±1,9*	32,4±6,8	59,2±3,4	17,68±2,4	25,0±2,4
Пальмитиновая	C16:0	437,2±22,6	1387,3±16,1	377,9±35,8	624,1±13,32	139,1±8,6	1018,2±55,8
Пальмитолеиновая	C16:1(n-5)	6,8±2,4	49,3±1,2	17,5±2,4*	19,4±1,2*	12,7±0,3*	16,5±3,2*
Маргариновая	C17:0	6,3±1,3	67,5±5,8	1,5±0,1	4,5±1,4	—	45,4±0,7
Стеариновая	C18:0	46,8±2,4	156,1±15,2	27,9±2,4	35,7±1,5	39,9±4,6	135,2±16,4
Олеиновая	C18:1(n-9)	128,5±12	234,0±25,7	137,8±23,7	402,0±43,4	60,5±3,4	175,0±20,1
Цисвакценовая	C18:1(n-7)	80,9±6,1	50,3±0,2	88,3±5,1	136,6±3,5	16,8±4,1	41,6±5,5
Линолевая	C18:2(n-6)	402,4±41,3	133,0±17,6	1696,3±28,9	2226,5±74,3	102,7±12,4	379,2±56,6
Линоленовая	C18:3(n-3)	110,6±13	180,6±24,5	2,2±1,1*	2,4±0,4*	—	83,7±9,2
Арахидоновая	C20:0	44,4±4,5	80,6±9,6	2,0±0,7	—	9,5±0,9	80,7±1,5
Гадолоновая	C20:1(n-11)	—	—	2,3±0,5	—	5,0±1,1	—
Эйкозодиеновая	C20:2(n-9)	—	—	2,0±0,3	—	8,8±2,4	—
Бегеновая	C22:0	48,0±7,8*	42,9±6,7*	19,0±4,5	—	8,6±0,1	72,3±3,7

Примечание для табл. 1–2: LA – шрот *L. angustifolia*, WS – солома пшеницы, * – статистически незначимые отличия ($p \leq 0,05$).

Анализ ЖК плодовых тел *P. ostreatus* показал, что компонентный состав липидов изменяется в зависимости от использованного субстрата: при культивировании на субстрате LA не были обнаружены арахидоновая C20:0, гадоленовая C20:1(n-11), эйкозодиеновая C20:2(n-9) и бегеновая C22:0 кислоты (см. табл. 1), при том что в субстрате арахидоновая и бегеновая присутствовали. Гадоленовая и эйкозодиеновая кислоты, отсутствующие в обоих субстратах, были обнаружены в грибах, полученных на SW. Стоит также отметить, что содержание этих кислот имеет тенденцию к увеличению в субстратных блоках после культивирования, что обусловлено, вероятно, косвенным синтезом мицелия гриба. Мажорным компонентом в плодовых телах независимо от субстрата была линолевая кислота, что согласуется с результатами других исследователей [Combined effect ... , 2021]. Зависимость содержания ЖК в плодовых телах от изначального количества в исходном субстрате прослеживается для таких насыщенных ЖК (НЖК), как миристиновая, пальмитиновая, маргариновая, стеариновая, олеиновая: чем больше их в субстрате, тем больше в плодовых телах при снижении содержания в субстратном блоке после культивирования. Среди ННЖК данная закономерность проявляется только для олеиновой кислоты. Наши результаты подтверждают данные о том, что синтез линолевой кислоты является косвенным для плодовых тел и не зависит от изначального содержания в субстрате: её содержание в грибах было выше, чем в субстратах [Spent coffee grounds ... , 2020].

Таблица 2

Суммарное содержание НЖК, ННЖК (%) в исходном субстрате, плодовых телах *P. ostreatus* и субстратных блоках после культивирования

Показатель	Исходный субстрат		Плодовые тела		Субстратный блок после культивирования	
	SW	LA	SW	LA	SW	LA
Σ НЖК	46,86*	69,24*	18,93	20,58	51,68*	66,07*
Σ ННЖК	68,33*	29,23*	79,73	78,96	40,77*	32,51*
Σ ННЖК / Σ НЖК	1,46*	0,42*	4,21	3,84	0,79*	0,49*
ИДС	1,05*	0,52*	1,51	1,43	0,61	0,58

Примечание: ИДС – индекс двойной связи (%); Σ НЖК – сумма насыщенных жирных кислот (%); Σ ННЖК – сумма ненасыщенных жирных кислот (%); Σ ННЖК / Σ НЖК – отношение суммы ненасыщенных жирных кислот к сумме насыщенных жирных кислот (%).

