

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 582.284:67.08:674.8

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-4-500-508>

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКОДЕСТРУКЦИИ

В. В. Мартынов , Т. Н. Щемелинина, Е. М. Анчугова

*Институт биологии Федерального исследовательского центра
Коми научного центра Уральского отделения РАН
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28*

Поступила в редакцию 09.02.2024 г., после доработки 30.07.2024 г., принята 30.07.2024 г., опубликована 17.12.2024 г.

Аннотация. Анализ состава кородревесных отходов склада г. Сыктывкара выявил высокое содержание питательных элементов, отсутствие токсичности и возможность использования для твердофазной ферментации ксилотрофных базидиомицетов. Критическая оценка трех штаммов ксилотрофных базидиомицетов (*Trametes hirsuta*, *Fomitopsis pinicola*, *Laetiporus sulphureus*), культивированных на кородревесных отходах, показала, что штамм *Trametes hirsuta* обладает наибольшей скоростью роста (4.95 – 6.2 мм / сут.), высоким ростовым коэффициентом (60 – 77) и максимальным выходом трудногидролизуемых (30.7%) полисахаридов за 30 суток. Максимальный выход целлюлазы составил 1330 Ед./г.

Ключевые слова: кородревесные отходы, ксилотрофные базидиомицеты, ростовые характеристики, гидролизуемые полисахариды, целлюлаза

Финансирование. Работа выполнена при финансировании Государственного задания Института биологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН по теме «Научно обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере» (№ 1021051101411-4-1.6.23).

Соблюдение этических норм. Исследования проводили без использования животных и без привлечения людей в качестве испытуемых.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

 Для корреспонденции. Лаборатория биохимии и биотехнологии Института биологии ФИЦ Коми научного центра УрО РАН.

ORCID и e-mail адреса: Мартынов Владислав Владимирович: <https://orcid.org/0000-0003-0806-9320>, mar7inov.v@yandex.ru; Щемелинина Татьяна Николаевна: <https://orcid.org/0000-0002-4052-6424>, shemelinina@ib.komisc.ru; Анчугова Елена Михайловна: <https://orcid.org/0000-0002-7912-3518>, anchugova@ib.komisc.ru.

Для цитирования. Мартынов В. В., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М. Перспективы биотехнологической утилизации кородревесных отходов длительного срока хранения на основе микодеструкции // Поволжский экологический журнал. 2024. № 4. С. 500 – 508. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-4-500-508>

Введение. Среди различных видов отходов лесной и деревоперерабатывающей промышленности наименее используемыми являются кородревесные отходы (КДО), представляющие собой остатки коры, а также опилки, хвою, листья и корни. Биоконверсия КДО методом твердофазной ферментации (ТФФ) с использованием дереворазрушающих базидиомицетов позволяет эффективно совмещать технологии утилизации лигноцеллюлозных отходов с получением биологически активных метаболитов. N. Bhati с соавторами (2021) оценили исключительный гидролитический потенциал целлюлаз, применяемых в различных отраслях промышленности, например, для переработки растительного сырья, улучшения текстуры пищевых продуктов и качества кормов, производства моющих средств, ферментации и значительного увеличения производства этанола из лигноцеллюлозной биомассы.

Использование классических методов – определение радиальной скорости роста мицелия ксилотрофных базидиомицетов, ростовых коэффициентов, выход целлюлаз, определение содержания легко- и трудногидролизуемых полисахаридов как в исходной пробе, так и в прошедших ферментацию грибами образцах (Tirado-González et al., 2016) даст возможность оценить как биотехнологический потенциал штаммов базидиомицетов, так и перспективы валоризации кородревесных отходов разной степени разложения.

Целью данного исследования была оценка биотехнологического потенциала кородревесных отходов длительного срока хранения.

Материал и методы. Образцы КДО отбирали на складе коры м. Лесозавод, г. Сыктывкара Республики Коми. Площадь склада коры составляет от 8 до 11 га, высота отвала – от 17 до 26 м, объем отвала – от 600 до 1120 тыс. м³.

