



БИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Монография

Новосибирск
2016

УДК 631
ББК 30.16
Б63

Рецензенты:

Барштейн В.Ю., кандидат технических наук, заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины»;

Ларионов М.В., д-р биол. наук, проф. кафедры биологии и экологии Балашовского института (филиала) Саратовского государственного университета, член-корреспондент Российской Академии Естествознания, г. Балашов.

Авторы:

Предисловие: В.Ю. Барштейн;

Глава 1: В.Ю. Барштейн, Т.А. Круподерова;

Глава 2: С.Н. Гармаш;

Глава 3: С.В. Поспелов, А.Д. Поспелова, С.В. Нагорная.

Б63 «Биоконверсия отходов агропромышленного комплекса»:
монография; [под ред. В.Ю. Барштейна]. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК»,
2016. — 88 с.

ISBN 978-5-4379-0448-0

Коллективная монография «Биоконверсия отходов агропромышленного комплекса», предлагаемая вниманию читателей, посвящена важной и актуальной проблеме утилизации агропромышленных отходов (сельского хозяйства, пищевой промышленности), прежде всего, биологическими методами. Результаты исследований авторов, практические рекомендации направлены на комплексное решение ряда важных вопросов. Улучшение экологической ситуации может сопровождаться производством пищевых добавок, ингредиентов пищевых продуктов, лечебно-профилактических и лечебных средств, получением биогумуса, лектинов и препаратов, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур.

Данный коллективный труд может быть полезен широкому кругу биологов, специалистов сельского хозяйства, научных работников и практиков в их повседневной деятельности.

Главный редактор: канд. техн. наук – Барштейн Виктор Юрьевич.

ББК 30.16

ISBN 978-5-4379-0448-0

© АНС «СибАК», 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ:

Предисловие	5
Глава 1. Биоконверсия агропромышленных отходов высшими грибами	8
Введение	8
1.1. Макромицеты в биоконверсии отходов агроиндустрии и обеспечении пищевой безопасности	10
1.2. Утилизация отходов пищевой промышленности	27
1.2.1. Основные виды отходов пищевой промышленности, утилизируемые высшими грибами	27
1.2.2. Исследование возможности утилизации отходов масложэкстракционного и масложирового производств в Украине	33
Заключение	37
Список литературы	39
Глава 2. Вермикомпостирование органических отходов	51
Введение	51
2.1. Биoutilизация осадков сточных вод.....	53
2.2. Биоконверсия пищевых отходов методом вермикомпостирования	56
2.3. Эффективность использования экстрактов из биогумуса.....	60
Заключение	64
Список литературы	65

Глава 3. Утилизация отходов выращивания и переработки лекарственных растений	68
Введение	68
3.1. Использование отходов переработки лекарственных растений для получения лектинсодержащих экстрактов	69
3.2. Биологическая активность лектинсодержащих экстрактов..	72
3.3. Утилизация отходов выращивания эхинацеи пурпурной и эхинацеи бледной.....	74
Заключение.....	81
Список литературы	82
Сведения об авторах.....	85
Приложение.....	86

ПРЕДИСЛОВИЕ

Объем агропромышленных отходов (на всех стадиях сельскохозяйственного производства, переработки и потребления) ежегодно возрастает и достигает громадного уровня. Так, количество пшеничных отрубей составляет 650 млн. т, пшеничной соломы – более 350 млн. т, рисовой соломы – около 700 млн. т. Все виды соломы чаще всего подвергаются сжиганию, что негативно влияет на окружающую среду. Огромные количества навоза сельскохозяйственных животных и птичьего помета также создают экологическую проблему. Список можно продолжать и продолжать ... Данные ООН, проводившей в 2011 г. в 152 странах исследование, касающееся производства продовольствия и его потерь, показали, что теряется 47 % корнеплодов, 44 % фруктов и овощей, 28 % зерновых, 23 % масличных культур и бобовых, 12 % молочных продуктов.

Вместе с тем, продовольствия в мире катастрофически не хватает. Истощаются почвы. Существует дефицит энергоресурсов.

Биоконверсия агропромышленных отходов направлена на комплексное решение вышеперечисленных проблем. Ведь утилизация отходов может сопровождаться производством жидкого и газообразного биотоплива, получением биогумуса и препаратов, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур, пищевых продуктов.

Именно получению в процессе биоконверсии агропромышленных отходов высокобелковой, богатой биологически активными веществами (БАВ) пищи – грибов, посвящена глава 1 (авторы: кандидат технических наук, старший научный сотрудник В.Ю. Барштейн и кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Т.А. Круподерова, Киев).

Авторами был проведен скрупулезный анализ мирового опыта биоконверсии отходов высшими грибами. 66 видов высших грибов (около 100 штаммов) способных утилизировать 150 отдельных видов отходов или, в различных композициях, более 450 субстратов. Эти отходы разнятся. Одни характерны для всего мира, другие – соответствующего континента, третьи – отдельной страны. Несомненна зависимость морфологических параметров, урожайности и биохимического состава различных грибов от состава субстрата. Нетрадиционные субстраты, богатые БАВ, часто обеспечивают более богатый биохимический состав грибов или их мицелия.

Результаты исследований авторов доказывают целесообразность культивирования высших грибов на субстратах – отходах

производства растительных масел. Их использование способствует решению актуальных проблем: эффективной конверсии биоресурсов, поиска природных источников БАВ. О потенциале развития данного направления свидетельствует значительная биологическая активность и ценность продуктов биоконверсии – биомассы и культуральной жидкости грибов, совместное использование которых открывает перспективы создания новых пищевых продуктов и лекарственно-профилактических средств.

В качестве компонента субстратов на основе агропромышленных отходов (глава 1) используется и вермикомпост – продукт переработки органических отходов сельского хозяйства дождевыми червями.

Вермикомпостирование органических отходов рассмотрено в главе 2 (автор – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент С.Н. Гармаш, Днепрпетровск). Анализ мирового опыта подтверждает целесообразность использования вермикультуры для утилизации таких отходов.

Исследования автора показали, что в отработанном активном иле (осадках сточных вод), особенно при смешивании с отходом маслоэкстракционного производства – измельчённой подсолнечной лузгой, использование вермикомпостирования способствует значительному снижению содержания тяжёлых металлов. К сожалению, биомассу червей, в этом случае, нельзя использовать для получения на ее основе кормовой добавки в рацион сельскохозяйственных животных и рыб, пищевой добавки или ингредиента рецептуры пищевых продуктов, а также, создания фармацевтических препаратов.

Для такой цели можно получать вермикомпосты на основе пищевых отходов заводов по производству соков, комбинатов пищевых концентратов (отходы чая, кофе, кожура бананов и др.), так как к сырью пищевой промышленности предъявляются строгие требования токсикологической безопасности и отходы являются экологически безопасными.

Автор делает взвод, что из многотоннажных органических отходов, образующихся на предприятиях агропромышленного комплекса Украины, очистных сооружениях можно получить десятки тысяч тонн ценного органического удобрения (биогумуса) и жидких регуляторов роста растений (гуматов).

Использование растворов биогамата в качестве стимуляторов роста растений позволяет значительно повысить урожайность зерновых культур (ячменя и др.), а также, получить экологически безопасную продукцию.

Авторы главы 1 использовали в своих исследованиях отходы маслоэкстракционного производства. Процессы экстракции могут дополнять друг друга. Так, углекислотная экстракция направлена на извлечение жирорастворимых веществ. При этом остаются в отходе водорастворимые соединения, которые можно извлечь другими видами экстрагента.

В главе 3 авторы (кандидат сельскохозяйственных наук, доцент С.В. Поспелов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.Д. Поспелова, кандидат сельскохозяйственных наук С.В. Нагорная, Полтава) использовали именно процесс экстракции для утилизации отходов лекарственного растительного сырья. Эти растительные остатки и продукты переработки лекарственного сырья содержат БАВ, среди которых авторов особенно заинтересовало наличие лектинов. Учитывая широкий спектр физиологического действия лектинов на живой организм, в т. ч. и человека, были изучены возможности получения этих уникальных белковых соединений.

Отработанные технологические схемы могут быть использованы для дальнейшего промышленного внедрения разработок авторов главы 3. Исследования ростстимулирующей и фунгистатической способностей лектинсодержащих экстрактов позволили выявить закономерности, которые могут стать теоретической основой для разработки биопрепаратов растительного происхождения для органического земледелия.

