

DOI: 10.12731/2658- 6649-2021-13-5-26-40

УДК 606:635.82

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРИБА *PLEUROTUS* *OSTREATUS* (ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ)

Г.В. Песцов, А.В. Третьякова

Обоснование. Органические целлюлозосодержащие отходы представляют собой разнообразные по физико-химическим свойствам субстраты, которые могут служить сырьевым ресурсом для получения новых продуктов, например, мицелия и плодовых тел съедобных грибов. Промышленное грибоводство, основанное на утилизации различных органических отходов, одно из перспективных направлений биотехнологии и сельского хозяйства.

Повышение питательной ценности субстратов и увеличение рентабельности производства грибов возможно, если использовать органические добавки, которые являются отходами другого производства. Например, можно использовать пивную дробину, которая является основным отходом при производстве пива. Пивная дробина имеет влажность 70-80% и содержит в среднем более 20% сухих веществ с высоким уровнем протеина (12-15%), превышающим почти в 3 раза его содержание в ячмене. Поэтому, в качестве добавки к средам и субстратам для получения мицелия и плодовых тел гриба *Pleurotus ostreatus* предлагается использовать отход пивного производства – сырую зерновую пивную дробину.

Цель. Изучить возможность использования отходов сельскохозяйственного и пивного производства для получения мицелия и плодовых тел съедобного гриба *P. ostreatus*.

Материалы и методы. Исследование проводили с 2017 по 2021 год в лаборатории кафедры биологии и технологии живых систем ТГПУ им. Л.Н. Толстого. Объектом исследования были гриб *Pleurotus ostreatus*, зерновая пивная дробина, различные отходы сельскохозяйственного производства (пшеничная солома, лузга семян подсолнечника, створки гречихи).

Для выделения мицелия использовали метод посева поверхностно простерилизованных кусочков плодовых тел на твердую стерильную агаризованную питательную среду в чашки Петри. Для получения маточной культуры мицелия и плодовых тел гриба вешенки обыкновенной использовали субстраты

различных составов, содержащих пивную дробину и отходы сельского хозяйства. Полученные экспериментальные данные анализировали и статистически обрабатывали.

Результаты. В результате экспериментальной работы было выявлено, что оптимальными питательными средами и субстратами для получения и культивирования мицелия являются среды и субстраты с использованием зерновой пивной дробины и целлюлозосодержащих отходов. Для получения плодовых тел использовали субстрат на основе соломы с добавлением зерновой пивной дробины. Применение питательных сред и субстратов, схожих по составу, приводит к сокращению периода адаптации мицелия и его выхода в фазу активного роста при производстве маточной культуры гриба. Впоследствии, за счет этого, увеличивается скорость колонизации мицелием гриба субстратных блоков для образования плодовых тел, более интенсивно происходит плодоношение гриба.

Заключение. Использование зерновой пивной дробины для получения мицелия и плодовых тел съедобного гриба вешенки обыкновенной обеспечивает создание ценного экологически чистого и качественного продукта питания, а также увеличивает рентабельность его производства. Создание и использование этой биотехнологии решает проблему утилизации органических отходов, что в свою очередь положительно скажется на экологической обстановке в регионе и частичном импорте замещения.

Ключевые слова: *Pleurotus ostreatus*; вешенка обыкновенная; мицелий; пивная дробина; плодовые тела

Для цитирования. Песцов Г.В., Третьякова А.В. Экологически безопасная утилизация органических отходов и технология производства гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной) // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 5. С. 26-40. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-26-40

ECOLOGICALLY SAFE UTILIZATION OF ORGANIC WASTES AND TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF THE FUNGUS *PLEUROTUS OSTREATUS* (THE OYSTER MUSHROOM)

G. V. Pestsov, A. V. Tretyakova

Background. Organic cellulose-containing wastes are represented by various substrates with diverse physicochemical properties suitable as feedstock for ob-

taining new products, e.g. mycelium and fruit bodies of edible mushrooms. Industrial mushroom cultivation based on utilization of different kinds of organic wastes is one of the perspective directions in biotechnology and agriculture.

Improving the nutrient value of substrates and increasing the reliability of mushroom culture is possible at expense of utilizing nutrient supplies originated as wastes of another industry, for example, the use of sparging grain, which is the major waste of brewery. Wet sparging grain has humidity of 70-80%, and contains in average more than 20% of dry residues with high protein level (12-15%), which is approximately three times higher its content than in barley. For that reason, as a supplement to nutrient media and substrates, for rearing mycelium and fruit bodies of the fungus *Pleurotus ostreatus*, we propose the use of the brewers' industry, the wet sparging grain.

