

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## INTERDISCIPLINARY RESEARCH

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1356

EDN: ALNKII

УДК 635.8



Научная статья

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНОВОЙ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИЦЕЛИЯ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ

*А.В. Третьякова, Г.В. Песцов,  
О.В. Прокудина, А.С. Мязкова*

### *Аннотация*

**Обоснование.** В настоящее время в Российской Федерации наблюдается дефицит мицелия съедобных грибов высокого качества отечественного производства. Это связано с недостатками технологии культивирования мицелия и нехваткой качественного и дешевого сырья для его производства. В существующих технологиях выращивания мицелия предлагается использовать зерно различных злаковых культур, что снижает рентабельность производства из-за стоимости сырья и дополнительной обработки зерна. Для решения данной проблемы предлагается использовать зерновую пивную дробину, которая является главным твердым отходом пивоваренной промышленности и содержит все необходимые вещества для выращивания мицелия съедобных грибов.

**Цель.** Изучить возможность использования зерновой пивной дробины в технологии культивирования мицелия съедобных грибов вида *Pleurotus ostreatus* и вида *Flammulina velutipes*.

**Методы.** Для изучения влияния зерновой пивной дробины на скорость роста мицелия съедобных грибов использовали методы поверхностного культивирования. Объектом изучения были грибы *Pleurotus ostreatus* штамм 813 и *Flammulina velutipes* штамм 631 из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» ГосНИИгенетика.

**Результаты.** В результате было установлено, что для выращивания мицелия съедобных грибов лучше использовать питательные среды с добавлением зерновой пивной дробины в концентрации для гриба *P. ostreatus* 10-15%, а для вида *F. velutipes* 20-25%. Мицелий изучаемых грибов лучше выращивать в пакетах из полиэтилена низкого давления.

**Заключение.** Использование зерновой пивной дробины для культивирования мицелия съедобных грибов вида *P. ostreatus* и вида *F. velutipes* позволяет выращивать качественный мицелий отечественного производства с низкой себестоимостью.

**Ключевые слова:** съедобные грибы; *Pleurotus ostreatus*; вешенка обыкновенная; *Flammulina velutipes*; эннки; зерновая пивная дробина; мицелий

**Для цитирования.** Третьякова, А. В., Песцов, Г. В., Прокудина, О. В., & Мягкова, А. С. (2025). Использование зерновой пивной дробины для культивирования мицелия съедобных грибов. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 509-526. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1356>

Original article

## THE USE OF GRAIN BREWER PELLET FOR THE CULTIVATION OF EDIBLE MUSHROOM MYCELIUM

*A.V. Tretyakova, G.V. Pestsov,  
O.V. Prokudina, A.S. Myagkova*

### *Abstract*

**Background.** Currently, there is a shortage of high-quality mycelium of national production in the Russian Federation. This is due to the deficiencies in mycelium cultivation technology and the lack of high-quality and cheap raw materials for the production of substrates. In the existing mycelium cultivation technologies, it is proposed to use grains of various cereal cultivars, which reduces production profitability due to the cost of raw materials and additional grain processing. To solve this problem, it is proposed to use grain brewer pellet, which is the main solid waste of the brewing industry and contains all the necessary substances for growing the mycelium of edible mushrooms.

**Purpose.** To investigate the possibility of using grain beer pellets in the technology of cultivation of mycelium of edible mushrooms of *Pleurotus ostreatus* and *Flammulina velutipes* species.

**Methods.** Solid-substrate cultivation methods were used to study the effect of brewer grain pellet on the growth rate of edible mushroom mycelium. The object of the study were mushrooms *Pleurotus ostreatus* strain 813 and *Flammulina velutipes* strain 631 from the Russian National Collection of Industrial Microorganisms of the NRC “Kurchatov Institute” – GosNIIgenetika.

**Results.** With regard to findings of the conducted scientific research, it was established that it is better to use nutrient media with the addition of grain brewer pellet in concentrations of 10-15% for the mushroom *P. ostreatus* and 20-25% for the species *F. velutipes* to grow the mycelium of edible mushrooms. It is more advantageous to cultivate the mycelium of the mushrooms under study in low-density polyethylene bags.

**Conclusion.** The use of grain brewer pellet for the cultivation of mycelium of edible mushroom of the species *P. ostreatus* and *F. velutipes* makes it possible to grow high-quality mycelium of national production with low cost-price.

**Keywords:** edible fungus; *Pleurotus ostreatus*; oyster mushroom; *Flammulina velutipes*; enoki mushrooms; grain brewer pellet; mycelium

**For citation.** Tretyakova, A. V., Pestsov, G. V., Prokudina, O. V., & Myagkova, A. S. (2025). The use of grain brewer pellet for the cultivation of edible mushroom mycelium. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 509-526. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1356>

## Введение

Выращивание мицелия съедобных грибов представляет экономическую и экологическую целесообразность, так как его можно культивировать на лигноцеллюлозных субстратах и различных органических отходах агропромышленного комплекса, лесной и пищевой промышленности [8]. Урожай грибов зависит прежде всего от качества посадочного материала (мицелия) [1]. Основные требования к мицелию следующие: высокая жизнеспособность, хорошие наследственные свойства, высокая урожайность, хорошие качества плодовых тел, устойчивость к заболеваниям [11].

