

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГРИБОВ РОДА *TRAMETES* QUEL В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

SOME ASPECTS OF RESOURCE POTENTIAL OF FUNGI OF THE GENUS *TRAMETES* QUEL IN THE CONDITIONS OF AZERBAIJAN

K. Bakhshaliyeva
S. Mahmudova
L. Bunyatova
K. Isayeva
A. Hasanova

Summary. In the course of the studies, the ability of biomass formation in 27 strains of species of fungi of the genus *Trametes* Quel was assessed, which was found in the course of studies in 5 (*T.hirsute*, *T.ochracea*, *T.pubescens*, *T.suaveolens* and *T.versicolor*) species in Azerbaijan. It was shown that strains of fungi *T.versicolor* and *T.hirzuta* were identified as the most active in terms of both biomass formation in the vegetative phase and metabolite activity. This allows them to be used as food and feed.

Keywords: *Trametes* Quel, biomass, vegetative mycelium, culture liquid, biologically active substances.

Бахшалиева Конуль Фаррух

д.б.н., проф., заведующая лабораторией Институт Микробиологии Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики
 konul.baxsh@mail.ru

Махмудова Севиндж Ильгар

преподаватель,
 Гянджинский Государственный Университет
 mahmudova_sevinc@inbox.ru

Буятова Лала Новруз

и.о. доцент, к.б.н.,
 Сумгаитский Государственный Университет
 exampless@mail.ru

Исаева Кямаля Кямаладдин

и.о. доцент, к.б.н.,
 Сумгаитский Государственный Университет
 kamalaisayeva@gmail.com

Гасанова Арзу Расул

и.о. доцент, к.б.н.,
 Сумгаитский Государственный Университет
 arzu.h85@mail.ru

Аннотация. В ходе проведенных исследований дана оценка способности образования биомассы у 27 штаммов видов грибов рода *Trametes* Quel, которая в ходе исследований обнаружена 5 (*T.hirsute*, *T.ochracea*, *T.pubescens*, *T.suaveolens* и *T.versicolor*) видов в условиях Азербайджана. Показано что, штаммы грибов *T.versicolor* и *T.hirzuta* определены как наиболее активные как по образованию биомассы в вегетативной фазе, так и по активности метаболитов. Это позволяет использовать их в качестве продуктов питания и кормов.

Ключевые слова: *Trametes* Quel, биомасса, вегетативный мицелий, культуральная жидкость, биологически активные вещества.

Известно, что одним из приоритетных направлений развития микологии и биотехнологии является поиск продуцентов биологически активных веществ (БАВ) различного назначения среди мицелиальных грибов [13, 17, 20]. Многие БАВ отличаются не только фармакологической активностью, но также используются как в медицине, так и в ветеринарии, поскольку они менее токсичны и очень эффективны по сравнению с продуктами химического синтеза. Базидиальные грибы, особенно их ксилотрофные виды являются продуцентами различных БАВ: белков, липидов, полисахаридов, органических кислот, ферментов, витаминов и т. д. [8, 14, 16, 19] Следует отметить, что преимущества базидиомицетов заключаются в том, что препараты, полученные из их сырья, считаются экологически чистыми.

Рядом проведенных исследований было обнаружено, что продукты синтеза некоторых базидиальных грибов,

в том числе рода *Trametes* Quel, обладают антивирусной, антимикробной активностью, а также антимикробным действием против Enterobacteriaceae, вызывающих кишечные инфекции, что послужило основанием создания ряда препаратов [16]. Было также обнаружено, что они обладают антиатерогенным, антисклеротическим, антиревматическим свойствами, уменьшают содержание сахара в крови, артериальное давление, скорость кровотока в аорте [15, 18]. Кроме того, проведение исследований физиолого-биохимических свойств биомассы грибов рода *Trametes* Quel, подтвердило отсутствие токсического действия, относительно высокую способность к перевариванию, наличие бактерицидных свойств, выгодность использования их как продуцентов БАВ различного назначения (в качестве продуктов питания, кормов и в медицинских целях) [16]. Однако, все вышеперечисленные исследования могут считаться неисчерпывающими для полной оценки биоресурсного потенциала грибов рода

Trametes Quel. Принимая во внимание широкое распространение ксилотрофных базидиальных грибов, особенно видов грибов рода *Trametes* Quel, на территории Азербайджанской Республики [2, 12], обладающей богатой природой, и отсутствия связанных с ними всеобъемлющих исследований, не вызывает сомнений необходимости изучения в этом аспекте видов грибов *Trametes* Quel, широко распространенных на территории Азербайджанской Республики.