Purpose. Evaluation of the possibility of utilising the wastes of agriculture and brewery, for growing mycelium and fruit bodies of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*.

Materials and methods. The study was carried out in the years 2017-2021 in the laboratory of the Department of biology and technology of living systems at L.N. Tolstoy TSPU. The research objects were the fungus *Pleurotus ostreatus*, wet sparging grain, and various agricultural wastes (wheat straw, buckwheat chuff, sunflower seed husk).

For mycelium extraction, we used the method of seeding superficially sterilized pieces of fruit bodies onto the hard sterile agarized nutrient medium in the Petri dishes. For obtaining the master culture of mycelium and fruit bodies of the fungus *Pleurotus ostreatus* we utilized substrates of various composition containing the sparging grain and agricultural wastes. The data obtained were statistically processed and analysed.

Results. In result of the experiments, it was revealed that optimal nutrient media and substrates for obtaining and cultivation of the mycelium are those with addition of the sparging grain and cellulose-containing wastes. For obtaining fruit bodies, we used the substrate composed of the straw with addition of the brewers' grain. Utilization of nutrient media with similar composition leads to shortening of the period of mycelium adaptation and initiation of its active growth phase when producing the master culture of the fungus. Further, for that reason, increases the speed of colonization by the fungal mycelium the substrate blocks for producing carposomes, and the fungus fruitification occurs more intensively.

Conclusion. The use of the brewers' draff for obtaining mycelium and fruit bodies of the edible oyster mushroom creates valuable, ecologically clean and quality nutrition product and facilitates cost effectiveness of its production. Design and

application this biotechnology solve the problem of organic waste utilization, which in turn positively stimulates positive changes in the regional ecological situation and contributes partially into the task of import substitution.

Keywords: *Pleurotus ostreatus; oyster mushroom; mycelium; brewers' draff; fruit bodies*

For citation: *Pestsov G.V., Tretyakova A.V. Ecologically safe utilization of organic wastes and technology of production of the fungus Pleurotus ostreatus (the oyster mushroom). Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 26-XX. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-26-XX*

Одной из актуальных современных проблем является утилизация различных органических отходов, количество которых все время увеличивается. Сельское хозяйство ежегодно производит порядка 250 млн. т отходов. Отходы спиртового и пивоваренного производства составляют 10 млн. тонн в год. В основном объеме побочных продуктов пивоваренного производства до 85% приходится на отработанное зерно – пивную дробину, а остальные 15% отходов составляют остаточные дрожжи, солодовые ростки и пр. [8, 16]. В настоящее время на полигонах пивоваренных заводов скопились сотни тысяч тонн отходов пивного производства, одним из основных является зерновая пивная дробина. Она содержит большое количество питательных веществ, которые являются потенциальной питательной средой для различных групп микроорганизмов [20]. Большинство этих микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности выделяют биологически активные вещества, которые попадают в атмосферу, почву, грунтовые воды, мигрируют по цепям питания, что в целом приводит к ухудшению состояния окружающей среды. При рациональном использовании зерновая пивная дробина может быть ценным компонентом в рецептуре питательных субстратов для выращивания съедобных грибов [6].

Доля грибной продукции на российском рынке не превышает 15%. Аналитиками отмечается, что в среднесрочной перспективе рынок свежих грибов будет расти на 6–8% ежегодно за счет повышения спроса со стороны населения. Однако основной причиной сдерживающей развитие этого важного направления являются недостатки технологии культивирования грибов [9].

Одним из перспективных съедобных грибов является вид *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная). Вешенка обыкновенная является ценным диетическим продуктом питания, она, обладая сбалансированным содержанием белков, витаминов, экстрактивных и минеральных веществ,

отвечают современным требованиям по калорийности пищи [14, 15]. В настоящее время вешенка обыкновенная занимает около 13% рынка потребления грибной продукции в России [5]. Увеличение производства этого гриба возможно за счет оптимизации технологии культивирования, внедрения дешевых и эффективных питательных субстратов, а также производства собственного мицелия.

