

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЯ

УДК 579.2 : 582.28

*Аттаргусейни М.Ю., Алиева Г.А., Данишвер К.М.,
Намдуллазаде М.Ш., Халилова В.Дж.,
Гахраманова Ф.Х., Мурадов П.З.
Институт микробиологии НАН Азербайджана (г. Баку)*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*G. Alieva, F. Gahramanova, M. Attarhuseyni, K. Danishver,
M. Namdullazade, V. Khalilova, P. Muradov
Institute of Microbiology, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku*

PROSPECTS OF THE USE OF XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES FOR VEGETABLE WASTE DISPOSAL

Аннотация. В проведенных исследованиях впервые осуществлено комплексное изучение пригодности ксилотрофных грибов для рациональной утилизации растительных отходов биологическими способами. Разработаны способы получения продуктов, обогащенных белками и другими физиологически активными веществами, и технических ферментных препаратов. Определена возможность использования растительных отходов по принципу «малоотходных или безотходных на конкретном этапе технологий». Тем самым расширяется сырьевая база биотехнологии и предотвращается загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, растительные отходы, физиологически активные вещества, «малоотходных или безотходных на конкретном этапе технологий».

Abstract. The paper offers a first comprehensive study of applicability of xylotrophic fungi for rational utilization of vegetable wastes by biological methods. The methods of production of bioproducts enriched with proteins and other physiologically active substances and of technical enzyme preparations are developed. The possibility of using vegetable wastes is determined based on the principle of 'low-waste or waste-free technology at a particular stage.' Thereby, it is possible to expand the biotechnology raw-material base and to prevent environmental pollution.

Key words: xylotrophic fungi, vegetable wastes, physiologically active substances, low-waste or waste-free technology at a particular stage.

Анализ информации о состоянии окружающей среды и природных ресурсов свидетельствует о серьезной экологической опасности [4; 9]. Сложившаяся экологическая ситуация во многих странах мира, в том числе в Азербайджане и в Иране, является в большинстве случаев следствием нерационального природопользования. На протяжении столетий люди в ходе хозяйственной деятельности нарушали равновесие в природе, эксплуатировали сырьевые ресурсы планеты, считая, что они неисчерпаемы. В результате такого подхода уже

© Аттаргусейни М.Ю., Алиева Г.А., Данишвер К.М., Намдуллазаде М.Ш., Халилова В.Дж., Гахраманова Ф.Х., Мурадов П.З., 2011.

во второй половине XX столетия стал быстро ощущаться дефицит энергии, пищи и сырья для промышленности, что актуальнее ставит вопрос о разработке комплексной, экологически безопасной, ресурсо- и природосберегающей технологии переработки вторичных растительных ресурсов.

В настоящее время современная биотехнология предлагает разные подходы для решения ряда экологических проблем, среди которых наиболее перспективным является биоконверсия, прежде всего микробиологическая и энзимологическая [4; 6; 9]. При этом лигноцеллюлозные отходы, являющиеся ежегодно возобновляемыми и практически неисчерпаемыми источниками энергии, в условиях истощающихся ресурсов становятся перспективным сырьем для производства разнообразных полезных веществ и продуктов, важных для жизни и благосостояния людей. Однако из-за отсутствия соответствующей материально-технической и научной базы эти отходы до сегодняшнего дня не нашли полного и эффективного применения. В связи с этим целью представленной работы явилась разработка способов, позволяющих рационально использовать растительные отходы, в соответствии с вышеуказанными задачами.

Материалы и методы

В ходе работы было использовано около 114 штаммов ксилотрофных базидиальных грибов: рода *Cerrena* (5 штаммов) *Vjerkandera* (5), *Deadele* (2), *Ganoderma* (28), *Fomes* (2), *Inonotus* (10), *Fomitopsis* (5), *Laetiporus* (5), *Lenzites* (3), *Phellinus*(10), *Pleurotus* (12), *Trametes* (32), выделенных из экологически разных территорий Азербайджанской Республики. Выбор ксилотрофных базидиальных грибов обусловлен тем, что это одна из важнейших трофических групп грибов, играющих огромную роль в лесных экосистемах, и являющихся одним из активных продуцентов биологически активных веществ, обладающих разными свойствами [1; 11-12]. Из-за отсутствия соответствующей материально-

технической и научной базы они до сегодняшнего дня не нашли полного и эффективного применения. Кроме того, они широко распространены в лесных экосистемах Азербайджанской Республики.