Самым распространённым культивируемым грибом в мире является *Agaricus bisporus*, за ним следуют *Lentinus edodes*, *Pleurotus* spp, *Auricularia auricula*, *Flammulina velutipes* и *Volvariella volvacea* [16]. В настоящее время 35 видов съедобных грибов выращиваются в коммерческих целях, а 20 видов в промышленных масштабах. По данным Минсельхоза РФ, за 2023 год грибоводческие хозяйства вырастили 145,9 тыс. тонн грибов, что является рекордным показателем для нашей страны [6].

Вид *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm (вешенка обыкновенная), занимает второе место в мировом производстве плодовых тел (около 1,5 млн

т) культивируемых грибов после шампиньона (2,8 млн т) [7]. Вешенка обыкновенная является самым доступным для искусственного культивирования видом грибов. Выращивание вешенки не требует значительных капиталовложений, по технологическим особенностям ее производство менее трудозатратно и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами съедобных грибов, так как она обладает высокой урожайностью и коротким циклом развития [3, 9]. В естественных условиях вешенка обыкновенная поселяется на ослабленной или мертвой древесине и живет, в основном, как сапрофит. Вид встречается в различных географических зонах [4].

Вид *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer (эноки), также известный как зимний гриб, один из самых культивируемых съедобных грибов в мире. Особенно популярен он в Китае, Японии, Корее и некоторых частях Индии. Вид *F. velutipes* обладает приятным вкусом, а также лечебными свойствами. В естественных условиях эноки является биологическим деструктором древесины, он активно растет на мертвых стволах или пнях различных пород деревьев (осины, ивы, вяза, дуба, бука и др.) с конца осени до начала весны. Эноки занимает шестое место по объёму мирового производства съедобных грибов [15; 14].

Развитие производства вешенки обыкновенной и эноки сдерживает недостаточная разработанность технологий приготовления качественных субстратов, а также дефицит отечественного мицелия. Выходом из сложившейся ситуации является разработка элементов технологии приготовления питательных сред и субстратов для культивирования мицелия с использованием доступных питательных компонентов. Одним из таких компонентов является отход пивного производства – зерновая пивная дробина, так как она содержит в своем составе все необходимые для роста и развития грибов элементы и вещества [10].

Пивная дробина – это крупнотоннажный вторичный продукт процесса пивоварения, состоящий из дробленых зернопродуктов и солода. Она характеризуется светло-коричневым цветом со специфическим запахом и вкусом. Твердую часть дробины составляют оболочки и нерастворимая часть зерна. На предприятиях пивная дробина образуется как остаток после отделения пивного сусла в процессе фильтрации затора. Пивная дробина обладает 70-80% влажностью, содержит большое количество белка. Кроме того, дробина является лигноцеллюлозным материалом, содержащим около 17% целлюлозы, 28% нецеллюлозных полисахаридов и 28% лигнина [12; 13; 17].

Таким образом зерновая пивная дробина является ценным продуктом для роста и развития мицелия, так как в ее составе преобладают целлюлоза, гемицеллюлозы, белок, также в ее состав входят углеводы, аминокислоты и минеральные вещества, которые являются основными компонентами для жизнедеятельности грибов [5].

Литературные данные свидетельствуют, что пивная дробина способствует росту грибов не только благодаря значительному содержанию белка, а также физическим свойствам, таким как размер частиц, объемный вес, удельная плотность, пористость и способность удерживать воду [18; 19].

*Цель исследования* – изучить возможность использования зерновой пивной дробины в технологии культивирования мицелия съедобных грибов вида *Pleurotus ostreatus* и вида *Flammulina velutipes*.

### **Материалы и методы**

Объектом изучения являются грибы *Pleurotus ostreatus* штамм 813 (ВКПМ: F-276) и *Flammulina velutipes* 631 (ВКПМ: F-631) из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» ГосНИИгенетика.

Для изучения влияния зерновой пивной дробины на скорость роста мицелия съедобных грибов использовали методы поверхностного культивирования. Для приготовления маточного раствора, принятого нами за 100%, 1000 г зерновой пивной дробины помещали в 1000 мл дистиллированной воды, нагревали до 100°C и кипятили в течении 10 минут, затем снижали температуру до 40°C и настаивали в течении 60 минут, полученный раствор фильтровали и доводили дистиллированной водой до отметки 1000 мл.