В существующих интенсивных технологиях производства гриба *P. ostreatus* (вешенки обыкновенной) обычно используется солома различных зерновых культур, лузга семян подсолнечника, створки гречихи, опилки [1, 12]. Все эти субстраты обладают одним общим недостатком, они имеют низкую питательную ценность. Поэтому, при интенсивном способе выращивания, питательную ценность субстрата повышают, используя различные органические добавки (комбикорм, зерно пшеницы), что, в свою очередь, приводит к удорожанию конечной продукции. Актуальным решением этой проблемы является использование зерновой пивной дробины, которую, при определенной доработке, можно применять в качестве добавки к средам и субстратам для размножения вегетативного мицелия и получения плодовых тел съедобного гриба вешенки обыкновенной [10].

Преимуществами вида гриба *P. ostreatus* перед другими культивируемыми грибами являются: высокая скорость роста мицелия и значительная конкурентоспособность по отношению к конкурентной микрофлоре; способность расти на различных целлюлозосодержащих отходах; возможность использования субстрата после сбора грибов; высокие вкусовые и питательные свойства плодовых тел, приятный запах, простота кулинарной обработки и технологической переработки [4, 13].

Цель работы

Изучить возможность использования отходов сельскохозяйственного и пивного производства для получения мицелия и плодовых тел съедобного гриба *P. ostreatus*.

Научная новизна

Одним из главных отходов пивного производства является пивная дробина. Она образуется при обработке ячменя и солода, из которых изготавливают пивное сусло. Утилизация этого отхода является проблемой для пивоваренных компаний. Пивная дробина содержит большое количество белка и может использоваться в различных отраслях сельского хозяйства

[17, 19]. В ее состав входят частицы зерен, оболочки зерна, безазотистые экстрактивные вещества, жиры, белки и углеводы. Зерновая пивная дробина является биологически ценным субстратом для таких грибов, как вешенка обыкновенная, так как в ее составе в достаточном количестве имеются целлюлоза, гемицеллюлозы и протеин [18]. Поэтому, использование сырой пивной дробины в качестве основной органической добавки к различным питательным средам и субстратам позволит значительно увеличить их калорийность и снизить себестоимость.

Материалы и методы исследования

Исследование проводили с 2017 по 2021 год в лаборатории кафедры биологии и технологии живых систем, факультета естественных наук Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого.

Объектом изучения был гриб *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm., который относится к роду *Pleurotus*, классу *Basidiomycetes*, отделу *Mycophyta*, царству *Fungi*. Также объектом изучения была зерновая пивная дробина, применяемая в качестве основного компонента питательных сред и субстратов для выращивания грибов, а также различные отходы сельскохозяйственного производства.

Выделение мицелия гриба проводили из плодовых тел коммерческих штаммов вешенки обыкновенной, посев мицелия на искусственные питательные среды и субстраты выполняли по соответствующим методикам [2, 3, 11]. Для получения чистой культуры мицелия использовали метод посева поверхностно простерилизованных кусочков плодовых тел на твердую стерильную агаризованную питательную среду, содержащую пивную дробину, в чашки Петри. При появлении вегетативного мицелия гриба, его переносили в пробирки на стерильные питательные среды для дальнейшей работы. Для получения маточной культуры мицелия и плодовых тел гриба вешенки обыкновенной использовали субстраты различных составов, содержащих пивную дробину и отходы сельского хозяйства (пшеничную солому, лузгу семян подсолнечника, створки гречихи).

Стерилизацию питательных сред проводили в автоклаве при 1,2 атм. в течение 45 мин. Стерилизацию питательных субстратов проводили в автоклаве при 1,2 атм. в течение 60 мин. Культивирование мицелия проводили в термостате при температуре 24-25°C.

В каждой чашке Петри измеряли максимальный и минимальный диаметр колонии, повторность опыта восьмикратная.

Вычисление скорости роста колоний гриба проводили по формуле:

$$V = \frac{D - d}{t}$$

где D – диаметр колонии, мм;

d – диаметр инокуляционного блока, мм;

t – продолжительность культивирования, сутки.

Характер роста и развития гриба оценивали в баллах, используя следующую шкалу:

1 балл – мицелий паутинистый, не плотный, покрывает не весь субстрат;

2 балла – мицелий паутинистый, воздушный, не плотный, покрывает весь субстрат;

3 балла – мицелий плотный, приподнятый воздушный, покрывает не весь субстрат;

4 балла – мицелий плотный, иногда приподнятый, покрывает весь субстрат;

5 баллов – мицелий плотный, гифы образуют тяжи с явными уплотнениями и бляшками.