Количественный химический анализ двух образцов КДО (О1 – слаборазложившиеся кородревесные отходы с малым сроком хранения (2 – 5 лет), отобранные с вершины короотвала; О2 – сильноразложившиеся кородревесные отходы с длительным сроком хранения (до 80 лет)) проводили в Экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми научного центра УрО РАН следующими методами: рН – потенциометрией, ФР.1.31.2018.31673; массовую долю азота обменных ионов аммония $N-NH_4^+$ (сол.) – фотометрией, ФР.1.31.2018.30608; массовую долю азота, входящего в состав обменных нитрат-анионов, $N-NO_3$ (сол.) – фотометрией, ФР.1.31.2021.40387; массовую долю оксида калия, фосфора, входящих в состав подвижных соединений (по методу Кирсанова) K_2O (подв.), P_2O_5 (подв.) – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, ФР.1.31.2018.29616; углерод (общее содержание), С, азот (общее содержание), N – методом газовой хроматографии на элементном анализаторе, ФР.1.31.2016.23502; массовую долю обменных ионов кальция, Са (обм.), магния, Mg (обм.) – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой,

ФР.1.31.2018.29615; фенол – методом капиллярной газовой хроматографии с детектором электронного захвата, ФР.1.31.2016.23499; нефтепродукты, НП – флуориметрическим методом, ФР.1.31.2012.13170; бенз[а]пирен – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием, ФР.1.31.2009.06214; Cu, Pb, Cd, Ca, Ni, Co, As, Cr, V, Ti, Fe, Zn, Mn, Mo, Ba, Sr, B, K, Na, Mg, S, P – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, ФР.1.31.2006.02149.

Штаммы ксилотрофных базидиомицетов, агентов ферментации, были приобретены во Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВКМ) Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г. К. Скрябина РАН: *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd 1924, штамм F 3197, *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst 1881, штамм F 3205, и *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill 1920, штамм F 3217. Мицелиальный диск (Ø 10 мм) помещали в чашку Петри на стерильный образец КДО массой 10 г, увлажненный 30 см³ среды Чапека без источника углерода, а затем культивировали при температуре 26°C, влажности 80% в климатической камере MLR-350H (Сапуо, Япония). Контролем служила стандартная агаризованная среда Чапека – Докса (К). В ходе ТФФ фиксировали продолжительность линейного роста колонии от границы диска до достижения мицелием края среды. Радиусы колоний измеряли в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Радиальную скорость роста (*VR*) рассчитывали по следующей формуле:

$$VR = \frac{R_1 - R_0}{t_1 - t_0},$$

где *VR* – средняя скорость радиального роста мм / сут.; *R*₁ – радиус колонии в конце роста, мм; *R*₀ – радиус колонии в начале фазы линейного роста, мм; *t*₁ – продолжительность линейной фазы роста, сутки.

В ходе ТФФ каждые двое суток определяли высоту, плотность и диаметр колонии для расчета ростового коэффициента (РК). Плотность колонии отмечали по трехбалльной системе: 1 – редкая; 2 – средняя; 3 – плотная. РК рассчитывали по формуле (Bonanomi et al., 2016):

$$PK = \frac{D \times h \times g}{t},$$

где *D* – диаметр колонии, мм; *h* – высота колонии, мм; *g* – плотность колонии, баллы; *t* – возраст колонии, сут.

Содержание легко- и трудногидролизуемых полисахаридов (ЛГП, ТГП) и оценку общей целлюлазной активности выполняли методом Шомоди – Нельсона (Shao, Lin, 2018), основанном на нахождении общего количества моносахаридов, образовавшихся в реакциях гидролиза. Выход целлюлазы определяли на 7-, 14-, 30-е сутки.

Для проверки нормальности распределения выборок использовали *W*-критерий Шапиро – Уилка. Для нормально распределённых выборок достоверность различий определялась с помощью апостериорного теста Тьюки. Для выборок отличных от нормального распределения использовали *U*-критерий Манна – Уитни. Уровень значимости $\alpha = 0.05$. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft Inc., OK, USA).

Результаты и их обсуждение. Оценка КДО в качестве субстрата для ТФФ. Образцы О1 и О2, отобранные на отвале КДО, обладали достаточно благоприятными агрохимическими свойствами. Независимо от степени разложения образцы КДО отличались высоким содержанием органического углерода (О1 – 47.3, О2 – 30%), подвижных форм калия (О1 – 800 ± 300 мг/кг, О2 – 470 мг/г) и обменных оснований (содержание обменного кальция О1 – 2200 ± 400 , О2 – 11300 ± 2300 мг/кг; обменного магния О1 – 170 ± 30 , О2 – 1130 ± 220 мг/кг). В составе КДО присутствовали необходимые для роста и развития растений неорганические формы азота – аммонийный азот составляет О1 – 19 ± 8 , О2 – 25 ± 10 мг/кг; нитратный азот О1 – 5 ± 1 мг/г, О2 – 7.8 ± 1.6 мг/кг. Кислотность субстрата зависела от степени разложения образцов: слабо трансформированный – слабокислый ($\text{pH}_{\text{сол}}$ 4.45), разложенный образец имел реакцию среды близкую к нейтральной ($\text{pH}_{\text{сол}}$ 7.56). Зафиксирован существенный разрыв между показателями содержания фосфора в сильно разложившемся образце О2 (7000 ± 1400 мг/кг) и слабаразложившемся О1 (84 ± 17 мг/кг).