Данная небольшая по объему коллективная монография украинских ученых содержит существенный анализ современного состояния проблемы, оригинальные результаты исследований, глубокие и убедительные выводы.

Коллектив Издательства СибАК и авторы выходящей в свет монографии питают надежду, что этот коллективный труд, посвященный решению ряда очень важных и актуальных вопросов, будет полезен широкому кругу биологов, специалистов сельского хозяйства, научных работников и практиков в их повседневной деятельности.

Барштейн Виктор Юрьевич

ГЛАВА 1

БИОКОНВЕРСИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ВЫСШИМИ ГРИБАМИ

Введение

Среди основных вопросов глобальной и региональной политики вновь и вновь внимание привлекают проблемы продовольственной безопасности и питания. По оценке специалистов, около 850 млн. человек во всем мире (около 830 млн. – в развивающихся странах) не получают достаточного питания. С учетом того, что к 2050 г. мировое население превысит по прогнозам 9 млрд. человек, для удовлетворения мировых потребностей в продовольствии общий объем мирового сельскохозяйственного производства должен возрасти, согласно оценкам ФАО, примерно на 60 % по сравнению с уровнем 2005–2007 годов [6]. В то же время, одна треть произведенного продовольствия теряется или переходит в отходы, в общей сложности – 1,3 млрд. тонн в год [32].

В программе ФАО по продовольственной безопасности, рассчитанной до 2015 г. [24], среди основных целей, было поощрение и развитие недревесных лесных продуктов, одной из групп которых являются грибы. Говорить о сохранении биоразнообразия в условиях, когда становится необходимым возделывание новых участков земли и, следовательно, увеличение нагрузки на существующие природные ресурсы, включая леса и пастбища, нецелесообразно. Таким образом, существует ряд взаимосвязанных проблем: глобального голода и недоедания, истощения природных ресурсов, катастрофических потерь продовольствия и значительного увеличения агропромышленных отходов (сельское хозяйство и пищевая промышленность). Среди целесообразных путей решения этих проблем – искусственное культивирование высших грибов на отходах агропромышленного комплекса, позволяющее получать высокобелковую пищу улучшая экологическую ситуацию.

Следует отметить, что традиционным субстратом для выращивания грибов являются древесные отходы [27; 55; 81; 105; 128], в частности, опилки, хвоя. Их использование для выращивания грибов имеет два основных недостатка. Ряд исследователей указывает на более низкие урожаи и питательную ценность грибов, выращенных на опилках по сравнению с результатами, полученными при использовании в качестве питательной среды агропромышленных

отходов [29; 38; 91; 136; 137]. Существуют также данные о токсичности и аллергенном действии ряда лесных деревьев [78]. Среди субстратов, альтернативных древесным отходам, используемых для культивирования мицелия и плодовых тел грибов, рассматриваются [128], прежде всего, жом сахарного тростника, солома зерновых культур, ржанные и пшеничные отруби, зерно пшеницы и ржи, навоз фермерских хозяйств и др. Рост количества сельскохозяйственных отходов в последние десятилетия прошедшего века и в начале нынешнего, привлекает внимание исследователей к этой разновидности потенциальных дешевых субстратов для выращивания грибов. Результаты исследований использования агропромышленных отходов для культивирования грибов, проведенных до 2000 г., обобщены в работе Рорре [117]. Более 150 видов отходов (которые могут быть повторно разделены еще на 100 отдельных видов), как было показано, подходят для получения плодовых тел 45 видов грибов. В обзоре [118], посвященном выращиванию *Pleurotus* spp., в качестве возможных субстратов для культивирования упоминается около 90 видов отходов (не только агропромышленных, но и лесного хозяйства и промышленности).

За последние полтора десятилетия были проведены сотни исследований, посвященных выращиванию грибов на сельскохозяйственных отходах, но их систематизация и анализ практически не проводились. Можно упомянуть обзор [76], в котором сообщается о 26 субстратах для выращивания *Pleurotus* spp. (только 8 – в публикациях после 2000 г.), 8 субстратах и 44 комбинациях этих субстратов, 3 добавках для выращивания *Pleurotus sajor-caju*. Отмечалось, что основными субстратами, которые могут быть использованы для культивирования *Pleurotus* spp. являются: опилки, пшеничная, рисовая и другие виды соломы, рисовая шелуха, отходы манго, джекфрута, кокоса, бумага, початки кукурузы, хлопковые отходы, листья и стебли банана, водный гиацинт и другие [51]. Следует также упомянуть мини-обзор [62], посвященный достижениям и текущему состоянию микоремедиационной технологии, основанной на выращивании грибов (*Lentinus connatus*, *L. edodes*, *L. tigrinus*, *P. eous*, *P. ostreatus*, *P. tuber-regium*, *Volvariella volvacea*) для рекультивации отходов.

Таким образом, анализ публикаций, выявление тенденций и перспектив биоконверсии сельскохозяйственных отходов высшими грибами, исследование процесса культивирования таких грибов на субстратах, основой которых являются отходы агропромышленного комплекса, являются актуальными и важными.

1.1. Макромицеты в биоконверсии отходов агроиндустрии и обеспечении пищевой безопасности

Прежде всего, если речь идет о решении комплексной задачи утилизации отходов и обеспечения населения планеты продовольствием, необходимо проанализировать способность съедобных грибов к биоконверсии отходов и продуцированию, при этом, максимального количества плодовых тел либо мицелия, содержащих значительное количество биологически активных веществ (БАВ). Важно также определить: урожайность (УР), биологическую эффективность (БЭ), морфологические параметры продукции, количественный и качественный состав БАВ, химический состав субстратов.

Наибольший интерес представляют грибы, производство которых в мире находится на лидирующих позициях.

Представители семейства *Agaricales* (Агариковые), среди которых и самый выращиваемый в мире гриб *Agaricus bisporus* (Шампиньон двуспоровый), проявляют способность к биоконверсии различных отходов (табл. 1).

Следует отметить, что некоторые отходы и продукты, не являющиеся агропромышленными отходами, упоминаются в таблицах и тексте, в случае, если они служат компонентом субстрата или контролем в исследованиях.

Таблица 1.

Биоконверсия агропромышленных отходов грибами семейства *Agaricales*

Вид гриба	Вид отхода	Максимальный эффект	Ссылка
<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Imbach	солома мasha; кормовые бобы; свекловичный жом	солома мasha (УР = 2,56 кг/10 кг), солома мasha + кормовые бобы = 3:1 (УР = 2,51 кг/10 кг)	[17]
	рисовая солома; рисовые отруби; куриный навоз	*	[105]
	кокосовое волокно; навоз; опилки; вермикомпост; песок	кокосовое волокно + вермикомпост + навоз+ опилки + песок (1:1:1:1:1)	[119]
<i>Agaricus bitorquis</i> (Quel.) Sacc.	рисовая солома; рисовые отруби; куриный навоз	*	[105]

<i>Agaricus flocculosipes</i> R.L. Zhao, Desjardin, J. Guinberteau & K.D. Hyde	пшеничная солома + лошадиный навоз	УР = 1,04 г/кг	[135]
<i>Agaricus subrufescens</i> Peck	пшеничная солома + лошадиный навоз	УР = 85,90 г/кг	[135]

* Констатация факта культивирования без сравнения результатов

Исследовались как морфологические параметры выращенных плодовых тел (диаметр, масса) *A. bisporus* и урожайность, составившая почти 1200 г [119], так и химический состав субстратов (влажность, количество углеводов, общего азота, золы, соотношение C/N) [17].

Неприхотливы с точки зрения потребляемого субстрата для культивирования представители *Pleurotaceae* (Плевротовые или Вёшенковые), чем объясняется широкое использование в подавляющем большинстве своем съедобных грибов этого семейства для биоконверсии агропромышленных отходов (табл. 2).

Таблица 2.