Для проведения исследований использовали следующее оборудование: автоклав, микробиологический бокс, сушильный шкаф, термостат, стандартные инструменты и посуду, применяемые в микробиологических и микологических исследованиях.

Статистическая обработка данных по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение влияния состава питательных сред на выделение и размножение вегетативного мицелия вешенки обыкновенной показало, что наиболее оптимальными является питательные среды с использованием зерновой пивной дробины. Скорость роста и биологическое состояние мицелия на этих средах было наилучшим. Поэтому дальнейшее изучение роста и развития мицелия проводили на питательных средах, содержащих разное количество пивной дробины, с целью определения ее оптимального количества. В опыте использовали восемь различных питательных сред: агар с добавлением отвара из пшеничной соломы (ПС 10%) – контроль; зерновой агар 10% (ЗА 10%) – эталон; агар с пивной дробинкой 1% (ПД 1%); агар с пивной дробинкой 5% (ПД 5%); агар с пивной дробинкой 10% (ПД 10%); агар с пивной дробинкой 15% (ПД 15%); агар с пивной дробинкой 20% (ПД 20%), агар с пивной дробинкой 30% (ПД 30%). Учеты проводили на 2-е, 4-е и 6-е сутки. Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Изучение роста мицелия гриба вешенки обыкновенной
на различных питательных средах**

№	Питательная среда	Диаметр колонии на 2 сут-ки, мм	Диаметр колонии на 4 сут-ки, мм	Диаметр колонии на 6 сут-ки, мм	Скорость роста мицелия, мм/сут.	%, к контролю	Качество мицелия, в баллах
1	ПС 10% – контроль	26,2±2,25	37,3±3,11	50,1±4,42	8,4	100	3,4
2	ЗА 10% – эталон	31,8±2,67	48,4±2,67	80,4±7,37	13,4	160,5	4,0
3	ПД 1%	28,3±2,67	41,3±3,99	67,2±5,65	11,2	134,1	3,5
4	ПД 5%	30,4±2,83	43,1±3,83	75,0±6,74	12,5	149,7	3,8
5	ПД 10%	32,5±2,88	49,3±3,99	82,5±7,45	13,8	164,7	4,5
6	ПД 15%	34,6 ±3,02	50,8±4,17	83,4±6,65	13,9	166,5	4,6
7	ПД 20%	34,9±2,75	51,9±4,69	85,1±6,88	14,2	169,9	4,3
8	ПД 30%	35,1±2,85	52,9±4,46	86,2±7,48	14,4	171,4	4,2

Результаты исследования показали, что во всех вариантах отмечали более активное развитие и более высокую радиальную скорость роста мицелия, чем в контроле, диаметр колоний в опытных вариантах был выше на 34,1-71,4%. Было установлено, что скорость роста мицелия на среде с добавлением пивной дробины увеличивалась с повышением концентрации данной добавки и достигала наибольшего своего значения в варианте 8 (ПД 30%). Однако наилучшее качество мицелия было в вариантах 5 (ПД 10%) и 6 (ПД 15%), а в вариантах 7 (ПД 20%) и 8 (ПД 30%) наблюдали преобладание воздушного мицелия, что говорит об избыточном количестве питательных веществ в данной среде. В результате проведенного исследования можно сделать следующий вывод, что наиболее подходящими питательными средами для размножения вегетативного мицелия вешенки обыкновенной являются среды с добавлением пивной дробины в количестве 10% и 15%. На этих средах отмечали достаточно высокую скорость роста мицелия и его хорошее качество. Мицелий был стелющимся плотным, иногда слегка приподнятым, на 6-е сутки в некоторых чашках Петри начинали формироваться тяжи, состоящие из плотно переплетенных гиф. Позже, на этих тяжах образовывались примордии и зачатки плодовых тел гриба.