Присутствие органических и неорганических поллютантов в составе КДО может ограничивать их применение. Из перечня приоритетных тяжелых металлов было отмечено повышенное содержание в образце О2 цинка – 1300 ± 260 мг/кг и марганца – 7500 ± 2200 мг/кг, превышающее в среднем установленные для почв значения ПДК (ОДК) в 13 и 5 раз соответственно. Это может быть обусловлено спецификой химического состава древесины хвойных пород, для которых характерна повышенная аккумуляция цинка и марганца.

Фенолы и нефтепродукты, образованные в результате трансформации растительных остатков, являются одним из основных компонентов любого субстрата. Следует отметить, что в настоящее время содержание фенолов в почвах России не нормируется, в то время как для нефтепродуктов установлены допустимые уровни их содержания в почвах (1000 мг/кг). Согласно полученным нами данным, содержание фенола в образце О1 составляло 1.06 ± 0.27 , в О2 – 0.48 ± 0.12 мг/кг. Для бенз[а]пирена ПДК в почве установлены на уровне 0.02 мг/кг. Содержание бенз[а]пирена в обоих образцах было меньше 0.0011 мг/кг. Содержание углеводородов в слабаразложившихся и сильно разложившихся КДО было меньше нормируемого допустимого уровня нефтепродуктов в почвах и составляло для О1 – 80 ± 30 , для О2 – 58 ± 23 мг/кг.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования КДО в качестве субстрата для культивирования.

Биотехнологический потенциал ксилотрофных базидиомицетов, культивируемых на КДО. Ксилотрофные базидиомицеты играют ключевую роль в разрушении древесины благодаря уникальному ферментному комплексу, катализирующему разложение устойчивых лигноцеллюлозных полимеров (Volobuev et al., 2022). Исследование показало, что при увеличении степени разложения субстрата разрастание всех штаммов замедлялось, причем существенная задержка роста наблюдалась у *F. pinicola* и *L. sulphureus*. Значения ростового коэффициента этих штаммов были невелики на О2, что свидетельствует о недостаточной адаптированности к данному субстрату (табл. 1). Следует отметить, что наиболее продуктивным оказался

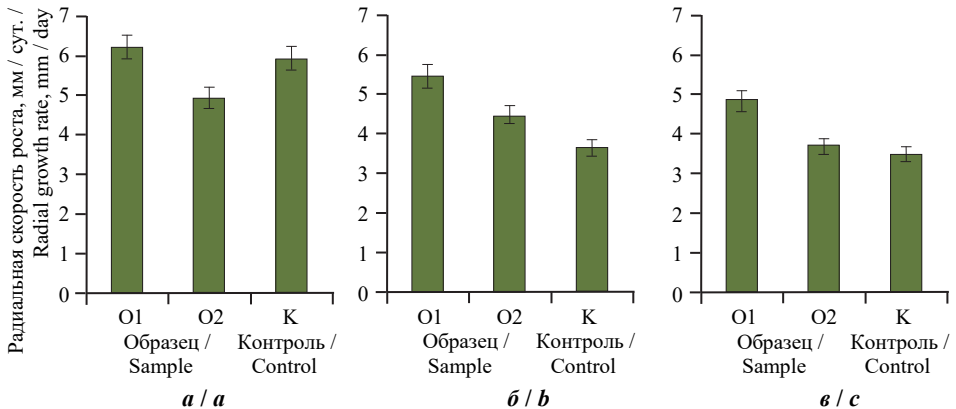
Таблица 1. Ростовые характеристики культивированных штаммов
Table 1. Growth characteristics of the cultured strains

Штамм / Strain	Ростовой коэффициент / Growth index		Время роста, сут. / Growth period, days	
	O1	O2	O1	O2
<i>T. hirsuta</i> F 3197	77	60	7	9
<i>F. pinicola</i> F 3205	67	48	8	10
<i>L. sulphureus</i> F 3217	52	37	9	13

штамм *T. hirsuta*, ростовые характеристики которого на образце O1 были на 22% выше, чем на сильноразложившемся образце O2 (см. табл. 1). Гриб *T. hirsuta* относится к представителям белой гнили древесины, которые выделяют целлюлолитические и лигнинолитические ферменты и способны разрушать, в первую очередь, лигнин (Shirkavand et al., 2017) через превращения, протекающие с образованием низкомолекулярных соединений. При этом лигнинразрушающие ферменты продуцируются грибами вне зависимости от наличия лигнина (в отличие от ферментов целлюлазного комплекса) (Ma et al., 2021).