Учитывая все вышесказанное, целью представленной работы явилась оценка видового состава, закономерностей распространения и биоресурсного потенциала грибов *Trametes* Quel в условиях Азербайджана.

Материалы и методы

Исследования проводились в лесах, расположенных на территории Большого и Малого Кавказа, Кура-Аразской равнины и Талышских горах Азербайджанской Республики. Отбор плодовых тел (ПТ) грибов рода *Trametes* Quel в указанных лесах проводилось методом маршрута [9]. Собранные образцы паспортизировались на месте и доставлялись в лабораторию. В лаборатории в первую очередь проводили идентификацию грибов и выделение их в чистую культуру.

Для выделения грибов из отобранных проб во всех случаях, а также для поддержания рабочих культур использовали сусло-агар (СА), агар Сабуро и др. Идентификация культур грибов, выделенных в чистую культуру [7, 10], проводили по определителю Бондарцевой [1], а при таксономической идентификации и наименовании грибов использовали данные официального сайта Международной Микологической Ассоциации (ММА).

Оценку способности роста грибов и накопления биомассы проводили в условиях глубинного культивирования (ГК), при которой использовали жидкую глюкозо-пептонную среду (ГПС), состав которой был следующим (г/л): глюкоза — 10; пептон — 3; NH_4NO_3 — 1,5; NaCl — 0,5; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; K_2HPO_4 — 0,4; FeSO_4 — в небольших количествах. Условия стерилизации — 0,5 атм, 0,5 часа. При культивировании в качестве посевного материала (инокулята) использовали 5-дневную биомассу того или иного гриба, выращенного на указанной питательной среде. Выделение и количественный анализ полисахаридных фракций (растворимых, нерастворимых, экзополисахаридов) из биомассы и культурального раствора проводили по известным методикам [3, 5–6]. В зависимости от цели исследования для определения количества белка в биомассе и КЖ использовали методы Лоури, Кельдаля и спектрофотометрические методы [11].

Токсичность биомассы оценивали по влиянию на жизнеспособность инфузорий, таких как *Tetrahymina*

pyriformis или *Paramecium caudatum*, которую проводили согласно методическому подходу, использованному в работе К.Ф. Бахшалиевой и др. [12].

Эксперименты, поставленные для получения количественных результатов, проводили не менее, чем в 4-х повторностях раз и полученные результаты подвергали статистической обработке [4].

Полученные результаты и их обсуждение

В течение 2016–2022 гг. с выбранных для исследования участков было отобрано с вероятностью отношения к роду *Trametes* 257 плодовых тел, и после объединения отмеченных в полевых условиях признаков с лабораторными анализами установлено, что они включают следующие 9 видов:

1. *Antrodia heteromorpha* (Fr.) Donk, Persoonia 4 (3): 339 (1966) [MB#326336](=*T.heteromorpha*(Fr.) Lloyd)
2. *Antrodiella serpula* (P. Karst.) Spirin & Niemelä, Mycotaxon 96: 231 (2006) [MB#500771] (*Trametes hoehnelii* (Bres.) Pilát)
3. *Trametopsis cervina* (Schwein.) Tomšovský, Czech Mycology 60 (1): 8 (2008) [MB#511830]
4. *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd, Mycological Writings 7 (Letter 73): 1319 (1924) [MB#531523]
5. *Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. & Ryvarden, North American Polypores 2: 752 (1987) [MB#132931]
6. *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilát, Atlas Champ. Eur., Polypor., B: 268 (1939) [MB#275567]
7. *Trametes suaveolens* (L.) Fr., Epicrisis Systematis Mycologici: 491 (1838) [MB#203430]
8. *Corioloopsis trogii* (Berk.) Domanski, Mala flora grzybów. Tom I: Basidiomycetes (Podstawczaki), Aphyllophorales (Bezblaszkowe). Bondarzewiaceae, Fistulinaceae, Ganodermataceae, Polyporaceae 1: 230 (1974) [MB#311828] (*T. trogii* Berk)
9. *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, Mycol. Writ. 6 (65): 1045 (1920) [MB#281625]