Для изучения возможности использования пивной дробины в качестве добавки к различным питательным субстратам были заложены опыты по изучению линейного роста мицелия гриба вешенки обыкновенной. В опыте изучали 11 субстратов следующего состава: субстрат из пшеничной соломы с добавлением 10% зерновой пивной дробины (СЗД 10%) – контроль; субстрат из чистого обработанного зерна пшеницы (ЗП 100%) – эталон (так как этот субстрат в настоящее время используется в коммерческих технологиях выращивания мицелия вешенки обыкновенной); субстрат из пшеничной со-

ломы с добавлением 20% зерновой пивной дробины (СЗД 20%); субстрат из пшеничной соломы с добавлением 30% зерновой пивной дробины (СЗД 30%), далее повышать концентрацию сырой пивной дробины не имеет смысла, так как субстрат начинает слипаться; субстрат из лузги семян подсолнечника с добавлением 20% зерновой пивной дробины (ЛЗД 20%); субстрат из лузги семян подсолнечника с добавлением 30% зерновой пивной дробины (ЛЗД 30%); субстрат из створок гречихи с добавлением 20% зерновой пивной дробины (ГПД 20%); субстрат из створок гречихи с добавлением 30% зерновой пивной дробины (ГПД 30%); опилки лиственных пород деревьев с добавлением 20% и 30% зерновой пивной дробины (ОД 20% и ОД 30%); пшеничная солома с зерном 10% (ПСЗ 10%). Культивирования гриба проводили в стеклянных банках объемом 1,5 л при температуре 20°C. Субстрат в банках инокулировали мицелием в количестве 1% от объема субстрата. Учет линейного роста мицелия при зарастании банок проводили на 5, 10 и 15 сутки (табл. 2).

Таблица 2.

**Изучение линейного роста маточной культуры гриба
вешенки обыкновенной на различных субстратах**

№	Питательная среда	Длина гиф мицелия на 4 сутки, мм	Длина гиф мицелия на 8 сутки, мм	Длина гиф мицелия на 12 сутки, мм	Скорость роста мицелия мм/сут.	%, к контролю	Качество мицелия, балл
1	СЗД 10% контроль	38,1±3,40	81,5±6,93	126,3±11,16	10,5	100	4,6
2	ПЗ 100% эталон	36,1±3,18	78,2±6,92	127,8±11,60	10,7	101,2	4,8
3	СЗД 20%	36,9±3,64	79,9±7,02	134,3±11,49	11,2	106,3	5,0
4	СЗД 30%	35,1±3,14	79,4±6,82	128,4±10,99	10,7	101,7	4,9
5	ЛЗД 20%	33,2±3,11	68,9±6,10	120,4±10,06	10,0	95,3	4,3
6	ЛЗД 30%	32,8±3,11	64,4±6,14	118,4±10,24	9,8	93,7	4,4
7	ГПД 20%	30,9±2,42	62,9±5,78	104,6±8,52	8,7	82,8	4,2
8	ГПД 30%	31,8±2,87	61,4±5,26	102,4±8,52	8,5	81,1	4,3
9	ОД 20%	28,8±2,49	58,8±5,57	102,6±8,17	8,6	81,2	4,0
10	ОД 30%	29,7±2,71	59,9±5,41	102,0±7,98	8,5	80,8	4,1
11	ПСЗ 10%	37,5±2,78	80,3±6,84	125,1±10,36	10,4	99,0	4,5

Анализируя данные таблицы 2, можно констатировать, что скорость роста мицелия наибольшей в варианте 3 с использованием пшеничной соломы и пивной дробины (20%), она составляла 11,2 мм/сут, а качество мицелия было наилучшим в варианте 3 (5 баллов) и в варианте 4 (4,9 балла) с добавлением пивной дробины, а также в эталонном варианте 2 (4,8 балла) на зерне пшеницы.

Самая низкая скорость линейного роста мицелия была в вариантах с использованием створок гречихи и опилок, это связано с тем, что створки гречихи и опилки менее питательны, мицелий там был не однородный, как паутиноистый, так и стелющийся, качество его было также хуже. В варианте 1 (пшеничная солома с добавлением 10% пивной дробины) и варианте 11 (пшеничная солома с добавлением 10% зерна) результаты по скорости роста и качеству мицелия были практически тождественными, при увеличении концентрации пивной дробины скорость роста мицелия также увеличивалась. Считаем, что пивная дробина может быть хорошим заменителем зерна пшеницы, что увеличит рентабельность производства маточной культуры гриба вешенки обыкновенной.

Для дальнейшего изучения развития мицелия и формирования плодовых тел гриба вешенки обыкновенной был заложен опыт по изучению плодоношения гриба на субстратах с применением пивной дробины. Заросший мицелием субстрат из банок пересыпали в полимерные пакеты, объемом 2, 25 л. Таким образом, в один пакет пересыпали содержимое двух банок с одинаковым субстратом. Пакеты с субстратом инкубировали для инициации плодоношения при температуре 18⁰С, отмечали начало образования примордиев, начало образования плодовых тел, массовое плодоношение и массу плодовых тел гриба (табл. 3).