**Биоконверсия агропромышленных отходов грибами
семейства *Pleurotaceae***

Вид гриба	Вид отхода	Максимальный эффект	Ссылка
<i>Pleurotus citrinopileatus</i> Singer	рисовые или пшеничные отруби	*	[105]
	рисовая и капустная солома; оболочки гороховых стручков; листья цветной капусты и редиса отдельно и в разных сочетаниях	70 % рисовой соломы + 30 % капустной соломы или оболочек гороховых стручков (БЭ= 94,33 %)	[127]
	картофельный декстрозный агар (КДА) с водным экстрактом из отходов <i>Auricularia auricula</i>	КДА с 20 % водного экстракта из отходов <i>Auricularia auricula</i>	[140]

<i>Pleurotus cystidiosus</i> O.K. Mill.	опилки +отходы плодов какао (80 %:20 %, 75 %:25 %, 70 %:30 %)	75 % опилки+25 % отходы плодов какао (БЭ = 64,49 %)	[82]
	рисовые или пшеничные отруби	*	[105]
<i>Pleurotus djamor</i> (Rumph. ex Fr.) Boedijn	хлопковые отходы; рисовая солома; пшеничная солома	хлопковые отходы (УР= 40 г)	[21]
<i>Pleurotus eous</i> (Berk.) Sacc.	соевая солома	УР = 383.81 г	[44]
	кофейная пульпа	деградация целлюлозы (61 %) и гемицеллюлозы (53,7 %)	[95]
	рисовая солома; стебли сорго; банановые стебли	рисовая солома (БЭ = 55,49 %)	[121]
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quel.	солома: пшеничная (ПС); хлопковая (ХС); чечевичная (ЧС); рисовые отруби (РО)	ПС + ХС (1:1) + 20 % РО (УР = 23,2 г/100 г)	[56]
	15 % хлопковых семян + 45 % дробленой кукурузы + 20 % опилок +17 % отрубей + 1 % гашеной известки + 1 % гипса + 1 % сахара	увеличение УР на 20 %	[97]
	рисовые или пшеничные отруби	*	[105]
	пшеничная солома (ПС); двухфазный отход мельницы для перемалыва- ния оливок (ДОПО); компост из ДОПО	ПС + 40 % компоста из ДОПО (УР = 363,69 г)	[144]
<i>Pleurotus flabellatus</i> Sacc.	жом сахарного тростника + вареные рыбные отходы (ВРО)= 1:1; кокосовая сердцевина+ ВРО; щепа+ ВРО	жом сахарного тростника+ ВРО	[66]

	кофейная пульпа	деградация целлюлозы (54,4 %) и гемицеллюлозы (46,8 %)	[95]
<i>Pleurotus floridanus</i> Singer	солома: соевая; рисовая; пшеничная и их комбинации в соотношении 1:1	соевая солома (УР = 875,66 г/кг, БЭ = 87,56 %)	[12]
	использованный субстрат для выращивания грибов (ИС); опилки; пшеничные отруби в разных сочетаниях	ИС (20 %) + опилки (20 %) + пшеничные отруби (60 %) БЭ= 92,7 %	[22]
	кукурузная шелуха; птичий навоз (как добавка)	кукурузная шелуха (БЭ = 0,36 %, вес гриба = 45 г)	[31]
	соевая солома	УР = 283,21 г	[44]
	солома: пшеничная; ячменная; стебли кукурузы и остатки травы с добавлением пшеничных и рисовых отрубей; соевого порошка	пшеничная солома + рисовые отруби (УР = 1039 г / 500 г сухого веса субстрата; БЭ= 207,8 %)	[47]
	рисовая солома; тростник; банановые стебли; жом и листья сахарного тростника; кокосовая сердцевина; шелуха сорго; стебли подсолнечника	шелуха сорго (БЭ=80,35 %), рисовая солома (БЭ = 70,23 %)	[53]
	листья сахарного тростника; жом сахарного тростника; кокос; рисовая солома; хлопковые отходы; банановые листья	банановые листья (белок, липиды), хлопковые отходы (липиды)	[54]
	банановые листья; рисовая солома; банановые листья и рисовая солома в соотношениях 1:3; 1:1; 3:1	рисовая солома; банановые листья и рисовая солома в соотношении 1:3	[80]

	экзокарпий (ЭКК) и эндокарпий кофе (ЭНК); семенная кожура кофе (СКК); отходы кофейного производства (ОКП); кофейные листья (высушенные) с или без добавления пшеничных отрубей	ЭКК + ЭНК + СКК + ОКП + кофейные листья + пшеничные отруби (20 %:20 %:20 %:1 %:10 %)	[83]
	хлопковые отходы или рисовая солома с добавлением пшеничных отрубей	хлопковые отходы + пшеничные отруби (УР = 74,35 г)	[86]
	слоновая трава; оболочки семян хлопчатника; жом сахарного тростника (ЖСТ); початки кукурузы; фаселевая солома; смеси (1:1): ЖСТ с початками кукурузы и фаселевой соломой	оболочки семян хлопчатника (УР = 118 кг)	[87]
	солома: сорго; рисовая; жом сахарного тростника; банановые листья	рисовая солома (УР)	[122]
<i>Pleurotus nebrodensis</i> (Inzenga) Quél.	62 % хлопковых семян Халл + 25 % дробленой кукурузы + 10 % отрубей + 1 % гашеной извести + 1 % дигидрофосфата кальция + 1 % гипса	увеличение УР на 25 %	[98]
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	шрот из зародышей пшеницы; шрот рапса; амарантовая мука –отход СО ₂ -экстракции	шрот из зародышей пшеницы (биомасса = 24,1 г/л, БЭ= 44,6 %); амарантовая мука (биомасса = 22,5 г/л, БЭ = 42,0 %)	[5]
	хлопковые отходы; рисовая солома; пшеничная солома	хлопковые отходы (УР = 49 г)	[21]

использованный субстрат для выращивания грибов (ИСВГ); опилки и пшеничные отруби в разных соотношениях	ИСВГ + опилки + пшеничные отруби (20:60:20); ИСВГ + опилки (40:60)	[22]
различные отходы (листья, псевдостебли и псевдостебли + листья) бананов <i>Musa spp.</i>	псевдостебли банана сорта Thap Maeo (БЭ= 61,5 %)	[26]
рисовая солома; жом сахарного тростника (ЖСТ); банановые листья	рисовая солома (урожай = 611 г); ЖСТ (УР = 348 г)	[38]
жом <i>Agave salmiana</i> и <i>Agave weberi</i>	жом <i>Agave salmiana</i>	[43]
хлопковые отходы (ХО), рисовая солома с добавлением рисовых отрубей в разных соотношениях	ХО (БЭ = 93,6 %), ХО + 5 % рисовых отрубей (БЭ = 93 %)	[49]
рисовая и пшеничная солома (отдельно и в соотношении 1:1); листья бамбука и трава	пшеничная солома; рисовая и пшеничная солома (1:1)	[63]
водные отходы мельницы для перемалывания оливок (ВОПО) смешанные с отходами переработки чеснока и кукурузы	ВОПО (15 %) + отходы переработки кукурузы	[69]
экстракт пищевых отходов с концентрацией 10, 20, 30, 40, 50 %	экстракт пищевых отходов с концентрацией 30 %	[71]

	рисовая солома с банановыми листьями или <i>Leucaena leucosephala</i> или кукурузные отруби или початки; рисовая солома с оболочками семян подсолнечника или хлопчатника	рисовая солома + 2 % оболочек семян подсолнечника; рисовая солома + 2 % оболочек семян хлопчатника	[75]
	твердые отходы мельниц для перемалывания оливок (ТОПО) + пшеничная солома + CaCO_3	ТОПО+ пшеничная солома (10 %)+ CaCO_3 (2 %)	[77]
	оболочки кофейных зерен (ОКЗ) с добавкой коровьего навоза, птичьего помета и костной муки	ОКЗ + коровий навоз (75:25) – УР= 192,3 г, БЭ = 21,37 %	[79]
	отходы листьев агавы после различных видов обработки + <i>Panicum coloratum</i>	отходы листьев агавы + <i>Panicum coloratum</i> (1:1) – УР =164,2 г/кг	[84]
	початки кукурузы; хлопковые отходы; банановые листья; слоновая трава	початки кукурузы (рост мицелия = 67 см)	[89]
	субстрат на основе опилок сосны (ферментированных) с добавкой из пшеничных отрубей (в разных соотношениях)	субстрат на основе опилок сосны + 15% пшеничных отрубей (БЭ = 136,8 %)	[92]
	100–20 % конопляные отходы + 0 – 80 % солома зерновых	*	[101]