В качестве лигноцеллюлозного субстрата были использованы: пшеничная солома, подсолнечная лузга, кукурузная кочерыжка, свекловичный жом, гребни винограда, обрезки виноградной лозы, использованный чай, пшеничные отруби и др. отходы, которые образуются в аграрном секторе Азербайджанской Республики [4] и Иранский ИР, и являются крупнотоннажными.

При выделении, идентификации и поддержании рабочих культур, культивировании грибов на стадии вегетативного роста, биоконверсии растительных субстратов, определении активности ферментов и ферментативном гидролизе мы провели исследование согласно известному методу [2-3; 5; 8-10], который в настоящее время используется в аналогичных исследованиях. Все эксперименты повторены до 4-6-ти раз, и полученные результаты статистически обработаны [7].

Полученные результаты и их обсуждения

В предыдущих работах нами было показано, что в составе использованных субстратов имеется достаточное количество полисахаридов и имеющаяся в их составе целлюлоза имеет относительно слабую кристаллическую структуру [5-6]. Поэтому в ходе исследований субстраты проверили как при микробиологической, так и энзимологической конверсии. При микробиологической конверсии ксилотрофные базидальные грибы оценивали по способности трансформировать отходы в продукт кормового и пищевого назначения. Полученные результаты показали, что почти все штаммы способны деградировать растительные отходы и при этом происходит их обогащение белком и различными биологически активными веществами, хотя при этом грибы между собой отличались потерей веса, разложением целлюлозы и лигнина, накопле-

нием белка. Несмотря на обнаруженные отличия, полученные результаты показали, что для биоконверсии отходов в продукт кормового назначения целесообразно использование грибов *Bjerkandera adusta* P-40, *Pleurotus ostreatus* F-118, *Polyporus aqariceus* F-17, *Trametes hirsuta* M-5 и *T.versicolor* D-13, которые по продуктивности и биохимической характеристике превосходят все исследованные и известные ксилотрофные грибы. Выбор гриба *P.ostreatus* F-118 еще и тем обусловлен, что этот гриб при микробиологической конверсии отходов позволяет получить продукт (плодовое тело) пищевого назначения, так как выяснено, что данный гриб имеет все необходимые показатели (высокая урожайность, дешевое сырье для культивирования, образование основной части плодового тела на первых волнах плодоношения и др.) для культивирования интенсивным способом, с целью получения качественного питательного вещества. В результате исследований, проведенных в связи с оптимизацией процессов микробиологической конверсии отходов отобранными грибами, было установлено, что использование только NH_4NO_3 в качестве дополнительного источника азота стимулирует процессы конверсии растительных отходов на 8-19%, а грибы более эффективно трансформируют отходы в обогащенный белком продукт при температуре выращивания 28°C и при исходном значении влажности 64-67%. Что же касается рН-среды, то результаты показали, что не следует регулировать кислотность отходов, и использование их в «природной» (т. е. в кислотности, которая имеется при образовании) форме является более эффективным.

Изучение химического состава продуктов, полученных в результате проведенных исследований в оптимизированных по всем параметрам условиях, показали, что они не обладают токсичностью, обогащены белками, витаминами и др. биологически активными веществами и имеют высокую переваримость. Кроме того, количество нуклеиновых кислот в полученном продукте находится в пределах допустимой нормы и составляет 0,17-0,20%, и полученные продукты могут

быть использованы в кормовых целях. Показатели аминокислотного состава полученных продуктов также дают основание предлагать их в качестве корма или кормовой добавки, так как в их составе имеются почти все, в том числе незаменимые (изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан, валин) аминокислоты, количество которых находилось в пределах 0,09-0,87% (по сухому весу), что также соответствует эталону ФАО (Всемирной продовольственной организации) для кормовых продуктов. Изучение химического состава урожая, полученного при интенсивном культивировании гриба *Pleurotus ostreatus* F-118 на растительных отходах показало, что 4/5 части (80%) состава плодового тела составляет вода; среди сухих веществ преобладают белки (39,6-42,6% по сухому весу), углеводы (35,0-36,4%), жиры (2,62-2,73), минеральные вещества (4,5-5,3%) и др. После интенсивного культивирования качество оставшейся части субстрата по основным показателям (по высокому количеству белка и его переваримости, малому количеству нуклеиновых кислот и др.) заметно улучшилось, что делает его пригодным для использования в качестве корма. Несмотря на это, мы испытали остаточный субстрат в качестве удобрения (как навозозаменитель), применяемого при выращивании пшеницы, и в качестве заменителя субстрата, используемого для выращивания декоративных растений, которые используют для оздоровления экологического состояния закрытых помещений. Результаты обоих испытаний дали положительный эффект.