В плодовых телах, полученных на LA и SW, статистических отличий для показателей сумм НЖК и ННЖК не установлено, в отличие от значений, выявленных для исходного субстрата до культивирования и субстратных блоков после плодоношения грибов (см. табл. 2).

Известно, что продукты с относительно высоким соотношением Σ ННЖК / Σ НЖК полезны для здоровья и обладают сильным гипохолестеринемическим эффектом [Chang, Huang, 1998]. Полученные в результате исследования оценки содержания ЖК в шроте цветов лаванды указывают на рентабельность использования этого вида отходов в качестве субстрата для

получения сырья с высоким содержанием олеиновой и линолевой кислот. Последнее соединение дополнительно возможно также выделить из субстратного блока после культивирования плодовых тел *P. ostreatus*, что позволит увеличить общий выход линолевой кислоты в 1,45 раза по сравнению с солоmistым субстратным блоком.

Заключение

Исследование показало, что использование шрота лаванды узколистной в качестве субстрата приводит к увеличению общего содержания жиров в плодовых телах выращиваемой на нём вёшенки. Состав ЖК из общих липидов плодовых тел *P. ostreatus* при культивировании на шроте лаванды и пшеничной соломе подвержен действию субстратного фактора: прямая связь в накоплении миристиновой, пальмитиновой, маргариновой, стеариновой и олеиновой кислот установлена для исходного субстрата и плодовых тел грибов, после культивирования их содержание в субстратном блоке снижается. Независимо от субстрата мажорным компонентом среди ЖК в плодовых телах является линолевая кислота. Полученные результаты дают основания рекомендовать выращивание вёшенки на шроте лаванды узколистной не только с целью увеличения скорости разложения последнего, но и для выработки ценного биотехнологического сырья с высоким содержанием линолевой кислоты.

Список литературы

- Влияние лигнина и кислорода на рост и липидообразование *Lentinus tigrinus* / А. А. Ивашечкин, Я. Э. Сергеева, В. В. Лунин, В. И. Богдан, И. С. Мысякина, Е. П. Феофилова // Прикладная биохимия и микробиология. 2014. Т. 50, № 3. С. 318–323. <https://doi.org/10.7868/S0555109914030246>
- Горноста́й Т. Г. Влияние древесного субстрата на жирнокислотный состав мицелия *Inocutis dryophila* (BULL.) P. KARST // JAE. 2024. № 7 (47). <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.2>
- Использование базидиальных грибов в технологиях переработки и утилизации техногенных отходов: фундаментальные и прикладные аспекты (обзор) / Н. А. Куликова, О. И. Кляйн, Е. В. Степанова, О. В. Королёва // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47, № 6. С. 619–634.
- Ксилотрофные грибы как активные деструкторы растительных отходов / П. З. Мурадов, Ш. Н. Гасымов, Ф. Х. Гахраманова, А. А. Алиева, Д. М. Аббасова, Ш. А. Бабаева, М. М. Рагимова // Географическая среда и живые системы. 2009. № 1. С. 109–112.
- Липиды *Inonotus rheades* (Hymenochaetaceae): влияние субстрата и света на жирнокислотный профиль мицелия / Т. Г. Горноста́й, М. С. Полякова, Г. Б. Боровский, Д. Н. Оленников // Химия растительного сырья. 2017. № 1. С. 105–111. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018012713>
- Феофилова Е. П. Мицелиальные грибы как источники получения новых лекарственных препаратов с иммуномодулирующей, противоопухолевой и ранозаживляющей активностями // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2004. № 1. С. 27–32.
- Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties / G. Koutrotsios, K. C. Mountzouris, I. Chatzipavlidis, G. I. Zervakis // Food Chem. 2014. Vol. 161. P. 127–135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.121>
- Chang N. W., Huang P. C. Effects of the ratio of polyunsaturated and monounsaturated fatty acid to saturated fatty acid on rat plasma and liver lipid concentrations // Lipids. 1998. Vol. 33, N 5. P. 481–487. <https://doi.org/10.1007/s11745-998-0231-9>

Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value / S. Abou Fayssal, Z. E. Sebaaly, M. Alsanad, R. Najjar, M. Bohme, M. H. Yordanova, Y. N. Sassine // PLOS ONE. 2021. Vol. 16, N 9. P. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255794>

Distilled lavandin (*Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel) wastes: a rich source of coumarin and herniarin / C. Tiliacos, E. M. Gaydou, J. M. Bessiere, R. Agnel // J. Essent. Oil Res. 2008. Vol. 20. P. 412–413. <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700043>

Dundar A., Acay H., Yildiz A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. On mushroom yield, chemical composition and nutritional value // AJB. 2009. Vol. 8, N. 4. P. 662–666.

