

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

Бунятова Лала Новруз

и.о. доцент, к.б.н.,
Сумгаитский Государственный Университет
examplless@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 у 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 *Tetrahymena*

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* (Schumacher) Pilát, Atlas Champ. Eur., Polypor., B: 268 (1939) [MB#275567]
7. *Trametes suaveolens* (L.) Fr., Epicrisis Systematis Mycologici: 491 (1838) [MB#203430]
8. *Coriopsis 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 монокарпона, 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. 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. Ксиломикобиота 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 (example@mail.ru); Исаева Кямаля Кямаладдин (kamalaisayeva@gmail.com); Гасанова Арзу Расул (arzu.h85@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»