Следует отметить, что распространение 10 видов, принадлежащих к роду *Trametes*, в Азербайджане было определено в других исследованиях [2, 12], но гриб *T. zonata* в ходе наших исследований не был обнаружен и было выявлено, что 4 вида принадлежат к другому роду. Другими словами, в Азербайджане распространены 5 видов грибов (*T.hirsute*, *T.ochracea*, *T.pubescens*, *T.suaveolens* и *T.versicolor*), принадлежащих к роду *Trametes*. В дальнейшем ходе исследований было признано целесообразным продолжить их с образцами этих 5 видов, некоторые сведения о них указаны в таблице 1. Как видно, отмеченные виды грибов отличаются друг от друга только количеством выделенных штаммов и эко-трофическим связям, тогда как по другим показателям они сходны.

Таблица 1.

Общая характеристика зарегистрированных видов грибов рода *Trametes*

№	Название вида	Число выделенных штаммов	Эколого-трофические связи	Тип гнили	Гифальная система
1	<i>T.hirsuta</i>	7	политроф	белая	тримитик
2	<i>T.ochraceus</i>	3	сапротроф	белая	тримитик
3	<i>T.pubescens</i>	6	политроф	белая	тримитик
4	<i>T.suaveolens</i>	3	политроф	белая	тримитик
5	<i>T.versicolor</i>	8	сапротроф	белая	тримитик
Всего		27	P/S=3/2	белая	5

Следует отметить, что в цикле развития базидиальных грибов различают три этапа: образование монокариона, дикариона и плодового тела. Каждый из этих этапов продолжается в течение определенного периода времени, а этап формирования ПТ протекает только в течение определенного периода времени. Другие стадии, а точнее фаза вегетативного мицелия (ВМ) не имеет срока и в любой момент, в любом количестве может быть получена биомасса ВМ. В настоящее время для получения того или иного БАВ базидиальных грибов используются все 3 фазы. Единственной причиной этого является то, что БАВ образуются на всех трех стадиях.

Так, был разработан метод, обеспечивающий процесс образования ПТ у некоторых грибов в искусственных условиях, хотя для многих грибов, в том числе для видов рода *Trametes*, такой подход пока не найден. Поэтому у этих грибов используются ПТ, образующиеся исключительно в естественной среде, которые, несмотря на свои большие запасы, ограничены в количестве и не могут быть получены в любое время. Чего нельзя сказать о ВМ, так как его можно получить в любое время года и в любом количестве. По этой причине для оценки грибов этого рода как биоресурса использовался только ВМ. Полученные на этом этапе основные результаты представлены ниже. В первую очередь проводилась оценка способности производить биомассу в жидкой питательной среде у выделенных в чистую культуру штаммов. Полученные результаты показывают, что используемые штаммы отличаются по количеству образуемой биомассы (табл. 2), а штаммы *T.hirsuta* и *T.versicolor* определены как виды, способные образовывать сравнительно большое количество биомассы.

Полученные для этих штаммов максимальные показатели способности образования биомассы не уступают таковым у используемых или считающихся перспективными для использования штаммов и с уверенностью можно отметить, что они согласно данным показателям могут занять место среди перспективных в отно-

шении способности образования биомассы штаммов, что послужило основой выбора в заключении данного этапа как активных продуцентов штаммов *T.hirsuta* SM-07 (выход биомассы — 9,0 г/л) и *T.versicolor* HA-21 (9,6 г/л).

Таблица 2.