Надо отметить, что для получения продуктов разного назначения из грибов используется либо вегетативный мицелий, либо плодовое тело гриба [1; 4]. Исходя из этого, в ходе исследований нами было также исследована возможность получения продуктов, содержащих различные биологически активные вещества, из грибов на стадии вегетативного роста. В результате скрининга установлено, что штаммы грибов *Cerrena unicolor*, *Ganoderma lucidum*, *Postreatus*, *T.hirsuta*, *T.versicolor* и др. являются быстрорастущими и они в глю-

козо-пептонной среде образуют биомассы, количество которых находится в пределах 8-14 г/л за 7 суток. Изучение биохимического состава полученной биомассы показало, что они содержат различные вещества, которые являются необходимыми для продуктов кормового и пищевого назначения. Например, биомасса гриба *Ganoderma lucidum* имеет следующий состав (%): белок – 23,7; эндополисахарид – 7,9; экзополисахарид – 23,8; липид – 7,0. Следует также отметить, что полученные таким способом продукты являются также нетоксичными и в настоящее время испытывается возможность их использования в качестве пищевой добавки.

В исследованиях, посвященных изучению энзимологической конверсии растительных отходов, первоначально изучали возможность получения ферментных препаратов из исследованных ксилотрофных грибов. Результаты показали, что все ферментные препараты, полученные из ксилотрофных грибов *B. adusta*, *S. unicolor*, *G. lucidum*, *P. ostreatus*, *T. hirsuta* и *T. versicolor*, обладают более широким спектром ферментов (целлюлаза, ксиланаза, амилаза, пектиназа, протеаза, лакказа, пероксидаза, лигниназа и т. д.) и они характеризуются кинетическими параметрами, которые позволяют путем энзимологической конверсии рационально использовать растительные отходы для практических нужд, что и подтвердилось в процессе ферментативного гидролиза ими растительных отходов. Так как при этом начальная скорость гидролиза субстратов имеет более высокий показатель и в составе конечного продукта преобладает глюкоза. Первоначальные результаты исследований, проведенных в связи с использованием полученного гидролизата для практических (в качестве альтернативного источника энергии) целей, также оказались положительными. Таким образом, проведенные исследования убедительно показали, что ксилотрофные базидиальные грибы обладают всеми необходимыми для рациональной

утилизации растительных отходов свойствами и позволяют разработать малоотходную комплексную технологию, предусматривающую использование растительных отходов и ресурсов по принципу «мало- или безотходной технологии на конкретном этапе» и, тем самым, расширение сырьевой базы биотехнологии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горшина Е.С., Скворцова М.М., Бирюков В.В. Технология получения биологически активной субстанции лекарственного гриба Кориола опущенного // Биотехнология. 2003. № 2. С. 71-81.
2. Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 240 с.
3. Методы экспериментальной микологии (Под ред. Билай В.И.) Киев: Наукова думка, 1982. 500 с.
4. Мурадов П.З. Основы биоконверсии растительных субстратов. Баку: Из-во «Элм», 2003. 114 с.
5. Мурадов П.З. Особенности ферментативной активности ксилотрофных грибов в процессе биоконверсии растительных отходов: Автореф. дисс ... д-ра биол. наук. Баку, 2004. 48 с.
6. Мурадов П.З. и др. Ксилотрофные грибы, как активные деструкторы растительных отходов // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2009. № 1. С. 109-112.
7. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Из-во МГУ, 1998. 150 с.
8. Польшалина Г.В., Чередниченко В.С. и др. Определение активности ферментов. Справочник. М.: ДеЛи принт, 2003. 375 с.
9. Саловарова В.П., Козлов Ю.П. Эколого-биотехнологические аспекты конверсии растительных субстратов. М.: РУДН., 2001. 330 с.
10. Databases // CBS-KNAW. Fungal Biodiversity Centre [Utrecht, The Netherlands]. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbs.knaw.nl/databases> (дата обращения 10.09.2011)
11. Jeong Y.T., Yang B.K., Jeong S.C., Kim S.M., Song C.H. *Ganoderma applanatum*: a promising mushroom for antitumor and immunomodulating activity // *Phytother Res.* 2008. V. 22. № 5. P. 614-619.
12. Ralph W., White V., Hackman R., Soares S., Beckett L., Sun B. Effects of a mushroom mycelium extract on the treatment of prostate cancer // *Urology*, 2002. V. 60. T. 4. P. 640-644.