	50 % отходов виноделия (ОВ) и 50 % отходов переработки яблок (ОПЯ); ОВ + пшеничные отруби (9:1); ОВ + рисовые отруби (9:1); ОПЯ + пшеничные отруби (9:1); ОПЯ + рисовые отруби (9:1)	50% отходов виноделия и 50% отходов переработки яблок (деградация целлюлозы 0,9 г%)	[107]
	отходы переработки яблок (ОПЯ) + 1,5 % ячменя; ОПЯ + 2 % пшеничных отрубей; отходы переработки груш (ОПГ) +1,5 % ячменных отрубей; ОПГ +2,5 % ячменных отрубей; ОПЯ +3 % пшеничных отрубей	ОПЯ + 1,5 % ячменя (деградация целлюлозы 0,9 г% сухого веса)	[109]
	початки кукурузы; пальмовые шишки	початки кукурузы (УР = 146,1 г)	[124]
	рисовая солома; рисовая солома + пшеничная солома; жом сахарного тростника	рисовая солома; рисовая солома + пшеничная солома	[126]
	субстрат, состоящий из картофельно-декстрозного агара (КДА) с водным экстрактом из отходов <i>Auricularia auricula</i>	КДА + 60 % водного экстракта из отходов <i>Auricularia auricula</i>	[140]
	чайные листья после экстракции горячей водой (ЧЛ) + оболочки зерен хлопчатника	ЧЛ (40 %-60 %) + оболочки зерен хлопчатника	[141]
	оболочки семян хлопчатника; пшеничные отруби; рисовая солома; пшеничная солома в разных соотношениях	оболочки семян хлопчатника 80 %+ пшеничные отруби 20 %	[143]

	пшеничная солома; двухфазные водные отходы мельницы для перемалывания оливок (ВОПО); компост из ВОПО	пшеничная солома + 20 % компоста из ВОПО (УР = 410,09 г)	[144]
<i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.	различные смеси хлопковых отходов и кожуры маниоки	хлопковые отходы (УР = 79,4 г)	[8]
	хлопковые отходы; рисовая солома; початки кукурузы; обертки початков кукурузы с добавлением рисовых отрубей к каждому субстрату	хлопковые отходы + рисовые отруби (сухого вещества = 32,4 г; шляпка гриба = 19,2 см)	[10]
	кокосовое волокно; отходы производства пальмового масла; рисовая солома	рисовая солома (УР)	[50]
	початки кукурузы отдельно и с рисовыми отрубями	початки кукурузы (вес сырых плодовых тел = 53 г)	[129]
	пшеничная солома; двухфазные водные отходы мельницы для перемалывания оливок (ВОПО); компост из ВОПО	пшеничная солома + 20 % компост из ВОПО (урожай= 382,16 г)	[144]
<i>Pleurotus sajor-caju</i> (Fr.) Singer	хлопковые отходы; рисовая солома; пшеничная солома	рисовая солома (УР= 40 г)	[21]
	соевая, пшеничная и рисовая солома; стебли кукурузы и подсолнечника; жом сахарного тростника; фруктовые отходы, использованные чайные листья; цветы хлопкового дерева; листья бамбука их комбинации (1: 1)	соевая солома (УР= 933,4 г/кг)	[29]

	опилки <i>Pycnanthus angolensis</i> в смеси с 0, 5, 10, 15 и 20 % пальмоядерного шрота; масло из пальмовых волокон; рисовые отруби; пшеничная солома	опилки + 15 % пшеничная солома (УР= 31,22 г; БЭ= 37,4 %); опилки (протеин= 26,33 %)	[33]
	соевая солома	УР = 303 г	[44]
	стебли хлопчатника; ботва арахиса; соевая и пшеничная солома; стебли и листья голубиноного гороха; жмых арахиса; рисовые отруби, порошок грамм, порошок нута	стебли хлопчатника + стебли и листья голубиноного гороха + пшеничная солома + жмых арахиса (УР= 914,03 г/кг)	[76]
	водяной гиацинт (<i>Eichhornia crassipes</i>) в соотношении 25, 50 и 75 % с рисовой соломой	рисовая солома+ 25 % водяного гиацинта (БЭ= 85 %)	[85]
	рисовая и рапсовая солома, рисовая солома + рапсовая солома (75:25, 50:50 и 25:75)	рисовая солома + рапсовая солома (25:75) – УР = 960 г/кг сухого вещества)	[88]
	солома: пшеничная, рисовая, соевая и земляных орехов; стебли подсолнечника и голубиноного гороха	соевая солома	[103]
	рисовые или пшеничные отруби	*	[105]
	кукурузные стебли, гороховые отходы (усики) и банановые листья с и без добавки рисовых отрубей и куриного помета	кукурузные стебли с рисовыми отрубями	[116]
<i>Pleurotus sapidus</i> Sacc.	отходы листьев агавы после различных видов обработки + <i>Panicum coloratum</i>	отходы листьев агавы + <i>Panicum coloratum</i> (1:1) – УР=156,4 г/кг	[84]

<i>Pleurotus tuber-regium</i> (Fr.) Singer	кукурузные початки; обертки початков кукурузы; отходы птицеводства (как добавка)	кукурузные початки (БЭ= 0.67 %, вес грибов = 118.9 г)	[31]
	ферментированные опилки (ФО); отходы кукурузы и проса; волокна плодов масличной пальмы и их смеси (1:1)	ФО; кукурузные отходы и ФО; отходы проса и ФО	[90]
	початки кукурузы; пилинги маниоки; пилинги подорожника; арбузные стручки	початки кукурузы (УР = 28 г); пилинги маниоки (УР = 28 г)	[130]

* Констатация факта культивирования без сравнения результатов

Изучались оптимальные условия для роста *P. ostreatus*, урожайность, БЭ, размеры плодовых тел [22; 31; 38; 63; 79; 89; 92; 102; 113; 124; 134; 143]. Вызывает интерес исследование [81] зависимости роста, урожайности, морфологии *P. eryngii* от их штаммов, таких как Ре-1 (Бангладеш), Ре-2 (Китай) и Ре-3 (Япония) при культивировании на опилках и рисовой соломе. Установлено влияние субстратов на морфологические параметры, выход биомассы и урожайность *P. florida* [80]. Лучшие результаты получены на рисовой соломе. Ряд работ посвящен исследованию морфологических параметров, урожайности и БЭ *P. pulmonarius* [8; 10; 50] и *P. sajor-caju* [29; 76; 116] при культивировании на разных субстратах. Изучено влияние субстрата на продуцирование биомассы и параметры плодовых тел *P. tuber-regium* [130].

Пищевая ценность *P. ostreatus* была предметом исследования ряда авторов [11; 19; 23; 49; 63], а также уровень pH и химическая композиция субстратов [11; 19; 20; 23; 26; 126]. Стерилизация субстратов [143] обеспечила значительный урожай *P. ostreatus* и БЭ, однако несколько ухудшила морфологические параметры плодовых тел. Был достаточно изучен химический состав *P. sajor-caju*, утилизовавшего ряд субстратов [21; 33; 103]. Установлен качественный состав грибов рода *Pleurotus* spp.: *P. citrinopileatus* [127], *P. florida* [12; 54], *P. tuber-regium* [90].

В тройке лидеров по выращиванию грибов в мире и популярный съедобный гриб *Lentinula edodes*. Ряд авторов определяли способность

этого гриба и его ближайших «родственников» утилизировать отходы агропромышленного комплекса (табл. 3).

Таблица 3.

Биоконверсия агропромышленных отходов грибами рода *Lentinula*

Вид гриба	Вид отхода	Максимальный эффект	Ссылка
<i>Lentinus connatus</i> Berk.	рисовая солома; стебли сорго; псевдостебель банана	рисовая солома	[121]
<i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Singer	ячменная и пшеничная солома; обрезки виноградной лозы	*	[36]
	опилки; рисовая солома; кукурузные початки и жом; 20 % пшеничные отруби + 1 % соевая мука + 2 % гипс	опилки + 20 % пшеничные отруби + 1 % соевая мука + 2 % гипс	[41]
	дубовые опилки; рисовые отруби; мякоть свеклы, коробочки семян хлопчатника+ компост из пищевых отходов (КПО) в разных соотношениях	дубовые опилки, коробочки семян хлопчатника, мякоть свеклы, рисовые отруби + 13 % КПО	[48]
	отходы производства Сикхе; целлюлоза; цукроза; мальтоза; D-фруктоза; D-глюкоза; D-галактоза; D-манноза; крахмал; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, KCl, NaCl, $CaCl_2$, $CuSO_4$, и $FeSO_4$	отходы производства Сикхе +1 % цукрозы + 0,05 % $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	[52]
	опилки (71–78 %)+мел (0,1–3,0)+ гипс (0,1–3,0) + зерноотходы рапса (остальное)	*	[96]
	50–80 % пшеничная солома + 20–50 % отход производства оливкового масла (ОПОМ) + 2–10 % гипс; 50–70 % пшеничная солома + 30–50 % ОПОМ + 5–10 % гипс; 50–60 % пшеничная солома + 30–40 % ОПОМ + 5–10 % гипс; 57 % пшеничная солома + 37 % ОПОМ + 6 % гипс	ростовая активность культуры и накопление биомассы	[100]