Hoang H. T., Wang C. L., Wang C. H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*) // Mycobiology. 2015. Vol. 43. P. 423–434. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>

Effect of substrates on nutritional composition and functional properties of *Pleurotus ostreatus* / J. E. G. Mbassi, E. Y. Mobou, F. A. Ngome, K. S. L. Sado // CRAS. 2018. Vol. 5, N 1. P. 15–22. <https://doi.org/10.18488/journal.68.2018.51.15.22>

Naraian R., Singh M. P., Ram S. Supplementation of basal substrate to boost up substrate strength and oyster mushroom yield: an overview of substrates and supplements // IJCMAS. 2016. Vol. 5, N 5. P. 543–553. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.505.056>

Roque R., Roque O., Vican P. Encyclopedia of Medicinal Plants. Larousse / VUEF 2001. 336 p.

Value-added products from industrial wastes of phytopharmaceutical industries / N. K. Azama, T. A. Shishir, A. Khandker, N. Hasana // Innovations in Fermentation and Phytopharmaceutical Technologies. 2022. P. 457–489. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-821877-8.00002-6>

Sharma S., Yadav R. K. P., Pokhrel C. P. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates // JNBR. 2013. Vol. 2, N 1. P. 03–08. <https://doi.org/10.38112/agw.2020.v08i01.001>

Spent coffee grounds influence on *Pleurotus ostreatus* production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity / M. A. Alsanad, Y. N. Sassine, Z. E. Sebaaly, S. A. Fayssal // J. Food. 2020. Vol. 19, N 1. P. 11–20. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1845243>

Study of the effect of mowing and drying on the lipid composition of grass leaves in permafrost / V. V. Nokhsorov, L. V. Dudareva, N. V. Semenova, K. A. Petrov // Agronomy. 2023. Vol. 13, N 9. P. 2252. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092252>

Utilization of fruit waste substrates in mushroom production and manipulation of chemical composition / O. D. Otieno, F. J. Mulaa, G. Obiero, J. Midiwo // Biocatal. Agric. Biotechnol. 2022. Vol. 39. P. 102250. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102250>

References

Ivashechkin A.A., Sergeeva Ya.E., Lunin V.V., Bogdan V.I., Mysyakina I.S., Feofilova E.P. Vliyanie lignina i kisloroda na rost i lipidobrazovanie *Lentinus tigrinus* [Influence of lignin and oxygen on the growth and the lipid formation of the fungus *Lentinus tigrinus*]. *Appl. Biochem. Microbiol.*, 2014, vol. 50, no. 3, pp. 318–323. <https://doi.org/10.7868/S0555109914030246> (in Russian)

Gornostaj T.G. Vliyanie drevesnogo substrata na zhirnokislotnyi sostav mitseliya *Inocutis dryophila* (BULL.) P. KARST [Influence of wood substrate on the fatty acid composition of mycelium of *Inocutis dryophila* (BULL.) P. KARST]. *JAE*, 2024, vol. 7, no. 47. <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.2> (in Russian)

Kulikova N.A., Klyajn O.I., Stepanova E.V., Korolyova O.V. Ispolzovanie bazidialnykh gribov v tekhnologiyakh pererabotki i utilizatsii tekhnogennykh otkhodov: fundamentalnye i prikladnye aspekty (obzor) [Use of basidiomycetes in industrial waste processing and utilization technologies: fundamental and applied aspects (review)]. *Appl. Biochem. Microbiol.*, 2011, vol. 47, no. 6, pp. 619–634. (in Russian)

Muradov P.Z., Gasymov Sh.N., Gaxramanova F.X., Alieva A.A., Abbasova D.M., Babaeva Sh.A., Ragimova M.M. Ksilotrofnye griby kak aktivnye destruktory rastitel'nykh otkhodov [Xilotrophes mushrooms as active destructors of the vegetative waste]. *Geographical Environment and Living Systems*, 2009, no.1, pp. 109–112. (in Russian)

Gornostai T.G., Polyakova M.S., Borovskii G.B., Olennikov D.N. Lipidy Inonotus rheades (Hymenochaetaceae): vliyanie substrata i sveta na zhirnokislotnyi profil mitseliya [Lipids of Inonotus rheades (Hymenochaetaceae): Influence of substrate and light mode on fatty acid profile of mycelium]. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Material], 2017, no. 1. pp. 105-111. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018012713> (in Russian)