Для приготовления питательных сред использовали 100%-й маточный раствор пивной дробины который разбавляли до нужной концентрации (25%, 50%, 75%) водой с добавлением 1,5% агар-агара. В качестве эталона использовали картофельный агар без добавления сахара (измельчённый картофель - 200 г, вода – 1000 мл, агар-агар - 15 г), а в качестве контроля – голодный агар. Питательные среды автоклавировали при 1,2 атм. в течении 60 минут. После стерилизации питательные среды разливали в чашки Петри и в стерильных условиях ламинарного бокса инокулировали чистыми культурами грибов, помещая в центр чашки фрагменты колоний диаметром 5 мм. Инокулированные чашки Петри помещали в термостат при температуре 25°C. Замеры диаметра и высоты колоний (мм), проводили на 3, 5 и 7 сутки, также оценивали плотность мицелия в баллах. На

основании полученных данных вычисляли ростовой коэффициент (РК). Повторность опытов 8-кратная.

На следующем этапе эксперимента изучали влияние различных субстратов на рост мицелия грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes*. Для приготовления субстратов использовали 4 вида зерна: ячмень, пшеница, рожь, овес, в качестве экспериментального субстрата использовали зерновую пивную дробину. Изучение роста и качества мицелия проводили в чашках Петри. Замеры радиального роста мицелия и высоты колоний проводили на 3, 5, 7 сутки после инокуляции субстрата чистой культурой гриба. На основании полученных данных вычисляли ростовой коэффициент (РК). Повторность опытов 8-кратная.

Маточная культура мицелия грибов должна производиться в значительно больших объемах, так как в дальнейшем ее используют для инокуляции субстратных блоков и получения плодовых тел. Для выращивания маточной культуры использовали стеклянные банки объемом 1,5 литра и рукава из полиэтилена низкого давления размером 10х30 см, толщиной 20 мкм, которые набивали субстратом и стерилизовали в автоклаве при 1,2 атм. в течении 90 минут.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007. Ростовой коэффициент вычисляли по формуле:

$$\text{Ростовой коэффициент} = \frac{Д \times В \times П}{с}$$

где д – диаметр колонии, мм; в – высота колонии, мм ; с – возраст колонии, сутки; п – плотность колонии, балл.

Характер роста и развития гриба оценивали в баллах, используя следующую шкалу: 1 – мицелий редкий; 2 – мицелий средней плотности; 3 мицелий плотный [2].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

На первом этапе эксперимента была проведена работа по подбору питательных сред для выращивания мицелия съедобных грибов *P. ostreatus* (вешенки обыкновенной) и *F. velutipes* (эноки). В опыте использовали питательные среды, содержащие экстракт пивной дробины в концентрациях от 5% до 30%, так как в предварительных опытах было установлено, что при использовании экстракта пивной дробины в концентрации свыше 30% рост мицелия изучаемых грибов значительно замедлялся, в качестве

эталоны использовали картофельный агар, так как на данную питательную среду рекомендуется для выращивания мицелия съедобных грибов. Повторность опыта 8-ми кратная (табл. 1).

Таблица 1.

**Изучение радиального роста мицелия съедобных грибов на средах с использованием зерновой пивной дробины**

№	Питательная среда	Диаметр колонии, мм			% к эталону	Балл	РК
		3 сутки	5 сутки	7 сутки			
<i>Pleurotus ostreatus</i>							
1	Картофельный агар (эталон)	11,2 ± 0,90	22,4 ± 1,88	64,2 ± 5,08	100	3	27
2	Пивная дробина 5%	14,2 ± 1,30	37 ± 2,94	51,6 ± 3,48	80	1	29
3	Пивная дробина 10%	23,2 ± 2,06	50,2 ± 3,28	73,0 ± 6,90	114	2	41
4	Пивная дробина 15%	18,8 ± 1,36	40,8 ± 2,9	76,4 ± 5,78	119	3	54
5	Пивная дробина 20%	18,2 ± 1,52	31,4 ± 2,58	69,2 ± 2,98	108	2	29
6	Пивная дробина 25%	15,7 ± 1,30	29,2 ± 2,65	68,1 ± 5,21	106	2	29
7	Пивная дробина 30%	14,6 ± 0,90	27 ± 2,42	64,8 ± 4,6	101	1	27
<i>Flammulina velutipes</i>							
1	Картофельный агар (эталон)	5,2 ± 0,32	27,1 ± 2,42	64,2 ± 5,69	100	3	51
2	Пивная дробина 5%	2,48 ± 0,24	20,1 ± 1,92	48,2 ± 3,91	81	1	14
3	Пивная дробина 10%	2,71 ± 0,18	25,3 ± 1,77	53,5 ± 4,84	90	1	15
4	Пивная дробина 15%	4,85 ± 0,22	29,6 ± 2,32	59,5 ± 4,52	112	2	57
5	Пивная дробина 20%	12,8 ± 1,13	27,5 ± 2,37	72,2 ± 6,76	121	3	93
6	Пивная дробина 25%	4,4 ± 0,39	27,3 ± 2,58	61,9 ± 5,61	104	3	53
7	Пивная дробина 30%	2,7 ± 0,23	15,2 ± 1,14	53,7 ± 5,06	90	2	31

Результаты исследования показали, что наиболее подходящей концентрацией пивной дробины в питательных средах для культивирования мицелия гриба *P. ostreatus* является 10-15%. Самый большой диаметр колонии на 7-е сутки был при использовании питательной среды с добавлением 15%-й пивной дробины, он составлял 76,4 мм, что превышало этот показатель при культивировании на картофельном агаре (эталон) на 19%. При применении 10%-й пивной дробины диаметр колонии составлял 73,0 мм (114% к эталону). Качество мицелия было высоким и соответствовало качеству при культивировании на картофельном агаре. При повышении концентрации дробины качество мицелия ухудшалось, а рост замедлялся.