	рисовые или пшеничные отруби	*	[105]
	50 % отходов виноделия (ОВ) и 50 % отходов переработки яблок (ОПЯ); ОВ + пшеничные отруби (9:1); ОВ + рисовые отруби (9:1); ОПЯ + пшеничные отруби (9:1); ОПЯ + рисовые отруби (9:1)	ОПЯ + пшеничные отруби (9:1) (деградация целлюлозы 0,7 г % сухого веса)	[107]
	отходы переработки яблок (ОПЯ)+ 1,5 % ячменя; ОПЯ +2 % пшеничных отрубей; отходы переработки груш (ОПГ)+1,5 % ячменных отрубей; ОПГ +2,5 % ячменных отрубей; ОПЯ +3 % пшеничных отрубей	ОПГ +2,5 % ячменных отрубей (деградация целлюлозы 0,7 г %)	[109]
	дубовые опилки + пшеничная солома или початки кукурузы	дубовые опилки + початки кукурузы	[114]
<i>Lentinus giganteus</i> Berk.	опилки; рисовые отруби; пшеничные отруби	*	[105]
<i>Lentinus tigrinus</i> (Bull.) Fr.	пшеничная солома (77 %) + пшеничная мука (20 %) + CaCO ₃ (3 %)	БЭ =62 %	[68]

* Констатация факта культивирования без сравнения результатов

Были изучены рост мицелия и урожайность плодовых тел *L. edodes* и содержание в них протеина [114]. Увеличение доли агроотходов влияло положительно на рост мицелия и урожайность плодовых тел, однако увеличение доли дубовых опилок улучшало качественные показатели плодовых тел и увеличивало содержание в них протеина. Для этого же гриба были изучены инкубационный период, срок начала появления плодовых тел, урожайность и БЭ [41], изменение качественного состава субстратов в процессе культивирования [36]. Результаты, полученные при использовании измельченного жома, оказались значительно хуже, чем на других субстратах. Деградация лигноцеллюлозных агроотходов была изучена в процессе твердофазной ферментации *L. conatus* [121].

Как отмечалась выше, важно не только утилизировать отходы, но и одновременно получить высокопротеиновые и богатые

биологически активными веществами (БАВ) пищевые ресурсы – плодовые тела и мицелий высших грибов.

Поэтому, не остались без внимания съедобные грибы из родов *Agrocybe*, *Auricularia*, *Flammulina*, *Hypsizygus*, *Morchella*, *Lyophyllum*, *Oudemansiella*, *Pholiota*, *Volvariella*. С биотехнологической точки зрения, интерес исследователей был сосредоточен, прежде всего, на БЭ и урожайности.

Показатель БЭ при культивировании *Agrocybe aegerita* (V. Brig.) Singer на смеси пшеничной соломы и жмыха черного чая (17 % и 45 %) составил 36 % (в обоих случаях) [57]. Урожайность *Agrocybe cylindracea* (DC.) Maire на смеси пшеничной соломы и 20 % компоста из двухфазных водных отходов мельницы для перемалывания оливок установлена на уровне 377,91 г [144]. Культивирование *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Quél. на твердых отходах мельницы для перемалывания оливок способствовало увеличению секреции пероксидазы и резкому снижению в отходах содержания фенольных соединений [122]. Использование банановых листьев в качестве субстрата позволило обеспечить рост мицелия *Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Henn. 6 мм/день [25]. Высокая БЭ – 288,9 % установлена для *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc. на опилках в смеси с листьями масличной пальмы (90:10) и добавлением 15 % зерновой дробины [7]. На смеси рисовой соломы и лишенных плодов гроздей пальмы отмечалась БЭ – 185,09 % при культивировании *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer [39]. Лучший результат культивирования *Hypsizygus marmoreus* (Peck) H.E. Bigelow показал субстрат: початки кукурузы (60 %) + отруби (30 %) + жом после прессования оливок (10 %) [13]. Приемлемая БЭ=59,34 % и БЭ=56,21 % была обеспечена при культивировании *Lyophyllum decastes* (Fr.) Singer субстратами, состоящими из ферментированного компоста (1 год) на основе жизнедеятельности сельскохозяйственных животных с добавлением смеси пшеничных, рисовых и ячменных отрубей и ячменных отрубей соответственно [115]. Пшеница (БЭ= 16,0 %), нут (БЭ= 15,8 %) и смесь 50 % рисовых отрубей с 50 % пшеницы (БЭ= 12,43 %) оказались лучшими субстратами для культивирования гриба *Volvariella diplasia* (Berk. & Broome) Singer [136]. Ряд исследований [9; 14; 31; 91; 105; 136; 137; 138] посвящен использованию гриба *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer для биоконверсии агроотходов. Культивировались как плодовые тела, так и мицелий. БЭ= 0,09 % и вес гриба 16 г были получены на кукурузных отходах, урожай 16 г и высота ножки гриба 4 см – на волокнах масличной пальмы, диаметр шляпки 4 см – на рисовой шелухе, содержание протеина 20 % –

на хлопковых отходах, урожай 24,67 г, наивысшее содержание карбогидратов, протеина, жиров, золы и волокон – на кукурузных отходах, рост мицелия 101,87 мм и 100,67 мм – на смеси хлопковых отходов и рисовой шелухи и на смеси перикарпия масличной пальмы и оболочек земляных орехов соответственно.

Несколько меньше объем мирового производства ряда других съедобных грибов.

Изучено влияние субстратов на накопление биомассы *Morchella esculenta* (L.) Pers. и синтез экзополисахаридов [131; 132]. Солодовый экстракт обеспечивал рост биомассы 18,9 г/л и содержание экзополисахаридов 5,3 г/л, детоксифицированный экстракт семян мушмулы – 16,7 г/л и 5,2 г/л, соответственно. Немного меньшие результаты (биомасса – 16,3 г/л, экзополисахариды – 4,8 г/л) получены на субстрате: глюкоза (40 г/л) + экстракт дрожжей (3 г/л) + пептон из куринных перьев (10 г/л). Сложная композиция из дубовых опилок, рисовых отрубей, мякоти свеклы, коробочек хлопчатника и 13 % компоста из пищевых отходов биотрансформировалась за счет ферментной системы гриба *Pholiota adiposa* (Batsch) P. Kumm [48]. *Pholiota nameko* (T. Itô) S. Ito & S. Imai успешно выращивали на щепе эвкалипта в смеси с 30 % пшеничных отрубей [37]. Одинаковый рост мицелия 5,98 мм/день был получен для гриба *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn. на трех субстратах: кокос, оболочки зерен какао, а также смеси оболочек зерен какао и банановых листьев [25]. Лучшим из исследованных субстратов [73] для выращивания *Oudemansiella tanzanica* (nomen provisiorum) были опилки в смеси с 5 % куриного помета.

Урожай *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers. составил 11,06 г при использовании субстрата, состоящего из отхода культивирования *P. sajor-caju* и 100 г зерен кукурузы [30]. Субстрат из опилок обеспечил наивысший урожай *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. (184 г/кг), в то время, как пшеничная солома в качестве субстрата способствовала накоплению протеина, а смесь: опилки + пшеничная солома + 20 % пшеничных отрубей + 1 % CaCO₃ + 1 % сахара – накоплению жиров [40].

Нельзя не отметить, что большое значение имеет использование в качестве биодеструкторов агропромышленных отходов дереворазрушающих грибов из родов *Antrodia*, *Calocybe*, *Ganoderma*, *Phellinus*, *Schizophyllum*, *Trametes*, не являющихся съедобными, однако проявляющих терапевтическую активность, т. е., лекарственных.