Таблица 3.

**Изучение плодоношения гриба вешенки обыкновенной
на различных субстратах**

№	Питательная среда	Начало образования примордиев, сут	Начало образования плодовых тел, сут	Массовое образование плодовых тел, сут	Масса плодовых тел, г	%, к контролю
1	СЗД 10% контроль	6	9	13	255,2±11,48	100
2	ПСЗ 10%	6	9	13	252,2±15,24	99,0
3	СЗД 20%	6	10	14	281,3±16,86	110,2
4	СЗД 30%	7	10	15	312,2±16,06	122,4
5	ЛЗД 20%	7	10	16	277,8±15,37	109,0
6	ЛЗД 30%	7	10	16	302,2±16,04	118,4
7	ГПД 20%	8	11	17	220,3±16,24	86,3
8	ГПД 30%	8	11	17	240,0±16,30	94,1
9	ОД 20%	9	12	18	250,3±14,21	98,1
10	ОД 30%	9	12	18	261,0±13,31	102,4
11	ПЗ 100%	10	15	-	-	-

Анализируя данные таблицы можно сказать, что на всех субстратах образовывались полноценные плодовые тела, их количество и масса были прямо пропорциональны содержанию питательных веществ в субстрате. Образование плодовых тел во многом зависит от сбалансированности суб-

страта по целлюлозосодержащим добавкам (наполнителям), поэтому на чистом зерне плодовые тела не формируются. Для образования плодовых тел необходимо достаточное количество целлюлозы. Примером тому может служить субстрат только из обработанного зерна пшеницы (вариант 11), на нем формировалось большое количество примордиев, а несколько позже и зачатков плодовых тел, но нормальные плодовые тела не образовывались. Медленно рос мицелий на субстрате с использованием опилок лиственных пород деревьев (массовое плодоношение было на 18 сутки), но урожайность на этих субстратах была на уровне контрольного варианта. Наибольшая масса плодовых тел была отмечена в вариантах с применением пшеничной соломы и створок подсолнечника с добавлением пивной дробины 20% и 30%, поэтому эти субстраты можно считать оптимальными для применения в производстве гриба вешенки обыкновенной.

Заключение

В ходе выполнения исследовательской работы удалось определить, что органические отходы пивного производства могут быть использованы при культивировании съедобного гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной). Пивная дробина является ценным компонентом питательных сред и субстратов на всех этапах развития этого гриба от выделения мицелия до получения плодовых тел. По питательной ценности и технологичности использования она может заменять зерно пшеницы. Таким образом, при использовании зерновой пивной дробины для культивирования вешенки обыкновенной решаются важные проблемы утилизации отхода пивного производства и получения ценного продукта питания – плодовых тел гриба вешенки обыкновенной.

Исследование выполнено в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2020 года «Разработка способа утилизации отходов пивного производства с помощью гриба вешенки обыкновенной» по договору №ДС/165 от 29.10.2020 г.

Список литературы

1. Алексеева К.Л., Девочкина Н.Л. Выращивание вешенки в теплицах // Теплицы России. 2009. № 2. С. 41-42.
2. Алексеенко Е.Н., Полишко Т.М., Винников А.И. Особенности выращивания мицелия грибов *Pleurotus ostreatus* // Вестник днепропетровского университета. Биология. Медицина. 2010. Т. 1, № 1. С. 9-15.
3. Бисько Н.А., Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. Киев: Наук. думка, 1983. 312 с.