У вида *F. velutipes* наилучший рост мицелия наблюдали на питательной среде с добавлением 20% пивной дробины, средний диаметр колоний на 7-е сутки культивирования составлял 72,2 мм, что превышало рост мицелия на картофельном агаре на 21%. Стоит отметить, что мицелий у обоих

видов грибов при этом был равномерно стелющийся, плотный, немного приподнятый над агаром, ярко белого цвета, без желтизны и экссудата, что позволяет использовать его для дальнейшей работы. Кроме того, с экономической точки зрения данная питательная среда была самая дешевая. В вариантах с использованием более высоких концентраций зерновой пивной дробины рост мицелия у эноки был также хуже, мицелий в этих вариантах был воздушным, не плотным. Видимо, это связано с избытком питательных веществ в средах, что существенно влияет на характер роста мицелия. Данный факт показывает, что для нормального развития мицелия изучаемых видов грибов важен не только состав питательных сред, но и его сбалансированность по углеводам, белкам и жирам, поэтому на питательных средах с более высокой концентрацией пивной дробины наблюдали замедление роста и ухудшение качества мицелия.

Таким образом, для поверхностного культивирования мицелия грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes* на твердых питательных средах, можно использовать питательную среду с добавлением 15% и 20% пивной дробины, использование этих концентраций гарантируют активный рост и высокое качество мицелия. Поэтому целесообразно при массовом размножении мицелия изучаемых видов грибов использовать пивную дробину. Такой подход позволит значительно сократить период адаптации гриба при переходе с питательных сред на субстраты для производства маточной культуры (посевого материала) мицелия. Кроме того, применение пивной дробины, которая является отходом пивоваренной промышленности, способно значительно удешевить производство как мицелия, так и плодовых тел грибов.

Для получения маточной культуры мицелия (посевого материала), использовали зерно злаковых культур и зерновую пивную дробину. Для этого был заложён опыт по изучению радиального роста мицелия на субстрате из зерна различных сельскохозяйственных культур и пивной дробины. Повторность опыта 8-ми кратная. Результаты представлены в таблице 2.

Из полученных данных по изучению радиального роста мицелия в чашках Петри видно, что пивная дробина является хорошим субстратом для выращивания мицелия как вида *P. ostreatus*, так и вида *F. velutipes*. Рост мицелия и диаметр колоний обоих видов грибов на субстрате с дробинной был больше, чем на зерновых субстратах, которые используются в стандартных технологиях выращивания маточной культуры мицелия съедобных грибов. Самые высокие показатели ростового коэффициента, характеризующие рост и качество мицелия, у вешенки обыкновенной

(*P. ostreatus*) были на пивной дробине – 265, на зерне пшеницы – 249 и овсе – 206. У эноки (*F. velutipes*) высокие показатели ростового коэффициента были на пивной дробине (65), зерне овса (62) и зерне ржи (61), при этом качество мицелия было также хорошим и составляло 3 балла.

Таблица 2.

**Изучение радиального роста мицелия съедобных грибов  
на различных субстратах**

№	субстрат	Диаметр колонии, мм			Балл	PK
		3 сутки	5 сутки	7 сутки		
<i>Pleurotus ostreatus</i>						
1	Ячмень	17,2±1,30	40,6±2,70	59,6±3,85	3	153
2	Овес	18,6±1,52	35,0±2,74	60,2±5,63	3	206
3	Пшеница	16,8±1,30	36,2±1,92	58,0±2,35	3	249
4	Рожь	19,0±1,58	36,2±2,68	59,8±5,17	3	179
5	Пивная дробина	19,4±1,52	44,8±2,39	61,8±3,77	3	265
<i>Flammulina velutipes</i>						
1	Ячмень	11,3±0,82	22,3±1,95	49,6±4,45	3	42
2	Овес	11,5±0,85	19,3±1,76	48,3±4,14	3	62
3	Пшеница	11,3±0,82	21,9±1,73	49,1±4,28	3	42
4	Рожь	10,3±0,94	19,3±1,77	47,6±4,28	3	61
5	Пивная дробина	12,4±0,97	24,5±2,12	50,9±4,77	3	65

Анализ сопутствующих факторов при выращивании мицелия грибов на субстрате из пивной дробины и зерне злаковых культур показал, что если сравнивать зерно различных злаковых культур с пивной дробинкой, то можно выделить ряд преимуществ и недостатков данных субстратов. К главным преимуществам зерновых субстратов относятся: высокая питательная ценность, которая способствует быстрому росту мицелия; разнообразие зерновых культур, что позволяет подобрать наиболее подходящий вид зерна в зависимости от предпочтений того или иного вида грибов; при правильной подготовке зерна создаётся хорошая текстура для роста мицелия, предотвращающая уплотнение и обеспечивающая хорошую аэрацию. Минусы использования зерновых субстратов заключаются в том, что перед стерилизацией зерно нужно мыть и варить, что требует дополнительных затрат, времени и навыков. Если зерно подготовлено неправильно, оно может быть слишком мягким или слишком твердым, сухим или разваренным, что снижает скорость роста и плотность зарастания мицелия.