Оценка количественных показателей биомассы, образуемой штаммами грибов рода *Trametes*

N	Виды (число штаммов)	Выход биомассы (5 суток, г/л)
1	<i>T.hirsuta</i> (7)	5,5–9,0
2	<i>T.ochraceus</i> (3)	2,3–4,9
3	<i>T.pubescens</i> (6)	3,8–5,0
4	<i>T.suaveolens</i> (3)	2,9–5,1
5	<i>T.versicolor</i> (8)	5,9–9,6

Были проведены исследования по оптимизации питательной среды, используемой в качестве первичной среды для выбранных штаммов, уточнены источники углерода и азота среды, исходная кислотность, температура культивации, способ подготовки и сроки посевного материала. Из проведенных в связи с этим исследований видно, что в результате оптимизации среды выход биомассы увеличивается у обоих штаммов, а ее количественный показатель составляет 9,9 г/л у *T.hirsuta* SM-07 и 11,0 г/л. л. у *T.versicolor* HA-21.

Полученная после культивирования в оптимальных условиях биомасса грибов, отделялась от культуральной жидкости и оценивался её биохимический состав. Результаты исследований показали, что как КЖ, так и ВМ отличаются по количеству составляющих элементов, так в КЖ преобладают экзополисахариды (т.е. легкогидролизуемые полисахариды), а в ВМ доминируют нерастворимые фракции полисахаридов (табл. 3). Интересно, что способность усвоения метаболитов, выделенных в культуральную жидкость, почти в два раза выше, чем мицелия. Это связано с тем, что большинство метаболитов КЖ являются водорастворимыми и легкими. В целом следует отметить, что выбранные как активные продуценты, эти два штамма по количественным показателям компонентов ВМ и КЖ, также привлекают особое внимание наряду со штаммами, считающимися перспективными в качестве кормов, продуктов питания и в медицинских целях. Поэтому как заключение исследований было целесообразным определить в каких целях выгодно использовать биомассу штаммов *T.hirsuta* SM-07 и *T.versicolor* HA-21, отобранных в качестве активных продуцентов. Рядом исследований, а также нашими исследованиями, определена целесообразность использования биомассы грибов рода *Trametes* в пищевых или кормовых целях, ввиду её сравнительно слабой антимикробной активности. Первым необходимым вопросом является определение токсичности биомассы и КЖ. Как правило, для этого используют беспозвоночных,

таких как *Tetrahymena pyriformis*, *Paramecium caudatum*, поэтому мы также использовали их для определения токсичности ВМ и КЖ. С этой целью использовались концентрации, полученной КЖ, и раствор водной и спиртовой экстракции ВМ. Полученные результаты показали, что ни одна из концентраций используемых материалов не обладает какой-либо токсичностью. Результаты, полученные на *Tetrahymena pyriformis*, показали, что экстракт ВМ обоих грибных штаммов не оказывает токсического воздействия на рост инфузорий и даже вызывает увеличение их количества по сравнению с водой и спиртом (табл. 4). Это также позволяет судить о наличии биологической активности экстракта, влияющего на жизнеспособность инфузорий.

Таблица 3.

Биохимический состав биомассы отобранных в качестве активных продуцентов штаммов

Компонентный состав	Количественные показатели (%)			
	<i>T. hirsuta</i> SM-07		<i>T. versicolor</i> HA-21	
	ВМ	КЖ	ВМ	КЖ
Белки	17,4	3,3	16,9	3,5
Трудногидролизуемые полисахариды	42,1	0	43,4	0
Легкогидролизуемые полисахариды	14,5	2,7	15,3	2,5
Глюканы, в том числе	40,8	1,7	41,6	2,0
α-глюканы	10,6	0,8	12,4	0,9
β-глюканы	30,2	0,9	29,2	1,1
Степень усвоения (по песину)	42,4	84,6	43,5	86,4

Таблица 4.

Влияние на жизнеспособность инфузорий биомассы грибов рода *Trametes*

Штаммы грибов	Начальное число клеток инфузорий, ед.	Число клеток инфузорий через 24 часа, ед.	Эффект прироста, кратность
Биомасса экстрагируемая водой			
<i>T. hirsuta</i> SM-07	154	298	1,94
<i>T. versicolor</i> HA-21	150	300	2,00
экстрагируемая 1%-м спиртом			
<i>T. hirsuta</i> SM-07	142	230	1,62
<i>T. versicolor</i> HA-21	147	229	1,56
экстрагируемая 3%-м спиртом			
<i>T. hirsuta</i> SM-07	151	230	1,52
<i>T. versicolor</i> HA-21	156	229	1,47