Радиальная скорость роста штамма *T. hirsuta* была более высокой, чем у штаммов *F. pinicola*, *L. sulphureus* (рисунок). Установлено, что представители группы грибов бурой гнили (*F. pinicola*, *L. sulphureus*) в основном разлагают целлюлозу с ограниченным воздействием на лигнин и более интенсивно развиваются на средах, содержащих деполимеризованные углеводы в качестве источников углерода, например, глюкозу (Hu et al., 2023), кроме того, данные штаммы показывали более высокую скорость роста на КДО, чем на стандартной среде Чапека – Докса (К) (см. рисунок).

Лигноцеллюлозные отходы являются наиболее распространенной биологически возобновляемой биомассой на земле, и при их гидролизе выделяются высокоценные редуцирующие сахара. Однако присутствие лигнина в биополимерной структуре делает её устойчивой к разложению, препятствуя гидролизу целлюлозы и гемицеллюлозы (Zhang et al., 2021). Согласно Н. Suryadi с соавторами (2022),



Средняя радиальная скорость роста штаммов: а – *T. hirsute*, б – *F. pinicola*, в – *L. sulphureus*. Планка погрешности указывает стандартную ошибку среднего ($n = 3$)
Figure. Mean radial growth rate of the strains: а – *T. hirsute*, б – *F. pinicola*, в – *L. sulphureus*. The error bars indicate the standard deviations ($n = 3$)

наиболее эффективно лигнин разлагают базидиомицеты, продуцируя комплекс внеклеточных ферментов (лакказа, Mn-пероксидаза и лигнин-пероксидаза). Разрушение лигнина приводит к накоплению полисахаридов (Shirkavand et al., 2017), причем штаммы грибов белой гнили накапливают больше ТПГ, чем штаммы бурой гнили. Определение содержания ЛГП и ТГП проводили на О1, О2 при полном зарастании чашки Петри мицелием на 9-е сутки роста. Последующую оценку проводили на 30-е сутки роста. Отмечалось снижение ЛГП у всех штаммов, как на неразложившихся, так и на сильноразложившихся кородревесных отходах на 30-е сутки роста (табл. 2). Так, в образцах О1, О2, инокулированных штаммом *T. hirsuta*, наблюдалось накопление ТГП в 1.5 и 2.9 соответственно. Считается, что грибы бурой гнили в большинстве своем поражают гемицеллюлозу, целлюлозу, последовательно выделяя щавелевую кислоту и активные формы кислорода в реакциях Фентона, а затем гидролитические ферменты, не сильно модифицирующие лигнин (Mali et al., 2023). В образцах О2, инокулированных штаммами бурой гнили *F. pinicola*, *L. sulphureus*, образование ТГП было несколько ниже (см. табл. 2).

Таблица 2. Полисахариды в образцах КДО

Table 2. Polysaccharides in the bark-and-wood waste (BWw)

Сутки / Days	ЛГП / Easily hydrolysable sugars, %				ТПГ / Hardly hydrolysable sugars, %			
	КДО / BWw	<i>T. hirsuta</i>	<i>F. pinicola</i>	<i>L. sulphureus</i>	КДО / BWw	<i>T. hirsuta</i>	<i>F. pinicola</i>	<i>L. sulphureus</i>
О1								
9	9.8±0.15 ^a	9.5±0.24 ^a	9.6±0.17 ^a	10.5±0.16 ^a	13.3±0.09 ^a	20.8±0.32 ^b	15±0.29 ^c	15.5±0.23 ^c
30	9.8±0.15 ^a	3.8±0.05 ^b	3.3±0.05 ^c	2.5±0.02 ^d	13.3±0.09 ^a	30.1±0.62 ^b	6.3±0.08 ^c	3.6±0.08 ^d
О2								
9	1.2±0.1 ^a	1.4±0.14 ^a	1.0±0.03 ^b	0.8±0.09 ^b	2.6±0.11 ^a	4.3±0.11 ^b	3.2±0.12 ^c	2.6±0.09 ^a
30	1.2±0.1 ^a	1.7±0.06 ^b	0.8±0.03 ^c	0.6±0.02 ^c	2.6±0.11 ^a	12.8±0.18 ^b	4±0.05 ^c	2.7±0.09 ^a

Примечание. Разные буквы указывают на значимые различия в содержании полисахаридов при культивировании штаммов на основе апостериорного теста Тьюки при $P = 0.95$.