4. Бисько Н.А., Дудка И.А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наук. думка, 1987. 148 с.
5. Глазунова А.В., Песцов Г.В. Оптимизация условий культивирования гриба *Pleurotus ostreatus* // Проблема научной мысли. 2018. № 4. С.31-34.
6. Глазунова А.В., Песцов Г.В. Утилизация зерновой пивной дробины - отхода пивного производства с помощью гриба *Pleurotus ostreatus*// Материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров, 2021. С. 349-352.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Казиминова Е.А., Лютова Е.В. Использование пивной дробины в пищевой промышленности // Вестник молодежной науки. 2015. № 1. С. 3-8. https://klgtu.ru/upload/science/magazine/vestnik/pb/vmn_01/kazimirova.pdf
9. Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Анализ производства и рынка грибов в России // Вестник Евразийской науки, 2019 №1, С. 22-30. <https://esj.today/PDF/75ECVN119.pdf>
10. Патент РФ № 2732832С1, 23.09.2020. Глазунова А.В., Песцов Г.В., Сидоров Р.А. Культивирование посевного мицелия гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной) с использованием сырой пивной дробины - отхода пивоваренной промышленности // Патент России 2732832, 2019. Бюл. №27. 2020.
11. Промышленное культивирование съедобных грибов / Дудка И.А., Вассер С.П., Бухало А.С. и др. Киев: Наук, думка, 1978. 264 с.
12. Das N., Mukherjee M. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants // Biore-source Technology. 2007. Vol. 98. P. 2723-2726. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>
13. Sanchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms // Applied Microbiology and Biotechnology. 2010. Vol. 85. P. 1321-1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
14. Lim J. S., Lee S. J., Lee E. Y. Optimal growth condition of *Pleurotus ostreatus* cultured in the food wastes extracts // Microbiol. Biotechnol. 2009. Vol. 37. P. 85-89.
15. Salvador C., Martins M. R., Candeias M. F, Karmali A., Arteiro J. M., Caldeira A. T. Characterization and biological activities of protein-bound polysaccharides produced by cultures of *Pleurotus ostreatus* // J. Agric. Sci. Technol. A. 2012. V. 11A. P. 1296-1306.
16. Wang D, Sakoda A, Suzuki M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain // Bioresour Technol. 2001. Vol. 78. P. 293-300. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00002-5)
17. S.I. Mussatto, G. Dragone, I.C. Roberto. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications // Journal of Cereal Science. 2006. Vol. 43. P. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>

18. Rachwał K, Waško A, Gustaw K, Polak-Berecka M. Utilization of brewery wastes in food industry // PeerJ. 2020. Vol. 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9427>
19. Jackowski M, Niedźwiecki Ł, Jagiełło K, Uchańska O, Trusek A. Brewer's Spent Grains-Valuable Beer Industry By-Product // Biomolecules. 2020. Vol. 10(12). P. 1669. <https://doi.org/10.3390/biom10121669>
20. Robertson J.A., I'Anson K.J.A., Treimo J., Faulds C.B., Brocklehurst T.F., Eijsink V.G.H., Waldron K.W. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production // LWT FoodSci. Technol. 2010. Vol. 43. P. 890–896. <https://doi.org/10.1016/j.LWT.2010.01.019>

References

1. Alekseeva K.L., Devochkina N.L. Vyrashchivanie veshenki v teplitsakh [Growing oyster mushrooms in greenhouses]. *Teplitsy Rossii* [Greenhouses of Russia], 2009, № 2, pp. 41-42.
2. Alekseenko E.N., Polishko T.M., Vinnikov A.I. Osobennosti vyrashchivaniya mitseliya gribov Pleurotus ostreatus [Features of growing mycelium of fungi Pleurotus ostreatus]. *Vestnik dnepropetrovskogo universiteta. Biologiya. Meditsina* [Biosystems Diversity], 2010, vol. 1, № 1, pp. 9-15
3. Bis'ko N.A., Bukhalo A.S. *Vysshie s''edobnye bazidiomitsety v poverkhnostnoy i glubinnoy kul'ture*. [Higher edible basidiomycetes in surface and deep culture]. Kiev: Nauk. dumka, 1983, 312 p.
4. Bis'ko N.A., Dudka I.A. *Biologiya i kul'tivirovanie s''edobnykh gribov roda veshenka* [Biology and cultivation of edible mushrooms of the genus oyster mushroom]. Kiev: Nauk. dumka, 1987. 148 p.
5. Glazunova A.V., Pestsov G.V. Optimizatsiya usloviy kul'tivirovaniya griba Pleurotus ostreatus [Optimization of the conditions of cultivation of the fungus Pleurotus ostreatus]. *Problema nauchnoy mysli* [The problem of scientific thought], 2018, № 4, pp. 31-34.
6. Glazunova A.V., Pestsov G.V. Utilizatsiya zernovoy pivnoy drobinny – otkhoda pivnogo proizvodstva s pomoshch'yu griba Pleurotus ostreatus [Utilization of grain beer pellets – beer production waste using the fungus Pleurotus ostreatus]. *Ekologiya rodnogo kraja: problemy i puti ikh resheniya* [Ecology of the native land: problems and ways to solve them]. Kirov, 2021, pp. 349-352.
7. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment methodology]. M.: Agropromizdat, 1985, 351 p.
8. Kazimirova E.A., Lyutova E.V. Ispol'zovanie pivnoy drobinny v pishchevoy promyshlennosti [The use of beer pellets in the food industry]. *Vestnik molodezhnoy nauki* [Bulletin of Youth Science]. 2015, № 1, pp. 3-8. https://klgtu.ru/upload/science/magazine/vestnik/pb/vmn_01/kazimirova.pdf