Как дополнение к вышесказанному, можно сделать вывод, что биомасса грибов рода *Trametes*, богатая биологически активными метаболитами, характеризуется показателями, пригодными в использовании как в качестве питания, так и для кормов.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарцева, М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998, вып. 2, 391 с.
- Бунятова, Л.Н., Гасанова, В.Я. и др. Ксилотрофная микробиота лесных экосистем Азербайджана. // Вестник МГОУ, серия «Естественные науки», 2015, № 3, с. 24–29.
- Захарова, И.Л., Косенко, Л.В. Методы изучения микробных полисахаридов. Киев: Наукова думка, 1982, 189 с.
- Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 816 с.
- Ковалева, Г.К. Биологические особенности и биохимический состав ксилотрофных базидиомицетов *Fomitopsis officinalis* (Vill.: Fr.) Bond. et Sing., *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Pilat. Автореф. дис. ... канд. биол. Наук. — М., 2009, 21 с.
- Методы исследования углеводов / под ред. А.Я. Хорлина — М.: Мир, 1975, 135 с.
- Методы экспериментальной микологии / Под ред. Билай В.И. Киев: Наукова думка, 1982, 500 с.
- Мурадов, П.З., Гахраманова, Ф.Х., Гасанова, В.Я. и др. Базидиальные грибы как продуценты веществ обладающие фармакологическими и радиопротекторными свойствами. // Успехи медицинской микологии, 2014, т.12, с. 326–328.
- Мухин, В.А. Полевой определитель трутовых грибов. Екатеринбург, 1997, 104 с.
- Нетрусов, А.И., Егорова, М.А., Захарчук, Л.М. и др. Практикум по микробиологии. — М.: Издательский центр «Академия», 2005, 608 с.
- Практикум по биохимии (Под ред. Н.П. Мешковой и С.Е. Северина.). М: МГУ, 1979, 430 с.
- Bakhshaliyeva, K., Namazov, N., Hasanova A., et al. Assessment of the prospects of studying and using mushrooms of Azerbaijan as effective producers of biologically active substances//Periódico Tchê Química (Brazilia), 2020, vol.17, № 34, p.403-411.
- Bills, G.F., Gloer, J.B. Biologically active secondary metabolites from the fungi. Microbiol. Spectr. 2016;4:4–6.
- Conrado, R., Gomes, T.C., Roque, G.S.C., De Souza, A.O. Overview of Bioactive Fungal Secondary Metabolites: Cytotoxic and Antimicrobial Compounds //Antibiotics, 2022; 11(11):1604.
- Esheli, M., Thissera, B., El-Seedi, H.R., Rateb, M.E. Fungal Metabolites in Human Health and Diseases—An Overview.// Encyclopedia, 2022, 2, 1590–1601.
- Frljak, J., Mulabecirović, A., Isaković, S. et al. Biological Active Components of Selected Medical Fungi.// Open Journal of Preventive Medicine, 2021, 11, 9–22.
- Keller, N.P. Fungal secondary metabolism: Regulation, function and drug discovery.//Nat. Rev. Microbiol., 2019, 17, p.167–180.

18. Macheleidt, J., Mattern D.J., Fischer J. et al. Regulation and role of fungal secondary metabolites.// *Annu. Rev. Genet.*, 2016. v.50, p. 371–392.
19. Mykchaylova, O., Poyedinok, N. Antimicrobial Activity of *Fomitopsis Officinalis* (Vill.) Bondartsev & Singer in Pure Culture// *Innov Biosyst Bioeng* [Internet], 2021, v.5(4). P. 220–227.
20. Sanchez, S., Demain A.L. Bioactive Products from Fungi.// *Food Bioactives.*, 2017, v.11, p. 59–87.

© Бахшалиева Конуль Фаррух (konul.baxsh@mail.ru); Махмудова Севиндж Ильгар (mahmudova_sevinc@inbox.ru);
Бунятова Лала Новруз (exampless@mail.ru); Исаева Кямаля Кямаладдин (kamalaisayeva@gmail.com); Гасанова Арзу Расул (arzu.h85@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»