Преимуществом субстратов на основе зерновой пивной дробины является то, что дробина содержит большое количество питательных веществ,

необходимых для роста мицелия съедобных грибов. Она фактически является почти готовым субстратом, не требующим значительной обработки. Кроме того, пивная дробина представляет собой рассыпчатую мелкодисперсную массу, что способствует аэрации, предотвращает слипание и уплотнение субстрата. Пивная дробина хорошо удерживает влагу, что помогает поддерживать необходимый уровень влажности для роста мицелия. Использование пивной дробины может снизить затраты на приготовление субстрата, так как она является побочным продуктом пивоваренной промышленности, что делает ее доступной в больших объемах. Недостатком пивной дробины является то, что она быстро портится, являясь потенциальным субстратом для большого числа микроорганизмов, поэтому хранить ее рекомендуется при пониженной температуре.

Маточная культура мицелия грибов производится в значительно больших объемах, чем при поддержании чистых культур. Обычно маточную культуру гриба выращивают в стеклянных банках объемом 1,5 л. Банки заполняют субстратом на  $\frac{3}{4}$  объема, стерилизуют, инокулируют чистой культурой гриба, затем термостатируют до полной колонизации субстрата мицелием. Во время культивирования, развивающийся мицелий должен получать достаточно кислорода. Альтернативой стеклянным банкам могут служить термостойкие пластиковые пакеты (рукава), в которых легче осуществлять аэрацию и перетряхивание, препятствующее склеиванию (слипанию) мицелия. Кроме того, в автоклав объемом 75 л для стерилизации помещается 24 банки по 1,5 л общим объемом 36 л и полезным объемом около 27 л. Значит, в результате одной заправки автоклава банками можно получить 27 л мицелия на субстрате, но, если стерилизовать в термостойких пакетах (рукавах), то, при тех же затратах, можно получить около 70 л субстрата для производства мицелия. При приготовлении субстратов из злаковых культур зерно варили, поверхностно просушивали, для установления нейтральной pH среды добавляли гипс и мел, в случае с зерновой пивной дробинкой регулировали только значение pH среды. Субстраты стерилизовали в автоклаве в течении 90 минут при 1,3 атм.

Полное заращивание различных субстратов в банках и оценку качества мицелия грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes* проводили в опыте с использованием зерна ячменя, овса, пшеницы, ржи и пивной дробины. Повторность опыта 8-ми кратная. Результаты представлены в таблице 3.

В результате изучения роста мицелия съедобных грибов на субстратах в банках, установлено, гриб *P. ostreatus* быстрее всего колонизировал субстрат из зерновой пивной дробины. На 18 сутки был заращен весь объем

субстрата, мицелий был средней плотности, легко перемешивался, что делает дальнейшую работу с таким субстратом наиболее простой и удобной. На зерновых субстратах заращивание быстрее всего наступало на ржи (21 сутки) и на овсе (23 сутки).

Таблица 3.

Изучение роста мицелия грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes* на субстратах в банках

№	Субстрат	Структурно-морфологические свойства	Ростовой коэффициент	Время заращивания субстрата, сутки	Качество мицелия, балл
<i>Pleurotus ostreatus</i>					
1	ячмень	сыпучий	15	24	3
2	овес	сыпучий	16	23	3
3	пшеница	сыпучий	15	24	3
4	рожь	плотный	17	21	3
5	дробина	средней плотности	20	18	3
<i>Flammulina velutipes</i>					
1	ячмень	плотный	11	34	3
2	овес	плотный	11	32	3
3	пшеница	сыпучий	10	35	3
4	рожь	средней плотности	12	30	3
5	дробина	средней плотности	13	28	3

На ржи мицелий был плотный и практически не перемешивался, на овсе субстрат был сыпучий. На зерне ячменя и пшеницы полную колонизацию субстрата отмечали на 24 сутки, субстрат был сыпучий. Известно, что для выращивания посадочного материала важна не только скорость колонизации субстрата, но и структура субстрата после заращивания. Сыпучие субстраты более просты для дальнейшей инокуляции субстратных блоков и получения плодовых тел грибов. Использование стеклянных банок для выращивания мицелия съедобных грибов имеет свои преимущества и недостатки. Преимуществом является то, что в стеклянных банках можно наблюдать за ростом мицелия и состоянием субстрата, банки можно использовать многократно. К недостаткам следует отнести значительный вес и хрупкость банок, что неудобно при транспортировке и хранении, для соблюдения стерильности субстрата необходимо подбирать крышки, подходящие по размеру, в них необходимо делать отверстия для обеспечения аэрации субстрата и ставить фильтры, либо использовать специальные