Note. Different letters indicate significant differences in the polysaccharide content caused by fungus strain cultivation (post-hoc Tukey; $P = 0.95$).

Выход целлюлазы. Два важнейших фактора, влияющих на стоимость производства продуктов с добавленной стоимостью путем ферментирования, – это несомненно, методы предобработки и выход целлюлаз. Снижение затрат, связанных с внесением ферментов, может быть достигнуто за счет производства необходимых количеств целлюлаз в дополнение к ферментам промышленного назначения в ходе переработки КДО путем использования небольшой части перерабатываемого лигноцеллюлозного сырья (Nitsos et al., 2019). Продуцирование целлюлаз базидиомицетами исследовали на КДО О1, поскольку на этом субстрате наблюдалась высокая скорость роста мицелия и повышенный выход ТГП. Выход целлюлаз к концу эксперимента увеличивался в 2 раза, наибольшая продукция зарегистрирована у штамма *T. hirsuta* (табл. 3).

Закключение. В контексте валоризации биомассы первостепенное значение имеют альтернативные виды использования субстрата. В результате оценки отхода склада коры в м. Лесозавод г. Сыктывкара установлено, что КДО являются питательным субстратом, не токсичны и могут использоваться для твердофазной фер-

Таблица 3. Выход целлюлаз при культивировании на КДО, ед. / г**Table 3.** Cellulase yield when cultivated on the bark-and-wood waste (BWV), unit / g

Время культивирования, сут. / Cultivation period, days	Штамм / Strain		
	<i>T. hirsuta</i>	<i>F. pinicola</i>	<i>L. sulphureus</i>
7	567±49 ^a	757±68 ^b	539±90 ^a
14	856±58 ^a	775±47 ^a	759±55 ^a
30	1280±40 ^a	1051±49 ^b	1109±46 ^b

Примечание. Разные буквы указывают на значимые различия выхода целлюлазы при культивировании штаммов на основе теста Манна – Уитни при $p < 0.05$.

Note. Different letters indicate significant differences in the cellulose yield caused by fungus strain cultivation (Mann–Whitney U-test; $p < 0.05$).

стой и недорогой способ твердофазного ферментирования.

Авторы выражают благодарность экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми научного центра УрО РАН за проведение количественного химического анализа.

ментации ксилотрофных базидиомицетов. Оптимальные ростовые характеристики и высокая эффективность осахаривания субстрата при культивировании на слаборазложенных и сильноразложенных КДО были достигнуты у представителя грибов группы белой гнили *Trametes hirsuta*. Выход целлюлаз у данного штамма составил 1280 Ед./г, что свидетельствует о потенциале субстрата для производства коммерческих целлюлаз, используя про-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Bhati N., Shreya, Sharma A. K. Cost-effective cellulase production, improvement strategies, and future challenges. *Journal of Food Process Engineering*, 2021, vol. 44, iss. 2, article no. e13623. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13623>
- Bonanomi G., Ippolito F., Senatore M., Cesarano G., Incerti G., Saracino A., Lanzotti V., Scala F., Mazzoleni S. Water extracts of charred litter cause opposite effects on growth of plants and fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 2016, vol. 92, pp. 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.10.003>
- Hu Y., Priya A., Chen C., Liang C., Wang W., Wang Q., Lin C. S. K., Qi W. Recent advances in substrate-enzyme interactions facilitating efficient biodegradation of lignocellulosic biomass: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2023, vol. 180, article no. 105594. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2023.105594>
- Ma J., Li Q., Wu Y., Yue H., Zhang Y., Zhang J., Shi M. Elucidation of ligninolysis mechanism of a newly isolated white-rot basidiomycete *Trametes hirsuta* X-13. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 2021, vol. 14, article no. 89. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02040-7>
- Mali T., Laine K., Hamberg L., Lundell T. Metabolic activities and ultrastructure imaging at late-stage of wood decomposition in interactive brown rot – white rot fungal combinations. *Fungal Ecology*, 2023, vol. 61, article no. 101199. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2022.101199>
- Nitsos C. K., Lazaridis P. A., Mach-Aigner A., Matis K. A., Triantafyllidis K. S. Enhancing lignocellulosic biomass hydrolysis by hydrothermal pretreatment, extraction of surface lignin, wet milling and production of cellulolytic enzymes. *ChemSusChem*, 2019, vol. 12, iss. 6, pp. 1179–1195. <https://doi.org/10.1002/cssc.201802597>
- Shao Y., Lin A. H.-M. Improvement in the quantification of reducing sugars by miniaturizing the Somogyi-Nelson assay using a microtiter plate. *Food Chemistry*, 2018, vol. 240, pp. 898–903. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.083>