Среди экстрактов из кожуры цитрусовых (помело, лимона, апельсина и грейпфрута) лучший результат достигнут при исполь-

зовании экстракта из кожуры лимона для культивирования гриба *Antrodia cinnamomea* T.T. Chang & W.N. Chou [142]. Лекарственный и съедобный, при определенных условиях, *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra утилизировал несколько видов агропромышленных отходов: урожай в 459,3 г/пакет был получен при использовании смеси кукурузной муки (30 %) с рисовой соломой [18], смесь хлопковых отходов с рисовой соломой в соотношении 1:3 и рисовая солома отдельно показали лучший результат в качестве субстрата в других исследованиях [53; 67; 93; 94; 139], хорошим субстратом оказался и жом сахарного тростника [120]. Молочная сыворотка обеспечивала рост биомассы и синтез метаболитов *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. и *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst [2]. Установлена способность *G. lucidum* к биоконверсии и других отходов: смеси опилок с чайными отходами (соотношение 80:20 и 75:25) [104], смеси кокосовой сердцевины с рыбными отходами (1:1) [65], смеси опилок и рисовых отрубей с 10 % компоста из пищевых продуктов [48], смеси гидролизованной ржаной соломы (55 %), дубовых опилок (25 %), отрубей ржаных (10 %), кукурузной муки (8 %), мела (1 %) и гипса (1 %) [99]. Этот гриб способствовал деградации целлюлозы (64,3 %) и гемицеллюлозы (51,2 %) при утилизации кофейной гущи [95]. Несмотря на известную тенденцию *Ganoderma tsugae* Murrill к росту на хвойных, особенно, на Тсуге, гриб усваивал рисовые и пшеничные отруби [105]. Мицелий *Phellinus linteus* (Berk. & M.A. Curtis) Teng способствовал биоконверсии подсырной сыворотки [70]. Способность утилизировать шелуху подсолнечника с 7,5 % пшеничных отрубей (БЭ=48,3 %) [35], смесь кокосовых отходов с оболочками какао (1:1) была установлена для *Schizophyllum commune* Fr. Биоконверсию рисовых и пшеничных отрубей [105], а также отхода CO₂-экстракции – амарантовой муки [61] возможно осуществлять при культивировании *Trametes versicolor* (L.) Lloyd.

Следует отметить, что проблема влияния субстрата на наличие биологической (терапевтической) эффективности гриба недостаточно исследована. Антибактериальная активность *L. edodes* против *Bacillus subtilis* в бесклеточных экстрактах была изучена после культивирования на 14 средах. Самый высокий уровень угнетения роста *B. subtilis* был показан бесклеточными экстрактами субстратов с добавлением рисовых отрубей, вермикулита или патоки [42]. Антимикробная активность этанольных экстрактов *P. florida* и *C. indica* изучалась после их культивирования на рисовой соломе, жоме сахарного тростника, соломе сорго и банановых листьях. Антимикробная активность была на уровне современных антибио-

тиков [120]. Антивирусная активность против птичьего гриппа типа A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1) и человеческого A/Aichi/2/68 (H3N2) была исследована [133] для водных экстрактов 11 видов Базидиомицетов, собранных в Алтайских горах (Россия). Мицелий, полученный при культивировании на отходе CO₂-экстракции из амарантовой муки, грибов *Auriporia aurea* (Peck) Ryvarden, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. и, особенно, *Trametes versicolor* обладал высокой антивирусной активностью [61]. Эффективность получения лекарственного вещества schizophyllan (выход составил 7,71 г/1000 мл) доказана при культивировании *Sch. commune* на кокосовой воде [123].

Несколько грибов проявили способность к биоконверсии отходов, но не являлись (по доступным нам данным) ни съедобными, ни лекарственными.

Высшие грибы, особенно базидиальные ксилотрофы, благодаря наличию богатого ферментативного комплекса, способны к активному разложению сложных компонентов субстратов до более простых веществ. Поэтому, внеклеточные ферменты грибов можно эффективно использовать как биологический инструмент трансформации отходов.

Субстрат на основе сухого отхода мельницы для перемалывания оливок, использованный для выращивания *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst. и *Coprinellus radians* (Desm.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson, увеличивал секрецию пероксидазы и уменьшал содержание фенольных соединений в субстрате [122]. Хороший модельный организм – гриб *Phanerochaete chrysosporium* Burds. способствовал деградации целлюлозы (62,1 %) и гемицеллюлозы (48,7 %) при утилизации кофейной гущи [95], проявил высокое продуцирование энзимов на травяной муке (среди ряда субстратов) [125].

Отдельно необходимо коснуться такой важной проблемы, к которой исследователи проявляют очень мало интереса, как наличие в культивированных грибах токсичных веществ: тяжелых металлов, пестицидов, гербицидов, которые могут накапливаться грибами из субстрата. Определяли, в основном, наличие тяжелых металлов: Pb (менее допустимой недельной дозы для взрослых) [19], Cd и Pb (концентрации были менее детектируемых примененным методом) [15; 16], Cd и Pb (концентрация Cd была менее детектируемой примененным методом, Pb – менее допустимой недельной дозы для взрослых) [74]. В то же время, изучение дикорастущих грибов: *Cantharellus cibarius*, *Craterellus cornucopioides*, *Suillus luteus*, *S. bovinus*, *S. variegatus*, *Xerocomus badius*, *X. chrysenteron*, *Boletus edulis*, *Leccinum versipelle*, *L. griseum*, *L. scabrum*, *Laccaria amethystina*, *Lepista saeva*, *Tricholoma avovirens*, *Armillariella mellea*, *Agaricus*

campestris, *Macrolepiota procera* и *Lactarius deliciosus*) [34] и *Agaricus bisporus*, *Clitocybe alexandri*, *Clitocybe flaccida*, *Lactarius sanguifluus*, *L. semisanguifluus*, *Lepista inversa*, *Volvariella speciosa* [45] показало значительное содержание тяжелых металлов, хотя такое сравнение грибов, культивируемых в искусственных условиях, и дикорастущих может выглядеть не совсем корректным.

Таким образом, выше была рассмотрена способность грибов съедобных, значительная часть которых является и лекарственными, лекарственных, не являющихся съедобными, и биодеструкторов отходов, не являющихся ни съедобными, ни лекарственными, к утилизации агропромышленных отходов.

1.2. Утилизация отходов пищевой промышленности

Отдельно необходимо остановиться на проблеме утилизации отходов пищевой промышленности, количество которых постоянно увеличивается. Потери пищевых продуктов (на этапе производства и готовых – из-за порчи) составляли в 2009 г. (по регионам): Северная Америка и Океания – 9 % (от общей потери на всех этапах сельскохозяйственного и пищевого производства – 42 %), промышленно развитые страны Азии – 2 % (25 %) Европа – 5 % (22 %), Северная Африка, Западная и Центральная Азия – 4 % (19 %), Латинская Америка – 6% (15 %), Южная и Юго-Восточная Азия 4% (17%), африканские страны к югу от Сахары – 7 % (23 %) [72]. Эти красноречивые цифры объясняют значительный интерес ученых к проблеме биоконверсии отходов пищевой промышленности. Сразу необходимо оговорить терминологические вопросы. Грань между отходами пищевой промышленности и сельского хозяйства очень тонка, поэтому авторы упоминают в этом разделе те отходы, которые они отнесли к пищевой промышленности.

1.2.1. Основные виды отходов пищевой промышленности, утилизируемые высшими грибами

Сырье для производства сахара – сахарный тростник является крупнейшей в мире сельскохозяйственной культурой по объему производства – более чем 1,8 млрд. тонн. На каждые 10 т сахарного тростника, после извлечения сока, сахарный завод производит почти 3 т мокрого жома. Высокое содержание влаги жома, как правило, от 40 до 50 %, не позволяет использовать его в качестве топлива. Благодаря своему стандартному (вымытый и высушенный) химическому составу (целлюлозы – 45–55 %; гемицеллюлозы – 20–25 %; лигнина – 18–24 %; золы – 1–4 %; восков <1 %) жом представляет интерес как субстрат

для выращивания грибов. Жом сахарного тростника и шесть других отходов (опилки, кокосовое волокно, листья сахарного тростника, хлопковые отходы, листья банана и рисовая солома) были использованы в качестве субстратов для культивирования *P. florida*, для исследования питательного состава гриба. Содержание белка в *P. florida*, выращенном на сахарном тростнике было одним из самых низких [54]. Жом сахарного тростника и ряд других субстратов использовались при выращивании этого вида гриба в других экспериментах [87; 53]. Шелуха семян хлопчатника способствовала наивысшей урожайности – 118 кг, отличному росту мицелия, были получены наибольшие диаметры ножки гриба и шляпки. Урожай на жоме сахарного тростника в смеси с соломой бобов (1:1) был вторым, жоме – третьим [87]. Третий и второй результат из 9 тестируемых субстратов установлен для *P. florida* (БЭ = 66.66 %) и *C. indica* (БЭ = 71.20 %), соответственно, при использовании жома сахарного тростника [53]. Наихудшая урожайность, при культивировании на различных субстратах, *C. indica* была выявлена на жоме сахарного тростника. БЭ была соответственно низкой [139]. Комбинация 50 % жома сахарного тростника и 50 % пшеницы показала худший результат при культивировании *V. diplasia* и третий (из семи субстратов) для *V. volvacea*. Лучшие показатели для обоих грибов получены при использовании субстрата из 50 % рисовых отрубей с 50 % пшеницы [136]. Жом сахарного тростника был менее приемлемым субстратом (7-й результат из 13) для выращивания *P. sajor-caju* (БЭ = 64,1 %) [29].