крышки с фильтрами. Для ускорения процесса заращивания субстрата и улучшения газообмена, банки с субстратом необходимо перетряхивать. Перетряхивание является дополнительным элементом технологии, что усложняет получение качественного посевного материала и создает дополнительный риск инфицирования субстрата. Альтернативой стеклянной таре могут быть термостойкие пластиковые пакеты (рукава). Для изучения роста мицелия в пакетах (рукавах) из полиэтилена низкого давления был заложен опыт в 8-ми кратной повторности. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

**Изучение роста мицелия грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes*  
на субстратах в пакетах (рукавах)**

№	Субстрат	Структурно-морфологические свойства	Ростовой коэффициент	Время заращивания субстрата, сутки	Качество мицелия, балл
<i>Pleurotus ostreatus</i>					
1	ячмень	Сыпучий, при нарезании крошится на мелкие кусочки	46	13	3
2	овес	Сыпучий, при нарезании крошится на зерновки	46	13	3
3	пшеница	Плотный, легко нарезается, крошится при посеве	55	11	3
4	рожь	Средней плотности, нарезается и разламывается на крупные куски	50	12	3
5	дробина	Плотный, легко нарезается, не крошится	60	10	3
<i>Flammulina velutipes</i>					
1	ячмень	Плотный, легко нарезается, крошится при посеве	40	15	3
2	овес	Плотный, легко нарезается, крошится при посеве	33	18	3
3	пшеница	Сыпучий, при нарезании крошится на зерновки	35	17	3
4	рожь	Средней плотности, нарезается и разламывается на крупные куски	40	15	3
5	дробина	Плотный, легко нарезается, не крошится	43	14	3

Анализируя данные, представленные в таблице 4, можно сделать вывод, что оба вида изучаемых съедобных грибов быстрее развивались на субстрате из зерновой пивной дробины. Гриб *P. ostreatus* полностью колонизировал субстрат в пакетах (рукавах) за 10 суток, на зерновых субстратах данный показатель варьировал от 11 до 13 суток, что в 1,5-2 раза быстрее, чем при выращивании мицелия в банках. Это связано с лучшей аэрацией и равномерным распределением влаги в субстрате, инокуляцией мицелием с обеих сторон рукава. Анализ качества заросшего субстрата показал, качество мицелия было очень хорошим, особенно при выращивании на пивной дробине. Колонизированный мицелием субстрат был плотным, легко нарезался и практически не крошился, что делало его пригодным для дальнейшей инокуляции субстратных блоков. На зерновых субстратах мицелий крошился при нарезании, что вызывало определенное неудобство при посеве в субстратные блоки. Использование пакетов (рукавов) для выращивания мицелия съедобных грибов имеет следующие преимущества: такая тара легче стеклянных банок, что упрощает их транспортировку и хранение, пакеты дешевле, чем стеклянные банки, пакеты могут быть разных размеров и форм; что позволяет адаптировать их под конкретные условия и объемы производства, в пакетах проще обеспечивать необходимую аэрацию, что способствует быстрому росту мицелия; пакеты легко заполнять субстратом, что упрощает процесс подготовки и инокуляции, так мицелий можно вносить с двух сторон, процесс зараживания субстрата сокращается в 1,5-2 раза; в пакетах субстрат не нужно перетряхивать, что упрощает технологию получения посевного материала. При использовании пластиковой тары также есть и ряд недостатков, например, пакеты (рукава) могут порваться; прозрачность пакетов может быть ограниченной, что затрудняет визуальный контроль за состоянием мицелия и субстрата; пакеты предназначены для одноразового использования.

### **Заключение**

Посевной материал (мицелий) должен обладать высокой жизнеспособностью, для того, чтобы в дальнейшем формировались плодовые тела высокого качества. Поэтому культивированию мицелия придается большое значение во всех существующих технологиях производства грибов.

Для культивирования мицелия съедобных грибов рекомендуется использовать питательные среды с добавлением зерновой пивной дробины для гриба *P. ostreatus* в концентрации 10-15%, а для гриба *F. velutipes* – 20-25%. Для выращивания посевного мицелия предлагается использовать

пакеты (рукава) из термостойкого полиэтилена низкого давления, заполненные субстратом из зерновой пивной дробины, что может повысить рентабельность производства мицелия съедобных грибов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование проводилось в рамках внутреннего гранта ФГБОУ ВО «Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого» 2024 года «Разработка элементов технологии выращивания мицелия и плодовых тел гриба *Flammulina velutipes* (эноки)» по договору № 5 НИР/24/07 от 11.06.2024 г.