Shirkavand E., Baroutian S., Gapes D. J., Young B. R. Pretreatment of radiata pine using two white rot fungal strains *Stereum hirsutum* and *Trametes versicolor*. *Energy Conversion and Management*, 2017, vol. 142, pp. 13 – 19. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.021>

Suryadi H., Judono J. J., Putri M. R., Ecclesia A. D., Ulhaq J. M., Agustina D. N., Sumiati T. Biodelignification of lignocellulose using ligninolytic enzymes from white-rot fungi. *Heliyon*, 2022, vol. 8, iss. 2, article no. e08865. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08865>

Tirado-González D. N., Jáuregui-Rincón J., Tirado-Estrada G. G., Martínez-Hernández P. A., Guevara-Lara F., Miranda-Romero L. A. Production of cellulases and xylanases by white-rot fungi cultured in corn stover media for ruminant feed applications. *Animal Feed Science and Technology*, 2016, vol. 221, part A, pp. 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.09.001>

Volobuev S., Shakhova N. Towards the discovery of active lignocellulolytic enzyme producers: A screening study of xylotrophic macrofungi from the Central Russian upland. *Iranian Journal of Science and Technology*, 2022, vol. 46, pp. 91 – 100. <https://doi.org/10.1007/s40995-021-01245-7>

Zhang Z., Shah A. M., Mohamed H., Tsiklauri N., Song Y. Isolation and screening of micro-organisms for the effective pretreatment of lignocellulosic agricultural wastes. *BioMed Research International*, 2021, article no. 5514745. <https://doi.org/10.1155/2021/5514745>

Potential of utilizing aged bark-and-wood waste through mycological degradation as a biotechnological process

V. V. Martynov , T. N. Shchemelinina, E. M. Anchugova

*Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
28 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar 167982, Russia*

Received: February 9, 2024 / revised: July 30, 2024 / accepted: July 30, 2024 / published: December 17, 2024

Abstract. Our composition analysis of bark-and-wood waste from a warehouse in the Syktyvkar city revealed a high nutrient content, no toxicity, and the potential for using xylotrophic basidiomycetes for solid state fermentation. Three strains of xylotrophic basidiomycetes (*Trametes hirsuta*, *Fomitopsis pinicola*, and *Laetiporus sulphureus*) were evaluated for their growth rate, growth index, yield of hardly hydrolysable polysaccharides, and cellulase yield when cultivated on the bark-wood waste. The results showed that *T. hirsuta* exhibited the highest growth rate (4.95–6.2 mm/day), growth factor (60–77), and the maximum yield of hardly hydrolysable polysaccharides (30.7%) in 30 days. Furthermore, the maximum cellulase yield was 1330 unit/g.

Keywords: bark-and-wood waste, xylotrophic basidiomycetes, growth characteristics, hydrolyzable polysaccharides, cellulase

Funding. The study was supported by the State Task of the Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on “Scientifically Justified Biotechnologies to Improve the Ecological Situation and Human Health in the North” (no. 1021051101411-4-1.6.23).

Ethics approval and consent to participate: This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Martynov V. V., Shchemelinina T. N., Anchugova E. M. Potential of utilizing aged bark-and-wood waste through mycological degradation as a biotechnological process. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2024, no. 4, pp. 500–508 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-4-500-508>

 **Corresponding author.** Laboratory of Biochemistry and Biotechnology of the Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Vladislav V. Martynov: <https://orcid.org/0000-0003-0806-9320>, mar7inov.v@yandex.ru; Tatiana N. Shchemelinina: <https://orcid.org/0000-0002-4052-6424>, shchemelinina@ib.komisc.ru; Elena M. Anchugova: <https://orcid.org/0000-0002-7912-3518>, anchugova@ib.komisc.ru.