В целом, жом сахарного тростника (из-за трудноусваиваемых компонентов и низкого содержания белка) показал посредственные результаты в качестве субстрата или его компонента.

Жом сахарного тростника стал частью комбинированного субстрата (с отходами переработки морепродуктов) в двух исследованиях [65; 66]. Отходы переработки морепродуктов были смешаны с разными добавками в соотношении 1:1 [65]. Высокий урожай и БЭ дереворазрушающего вида *G. lucidum* получены при использовании смеси волокна кокосовой сердцевины и отходов переработки морепродуктов. Это исследование было продолжено для искусственного выращивания съедобного вида *P. flabellatus* в лабораторных условиях [66]. Выбранные агропромышленные отходы, в том числе и жом сахарного тростника, смешивали с отваренными рыбными отходами в соотношении 1:1. Самый высокий урожай *P. flabellatus* и БЭ установлены для смеси жома сахарного тростника и отваренных рыбных отходов.

Одним из основных и перспективным отходов молочной промышленности является сыворотка (молочная и подсырная). Молочная сыворотка была изучена в качестве субстрата (глубинное культивирование), утилизировать который способны *G. applanatum* и *G. lucidum*. Были исследованы: морфологическая характеристика мицелия, выход биомассы и экзополисахаридов. Питательная среда с молочной сывороткой оказалась оптимальной для роста биомассы и синтеза полисахаридов [2]. Максимальное количество мицелия *G. applanatum* 1572 ($17,2 \pm 0,1$ г/л) получено на 11-ые сутки, *G. lucidum* 1621 ($29,6 \pm 0,4$ г/л) – на 5-ые сутки. На 11-ые сутки культивирования наибольшее количество экзополисахаридов *G. applanatum* 1572 составило $9,1 \pm 0,1$ г/л, а *G. lucidum* 1621 – $10,0 \pm 0,1$ г/л. Исследования показали хороший потенциал сыворотки (отхода сырного производства) в качестве альтернативной питательной среды для культивирования лекарственного гриба *Phellinus linteus*: максимальная скорость роста мицелия составила 2,80 мм/день [70].

Мировое производство кофе быстро растет и, соответственно, количество отходов. Отходы кофейной промышленности: кожура кофейных зерен, пергаментная оболочка, серебристая пленка, кофейная пульпа, сухие листья с и без добавок сельскохозяйственных отходов, таких как отруби пшеницы, были использованы для выращивания *P. florida*. Урожайность грибов была низкой при использовании этих субстратов в отдельности. Лучший выход (220 г) установлен для смеси: пергаментная оболочка (20 %) + кожура кофейных зерен (20 %) + серебристая пленка (20 %) + кофейная пульпа (20 %) + сухие листья (10 %) + пшеничные отруби (10 %) [83]. Для исследования возможности утилизации с помощью *P. ostreatus* разных комбинаций отходов, включающих кофейные, использовали компостирование кожуры кофейных зерен с коровьим навозом, птичьим пометом и костной мукой в соотношении 3:1. Наибольший урожай (192,3 г) и БЭ (21,37 %) получены на смеси кожуры кофейных зерен (75 %) и коровьего навоза (25 %) [79].

Чайные листья после экстракции горячей водой (для извлечения водорастворимых компонентов) еще содержат питательные вещества и интересны в качестве альтернативного субстрата для выращивания грибов. Чайные отходы (ЧО) были изучены в качестве новой добавки в субстрат на основе опилок (О) для выращивания *G. lucidum*. Использовались разные смеси (75О:25ЧО, 80О:20ЧО, 85О:15ЧО и 90О:10ЧО). Более высокий урожай и БЭ обеспечили смеси: 80О:20ЧО (87,98 г/кг субстрата и 34,90 %) и 75О:25ЧО (82,30 г/кг субстрата и 31 %). Урожайность и БЭ субстратов, содержащих ЧО, как

правило, выше, чем в контроле (80 опилки: 18 пшеничные отруби: 1 сахара: 1 CaCO_3). Количество азота, калия, железа, марганца и соотношение C:N субстратов сильно коррелирует с урожайностью [104]. Использованные чайные листья показали 5-й – 6-й результат из 13 субстратов, для выращивания *P. sajor-caju* [29]. Изучали и процесс утилизации чайных отходов *P. ostreatus*. Субстрат, содержащий 40 % – 60 % чайных отходов обеспечивал наивысший урожай гриба [141].

Несколько исследований посвящено биоконверсии грибами отходов производства традиционных корейских и мексиканских напитков. Базидиомицет *L. edodes* (штамм ASI 3046), который считается наиболее подходящим для культивирования на опилках, использовали для культивирования мицелия на 6 видах ранее известных субстратов и отходах производства Сикхе. Последний субстрат обеспечил лучший рост мицелия. Его вес (в сухом виде) был почти в четыре раза больше, чем при культивировании на других субстратах [52]. Установлен химический состав жома *Agave salmiana* и *Agave weberi* (лигноцеллюлозные остатки производства мексиканского алкогольного напитка): содержание белка 3,70 % и 3,17 % соответственно, редуцирующие сахара – 5559 мг/л и 3,23 мг/л, общий азот – 0,73 % и 0,54 %, кальций – 3,46 % и 1,95 %. Использование этих отходов также возможно для выращивания *P. ostreatus* (БЭ была 70 % для жома *A. salmiana* и 40 % – *A. weberi*) [43].

Значительный цикл исследований [106–112] посвящен биоконверсии отходов фруктов, виноделия и фруктовых деревьев. Базидиомицеты *G. lucidum* и *L. edodes* культивировали на различных субстратах из отходов зерновых, фруктов и овощей [111]. Пшеничные отруби обеспечили наибольший рост биомассы *G. lucidum* и *L. edodes* (35–40 г %), опередив солодовый экстракт (25–30 г %). Твердофазные компосты из отходов винного производства способствовали урожайности плодовых тел грибов 1,5–2,8 кг на 10 кг компоста.

Три вида пищевых отходов (горох, бобы, мякоть свеклы) были использованы в разных соотношениях с соломой маша для их утилизации грибом *A. bisporus*. Урожай на соломе маша – 2,56 кг/10 кг, соломе маша с бобами в соотношении 3:1 – 2,51 кг/10 кг [17].

Отходы мукомольного (крупка) и макаронного (битая вермишель) производств были исследованы в качестве субстратов для выращивания мицелия 17 видов грибов. Активным биодеструктором битой вермишели проявил себя ксилотроф *Sch. commune*. Большинство видов исследованных грибов хорошо утилизировали крупку [3].

Дереворазрушающие виды *G. applanatum* и *G. lucidum* продуцировали биомассу и метаболиты на крахмальной крупке в условиях глубинного культивирования [2].

Целью следующего исследования [142] было оценить целесообразность добавления кожуры цитрусовых (помело, лимон, апельсин и грейпфрут) для интенсификации образования биологически активных метаболитов при культивировании в погруженной культуре *A. cinnamomea*. За исключением грейпфрута, экстракты кожуры цитрусовых оказались полезными для роста мицелия и синтеза внутриклеточного полисахарида. Наиболее эффективным для повышения содержания биологически активных метаболитов стал экстракт лимонной кожуры. С добавлением 2 % этого экстракта концентрация биомассы и внутриклеточного полисахарида возросла с 11,96 г/л и 123,6 мг/г (в контроле) до 21,96 г/л и 230,8 мг/г (на 8-й день). Синтез тритерпеноидов также увеличился с 86,7 мг/л (в контроле) до 282,9 мг/л.