### Список литературы

1. Бисько, Н. А., Билай, В. Т., & Митропольская, Н. Ю. (2000). *Выращивание съедобных грибов (рекомендации по выращиванию шампиньонов, вешенки)*. Киев: Знание, 42 с.
2. Бисько, Н. А., Бухало, А. С., & Вассер, С. П. (1983). *Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубоинной культуре* / под общ. ред. И. А. Дудки. Киев: Наукова думка, 312 с.
3. Богданов, В. Д., & Волоotka, Ф. Б. (2012). Использование отходов гидробионтов в качестве основы субстрата для выращивания грибов вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). *Научные труды Дальрыбвтуза*, 25, 91–96. EDN: <https://elibrary.ru/NDLYXB>
4. Вишнеvский, М. В. (2014). *Лекарственные грибы. Большая энциклопедия*. Москва: Эксмо, 400 с.
5. Глазунова, А. В., Песцов, Г. В., & Сидоров, Р. А. (2020). Культивирование посевного мицелия гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной) с использованием сырой пивной дробины — отхода пивоваренной промышленности. *Патент России № 2732832С1*, Бюл. № 27.
6. Сысуев, В. А., Широких, И. Г., Широких, А. А., & Ли, Ю. (2018). Грибы как культура сельскохозяйственного производства. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 62(1), 4–10. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10>. EDN: <https://elibrary.ru/YSACTN>
7. Девочкина, Н. Л., Нурметов, Р. Д., & Разин, О. А. (2017). Технология выращивания вешенки в условиях замкнутого цикла производства. *Овощи России*, (5), 47–50. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-47-50>. EDN: <https://elibrary.ru/XNBMТJ>
8. Уланова, Р. В., Гольдштейн, В. Г., Колпакова, В. В., Носовская, Л. П., & Адикаева, Л. В. (2018). Изучение культивирования штамма *Pleurotus ostreatus* в глубоинной культуре на среде зернового экстракта. *Достиже-*

- ния науки и техники АПК, (8), 82–87. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10822>. EDN: <https://elibrary.ru/YANKNN>
9. Девочкина, Н. Л., Мукиенко, С. В., Селиванов, В. Г., & Рубцов, А. А. (2021). *Инновационные технологии и технические средства для промышленного производства культивируемых грибов*. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 80 с. ISBN: 978-5-7367-1634-0. EDN: <https://elibrary.ru/SOKQWO>
  10. Лазаревич, А. Н., Леснов, А. П., & Иванова, О. В. (2015). *Технология производства и применения кормового продукта и концентрата на основе пивной дробины: Рекомендации*. Красноярск: ФГБНУ Красноярский НИИЖ, 59 с.
  11. Морозов, А. И. (2001). *Выращивание вешенки*. Донецк: Сталкер, 48 с.
  12. Назаров, В. И., & Бичев, М. А. (2011). Разработка процессов утилизации отходов пивоварения с получением гранулированного продукта. *Пиво и напитки*, (3), 32–35. EDN: <https://elibrary.ru/NYECDN>
  13. Толоконин, П. С., & Баурин, Д. В. (2017). Пивная дробина: кислотный гидролиз и потенциал для биоконверсии. *Успехи в химии и химической технологии*, 31(9), 26–28. EDN: <https://elibrary.ru/ZTMGIJ>
  14. Abhishek, S. (2019). Cultivation of winter mushroom (*Flammulina velutipes*). *Indian Farmers' Digest*, 52(11), 7–11.
  15. G., Wenshuo, S., Weidong, W., Mingyou, W., Jiaoling, & Z., Dehuan (2021). Design and experiment of dual-manipulator cooperation and implementing for robotic harvesting bottled *Flammulina velutipes*. *Solid State Technology*, 64(2), 7624–7639.
  16. Aida, F. M. N. A., Shuhaimi, M., Yazid, M., & Maaruf, A. G. (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 567–575. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>. EDN: <https://elibrary.ru/YCJQXF>
  17. Mussatto, S., Dragone, G., & Roberto, I. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, (43), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
  18. Gregori, A., Svagelj, M., Pahor, B., & Berovic, M. (2008). The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology*, (25), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2008.08.003>. EDN: <https://elibrary.ru/YASCGT>
  19. Townsley, P. M. (1979). Preparation of commercial products from brewer's spent grain and trub. *MBAA Technical Quarterly*, 16(4), 130–134.

### References

1. Bisko, N. A., Bilai, V. T., & Mitropolskaya, N. Yu. (2000). *Cultivation of edible mushrooms (recommendations for growing champignons and oyster mushrooms)*. Kyiv: Znanie, 42 p.