9. Lazareva T.G., Aleksandrova E.G. Analiz proizvodstva i rynka gribov v Rossii [Analysis of mushroom production and market in Russia]. *Vestnik Evraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2019 №1, pp. 22-30. <https://esj.today/PDF/75ECVN119.pdf>
10. RF patent No. 2732832C1, 09/23/2020. Glazunova A.V., Pestsov G.V., Sidorov R.A. Cultivation of seed mycelium of the fungus *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) using raw brewer's grains – a waste of the brewing industry. Patent of Russia 2732832, 2019. Bull. No. 27. 2020.
11. Dudka I.A., Vasser S.P., Bukhalo A.S. et al. *Promyshlennoe kul'tivirovanie s'edobnykh gribov* [Industrial cultivation of edible mushrooms]. Kiev: Nauk, dumka, 1978, 264 p.
12. Das N., Mukherjee M. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Biore-source Technology*, 2007, vol. 98, pp. 2723-2726. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>
13. Sanchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2010, vol. 85, pp. 1321-1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
14. Lim J. S., Lee S. J., Lee E. Y. Optimal growth Condition of *Pleurotus ostreatus* cultured in the food wastes extracts. *Microbiol. Biotechnol.*, 2009, vol. 37, pp. 85-89.
15. Salvador C., Martins M. R., Candeias M. F, Karmali A., Arteiro J. M., Caldeira A. T. Characterization and biological activities of protein-bound polysaccharides produced by cultures of *Pleurotus ostreatus*. *J. Agric. Sci. Technol. A.*, 2012, vol. 11A, pp. 1296-1306.
16. Wang D, Sakoda A, Suzuki M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresour Technol.*, 2001, vol. 78, pp. 293-300. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00002-5)
17. S. I. Mussatto, G. Dragone, I.C. Roberto. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 2006, vol. 43, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
18. Razval K, Vashko A, Gustav K, Polyak-Berezka M. Utilization of brewery wastes in food industry. *PeerJ.*, 2020, vol. 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9427>
19. Jackowski M, Niedźwiecki Ł, Jagiełło K, Uchańska O, Trusek A. Brewer's Spent Grains-Valuable Beer Industry By-Product. *Biomolecules*, 2020, vol. 10(12), pp. 1669. <https://doi.org/10.3390/biom10121669>
20. Robertson J.A., I'Anson K.J.A., Treimo J., Faulds C.B., Brocklehurst T.F., Eijsink V.G.H., Waldron K.W. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT FoodSci. Technol.*, 2010, vol. 43, pp. 890–896. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2010.01.019>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Песцов Георгий Вячеславович, профессор кафедры биологии и технологии живых систем, д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии *Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*; *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии*
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация; ул. Институт, владение 5, Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы, Московская область, 143050, Российская Федерация
georgypestsov@gmail.com

Третьякова Анастасия Валерьевна, аспирант кафедры биологии и технологии живых систем, младший научный сотрудник научно-образовательного центра «Инновационные химические и биотехнологии» *Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация
glazynovaanastasiya@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Georgiy V. Pestsov, Professor at the Department of Biology and Technology of Living Systems, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher of the All-Russian Research Institute of Phytopathology *Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University; All-Russian Research Institute of Phytopathology*
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation; 5, Institute Str., Bolshie Vyazemy, Odintsovo district, Moscow Region, 143050, Russian Federation
georgypestsov@gmail.com

Anastasia V. Tretyakova, Postgraduate at the Department of Biology and Technology of Living Systems, research assistant research and education center “Innovative chemical and biotechnology”
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation
glazynovaanastasiya@gmail.com

Поступила 02.10.2021

После рецензирования 15.10.2021

Принята 20.10.2021

Received 02.10.2021

Revised 15.10.2021

Accepted 20.10.2021