Feofilova E.P. Mitselialnye griby kak istochniki polucheniya novykh lekarstvennykh preparatov s immunomoduliruyushchei, protivopukholevoi i ranozazhivlyayushchei aktivnostyami [Mycelial fungi as potential sources of new drugs with immunomodulatory, anti-tumor and wound-healing properties]. *Immunopathology, Allergology, Infectology*, 2004, no. 1. pp. 27-32. (in Russian)

Koutrotsios G., Mountzouris K.C., Chatzipavlidis I., Zervakis G.I. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chem.*, 2014, vol. 161, pp. 127-135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.121>

Chang N.W., Huang P.C. Effects of the ratio of polyunsaturated and monounsaturated fatty acid to saturated fatty acid on rat plasma and liver lipid concentrations. *Lipids*, 1998, vol. 33, no. 5, pp. 481-487. <https://doi.org/10.1007/s11745-998-0231-9>

Abou Fayssal S., Sebaaly Z.E., Alsanad M., Najjar R., Bohme M., Yordanova M.H., Sassine Y.N. Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value. *PLOS ONE*, 2021, vol. 16, no. 9, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255794>

Tiliacos C., Gaydou E.M., Bessiere J.M., Agnel R. Distilled lavandin (*Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel) wastes: a rich source of coumarin and herniarin. *J. Essent. Oil Res.*, 2008, vol. 20, pp. 412-413. <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700043>

Dundar A., Acay H., Yildiz A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. On mushroom yield, chemical composition and nutritional value. *AJB*, 2009, vol. 8, no. 4. pp. 662-666.

Hoa H.T., Wang C.L., Wang C.H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 2015, vol. 43, pp. 423-434. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>

Mbassi J.E.G., Mobou E.Y., Ngome F.A., Sado K.S.L. Effect of substrates on nutritional composition and functional properties of *Pleurotus ostreatus*. *CRAS*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 15-22. <https://doi.org/10.18488/journal.68.2018.51.15.22>

Naraian R., Singh M.P., Ram S. Supplementation of basal substrate to boost up substrate strength and oyster mushroom yield: an overview of substrates and supplements. *IJCMAS*, 2016, vol. 5, no. 5, pp. 543-553. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2016.505.056>

Roque R., Roque O., Vican P. *Encyclopedia of Medicinal Plants*. Larousse / VUEF, 2001, 336 p.

Azama N.K., Shishir T.A., Khandker A., Hasana N. Value-added products from industrial wastes of phytopharmaceutical industries. *Innovations in Fermentation and Phytopharmaceutical Technologies*, 2022, pp. 457-489. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-821877-8.00002-6>

Sharma S., Yadav R.K.P., Pokhrel C.P. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *JNBR*, 2013, vol. 2, no. 1. pp. 3-8. <https://doi.org/10.38112/agw.2020.v08i01.001>

Alsanad M.A., Sassine Y.N., Sebaaly Z.E., Fayssal S.A. Spent coffee grounds influence on *Pleurotus ostreatus* production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity. *J. Food*, 2020, vol. 19, no. 1. pp. 11-20 <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1845243>

Nokhsorov V.V., Dudareva L.V., Semenova N.V., Petrov K. A. Study of the effect of mowing and drying on the lipid composition of grass leaves in permafrost. *Agronomy*, 2023, vol. 13, no. 9. pp. 2252. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092252>

Otieno O.D., Mulaa F.J., Obiero G., Midiwo J. Utilization of fruit waste substrates in mushroom production and manipulation of chemical composition. *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 2022, vol. 39, pp. 102250. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102250>

Сведения об авторах***Горноста́й Татьяна Геннадьевна***

*кандидат фармацевтических наук,
научный сотрудник*

Сибирский институт физиологии

и биохимии растений СО РАН

Россия, 664033, г. Иркутск,

ул. Лермонтова, 132

e-mail: t.g.gornostay@yandex.ru

Полякова Марина Станиславовна

младший научный сотрудник

Сибирский институт физиологии

и биохимии растений СО РАН

Россия, 664033, г. Иркутск,

ул. Лермонтова, 132

e-mail: poljakova.m@gmail.com

Information about the authors***Gornostai Tatyana Gennadievna***

*Candidate of Science (Pharmaceutics),
Research Scientist*

Siberian Institute of Plant Physiology

and Biochemistry SB RAS

132, Lermontov st., Irkutsk, 664033,

Russian Federation

e-mail: t.g.gornostay@yandex.ru

Polyakova Marina Stanislavovna

Junior Research Scientist

Siberian Institute of Plant Physiology

and Biochemistry SB RAS

132, Lermontov st., Irkutsk, 664033,

Russian Federation

e-mail: poljakova.m@gmail.com