2. Bisko, N. A., Bukhalo, A. S., & Vasser, S. P. (1983). *Higher edible basidiomycetes in surface and submerged culture* / ed. by I. A. Dudka. Kyiv: Naukova Dumka, 312 p.
3. Bogdanov, V. D., & Volotka, F. B. (2012). Use of aquatic organism waste as a substrate base for cultivating common oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Scientific Works of Dalrybvtuz*, (25), 91–96. EDN: <https://elibrary.ru/NDLYXB>
4. Vishnevsky, M. V. (2014). *Medicinal mushrooms. A large encyclopedia*. Moscow: Eksmo, 400 p.
5. Glazunova, A. V., Pestsov, G. V., & Sidorov, R. A. (2020). Cultivation of inoculum mycelium of the fungus *Pleurotus ostreatus* (common oyster mushroom) using raw brewer's spent grain – a by-product of the brewing industry. *Russian Patent № 2732832C1*, Bulletin № 27
6. Sysuev, V. A., Shirokikh, I. G., Shirokikh, A. A., & Li, Yu. (2018). Mushrooms as an agricultural crop. *Agricultural Science of the Euro-North-East*, 62(1), 4–10. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10>. EDN: <https://elibrary.ru/YSACTN>
7. Devochkina, N. L., Nurmetov, R. D., & Razin, O. A. (2017). Technology for cultivating oyster mushrooms in a closed-cycle production environment. *Vegetables of Russia*, (5), 47–50. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-47-50>. EDN: <https://elibrary.ru/XNBMTJ>
8. Ulanova, R. V., Goldstein, V. G., Kolpakova, V. V., Nosovskaya, L. P., & Adikaeva, L. V. (2018). Study of cultivation of the *Pleurotus ostreatus* strain in submerged culture on a cereal extract medium. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, (8), 82–87. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10822>. EDN: <https://elibrary.ru/YAHKNN>
9. Devochkina, N. L., Mukienko, S. V., Selivanov, V. G., & Rubtsov, A. A. (2021). *Innovative technologies and technical means for industrial production of cultivated mushrooms*. Moscow: FGBNU “Rosinformagrotekh”, 80 p. ISBN: 978-5-7367-1634-0. EDN: <https://elibrary.ru/COKQWO>
10. Lazarevich, A. N., Lesnov, A. P., & Ivanova, O. V. (2015). *Technology for production and use of feed product and concentrate based on brewer's spent grain: Recommendations*. Krasnoyarsk: FGBNU Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry, 59 p.
11. Morozov, A. I. (2001). *Cultivating oyster mushrooms*. Donetsk: Stalker, 48 p.
12. Nazarov, V. I., & Bichev, M. A. (2011). Development of processes for recycling brewing waste to produce a granulated product. *Beer and Beverages*, (3), 32–35. EDN: <https://elibrary.ru/NYECDN>
13. Tolokonin, P. S., & Baurin, D. V. (2017). Brewer's spent grain: Acid hydrolysis and potential for bioconversion. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 31(9), 26–28. EDN: <https://elibrary.ru/ZTMGIJ>

14. Abhishek, S. (2019). Cultivation of winter mushroom (*Flammulina velutipes*). *Indian Farmers' Digest*, 52(11), 7–11
15. Wenshuo, G., Weidong, W., Mingyou, W., Jiaoling, Z., & Dehuan, S. (2021). Design and experiment of dual manipulator cooperation and implementing for robotic harvesting bottled *Flammulina velutipes*. *Solid State Technology*, 64(2), 7624–7639
16. Aida, F. M. N. A., Shuhaimi, M., Yazid, M., & Maaruf, A. G. (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: A review. *Trends in Food Science and Technology*, (20), 567–575. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>. EDN: <https://elibrary.ru/YCJQXF>
17. Mussatto, S., Dragone, G., & Roberto, I. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, (43), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
18. Gregori, A., Svagelj, M., Pahor, B., & Berovic, M. (2008). The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology*, (25), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2008.08.003>. EDN: <https://elibrary.ru/YASCGT>
19. Townsley, P. M. (1979). Preparation of commercial products from brewer's spent grain and trub. *MBAA Technical Quarterly*, 16(4), 130–134

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Третьякова Анастасия Валерьевна**, младший научный сотрудник центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии»  
*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*  
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация  
[glazunovaanastasiya@gmail.com](mailto:glazunovaanastasiya@gmail.com)

**Песцов Георгий Вячеславович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий микробиологической лабораторией центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии»  
*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*  
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация  
[georgypestsov@gmail.com](mailto:georgypestsov@gmail.com)

**Прокудина Ольга Владимировна**, младший научный сотрудник центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии»  
*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*

*пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация  
prokudinaolga11@gmail.com*

**Мягкова Анастасия Сергеевна**, младший научный сотрудник центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии»  
*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого  
пр. Ленина 125, г. Тула, 300026, Российская Федерация  
myagkovanastasia@gmail.com*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Anastasia V. Tretyakova**, Research Assistant Center of Technological Excellence “Advanced Chemical and Biotechnology”  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation  
glazynovaaanastasiya@gmail.com*

**Georgiy V. Pestsov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Microbiological Laboratory of the Center for Technological Excellence “Advanced Chemical and Biotechnology”  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation  
georgypestsov@gmail.com*

**Olga V. Prokudina**, Research Assistant Center of Technological Excellence “Advanced Chemical and Biotechnology”  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation  
prokudinaolga11@gmail.com*

**Anastasia S. Myagkova**, Research Assistant Center of Technological Excellence “Advanced Chemical and Biotechnology”  
*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
125, Lenin Ave., Tula, 300026, Russian Federation  
myagkovanastasia@gmail.com*

Поступила 10.04.2025

После рецензирования 20.05.2025

Принята 25.05.2025

Received 10.04.2025

Revised 20.05.2025

Accepted 25.05.2025