Мицелий *P. ostreatus* выращивали на экстрактах пищевых отходов (рис, квашенная капуста, яичный суп, тыква, салат из овощей, лапша быстрого приготовления, яйца) с концентрацией 10, 20, 30, 40, и 50 %. Начальный pH варьировался: 4, 5, 6 и 7. Мицелий культивировали в течение 9 дней при температуре 25°C. Установлены оптимальные параметры: концентрация экстракта – 30 %, pH – 5 и 6 [71].

Кокосовая вода утилизировалась грибом *Sch. commune* (штамм ATCC 38548), причем, оценивали эффективность синтеза важного метаболита – шизофиллана [123]. Результаты исследования показали, что кокосовая вода может стимулировать рост *Sch. commune* с последующим производством шизофиллана в 7,71г/1000 мл на 4-й день после инкубации, что на день раньше, чем в случае использования двух полусинтетических сред.

Было определено содержание Ca, Mg, Na, K в плодовых телах *G. lucidum*, *L. edodes*, and *P. adipose* [48]. Целью данного исследования было оценить применимость компоста из пищевых отходов (КПО) в качестве субстрата для выращивания этих грибов. Урожай плодовых тел на субстрате без КПО (контроль) был 53 г/кг для *G. lucidum*, 270 г/кг для *L. edodes* и 1430 г/кг для *P. adipose*. Субстраты с добавлением КПО обеспечили увеличение урожайности плодовых тел грибов: 10 % КПО для *G. lucidum* (64 г/кг), 13 % КПО для *L. edodes* (665 г/кг) и *P. adipose* (2345 г/кг), что в 1,2 ~ 2,5 раза выше, чем для контроля. Гриб *P. adipose* содержал большее количество полезных

элементов, чем другие виды. Влияние наличия в субстрате КПО не отразилось на содержании Са, Mg, Na и К в плодовых телах.

Мировое производство оливкового масла составило в 2013–2014 гг. около 3200000 т. Жидкие отходы производства оливкового масла, сточные воды мельниц для перемалывания оливок, образуются в объеме 0,5–1,5 м³ на 1000 кг оливок. Исследовали использование этого отхода в различных комбинациях с отходами производства чеснока и кукурузы (15, 30, 45 и 60 %) для культивирования базидиомицета *P. ostreatus*. Высокий показатель БЭ (129,5 %) и урожай (388,5 г) позволили сделать вывод, что наилучшим субстратом была смесь из 15 % сточных вод мельниц для перемалывания оливок и отходов кукурузы [69]. Так как указанные сточные воды характеризуются высокой степенью органического загрязнения, интерес вызвала способность *Panus tigrinus* и *L. edodes* извлекать токсичные фенолы из сточных вод мельниц для перемалывания оливок [28]. Также исследовали [64] шестнадцать штаммов *L. edodes* на способность продуцировать биомассу в присутствии в субстрате упомянутого отхода. Самые высокие урожаи биомассы были отмечены у четырех штаммов (Le118, Le119, Le121, Le122) при добавлении в субстрат 20 % сточных вод мельниц для перемалывания оливок. Пятнадцать штаммов базидиальных грибов: *A. cylindracea* (IK10 (Греция), IK21 (Греция) и SIEF0834 (Китай), *P. cystidiosus* (LGAM P50 (Греция), LGAM P100 (Греция), и D415 (США), *P. eryngii* (LGAM63 (Греция), LGAM101 (Греция) и UPA10 (Италия), *P. ostreatus* (LGAM60 (Греция), LGAM106 (Греция) и LGM850402 (Венгрия) и *P. pulmonarius* (LGAM10 (Греция), LGAM26 (Греция) и LGM850403 (Франция), были оценены на эффективность культивирования на субстратах из двухфазных отходов мельниц для перемалывания оливок (сам по себе и компост из него) в смеси с пшеничной соломой в разных соотношениях. Штаммы показали высокие значения БЭ (например, 120–135 % для *Pleurotus* spp. и 125 % для *A. cylindracea*) и урожайность при добавлении 20–40 % компоста из двухфазных отходов мельниц для перемалывания оливок или 20 % этих отходов без компостирования [144].

Одни субстраты (молочная и подсырная сыворотки, пищевые отходы, как таковые, использованные чайные листья, отходы виноделия и фруктов, отходы выращивания грибов) характерны для большинства стран планеты, другие – для континентов (жом сахарного тростника, отходы кофейного производства и кокосов), третьи – для отдельных стран (отходы морепродуктов, отходы производства национальных напитков). Это относится и к другим (непищевым)

видам агропромышленных отходов (разные виды соломы, навоз, птичий помет и т. д.).

Производство оливок (оливкового масла) является типичным для средиземноморских стран, а подсолнечника, рапса и других масличных культур (сои, амаранта, зародышей пшеницы и т. д.) характерно для стран Восточной Европы.

1.2.2. Исследование возможности утилизации отходов маслоэкстракционного и масложирового производств в Украине

Глобальные тенденции стремительного увеличения использования масличных культур для производства пищевых продуктов, косметических, лечебно-профилактических и лечебных средств, топлива (производство биодизеля) характеризуются соответствующим увеличением объема отходов маслоэкстракционного и масложирового производств. Основными методами получения растительных масел являются: экстрагирование из заранее очищенных и измельченных семян масличных культур органическими растворителями и жидкой или сверхкритической двуокисью углерода; холодный отжим масла из семян; комбинированный метод. Подсолнечный, льняной, соевый, рапсовый, хлопковый шрот и жом являются основными отходами процесса получения растительных масел. Рост спроса на нетрадиционные масла лечебно-профилактического и лечебного назначения способствовали расширению спектра шротов и жмыхов: шиповника, семян амаранта, семян тыквы, расторопши, зародышей пшеницы, овса, горчицы, грецких орехов, сосновых орехов, арахиса и т. д. Обычно, отходы получения растительных масел используются для производства кормов для животных и птиц. Эти отходы характеризуются высоким содержанием белка (35–50 %), низким содержанием жира (около 1 % в шроте после экстракции и до 10 % жира в жмыхе после холодного прессования), наличием определенного количества микро- и макроэлементов и витаминов. Одним из вариантов более эффективного использования отходов получения растительных масел, с созданием безотходной технологии переработки растительного сырья, является применение этих отходов в качестве субстрата для культивирования высших грибов. Грибы, благодаря мощной ферментной системе, могут быть хорошим инструментом для биоконверсии шротов и жмыхов. Выращивают, в основном, плодовые тела, в то же время, растет интерес к культивированию грибной биомассы (мицелия), обладающей практически таким же содержанием биологически активных веществ, и более экономичной в процессе производства [59].

Целью цикла наших исследований было изучить возможность утилизации отходов получения растительных масел (в качестве основы жидкого субстрата) путем культивирования съедобных и лекарственных грибов из разных систематических и экологических групп в статическом состоянии, определить качественный и количественный состав мицелия и культуральной жидкости.

Объектом исследования были 29 видов грибов: *Agrocybe aegerita* 1853 (V. Bring.) Singer, *Auriporia aurea* 5048 (Peck) Ryvarden, *Coprinus comatus* 137 (O.F. Müll.) Pers., *Cordyceps militaris* 1862 (L.) Fr., *C. sinensis* 1928 (Berk.) Sacc., *Flammulina velutipes* 1878 (Curtis) Singer, *Fomes fomentarius* 355 (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* 1523 (Sw.) P. Karst., *Ganoderma applanatum* 1701 (Pers.) Pat, *G. lucidum* 1900 (Curtis) P. Karts., *Grifola frondosa* 976 (Dicks.) Gray, *Crinipellis schevchenkovi* 31 Bukhalo, *Hericium erinaceus* 970 (Bull.) Pers., *Hohenbuehelia myxotricha* 1599 (Lév.) Singer, *Hypsizygus marmoreus* 2006 (Peck) H.E. Bigelow, *Inonotus obliquus* 1877 (Ach. ex Pers.) Pilát, *Laetiporus sulphureus* 352 (Bull.) Murrill, *Lentinus edodes* 502 (Berk.) Singer, *Lepista luscina* 64 (Fr.) Singer, *Lyophyllum shimeji* 1662 (Kawam.) Hongo, *Morchella esculenta* 1843 (L.) Pers., *Oxyporus obducens* 5085 (Pers.) Donk, *Phellinus igniarius* 1589 (L.) Quel., *Piptoporus betulinus* 327 (Bull.) P. Karst., *Pleurotus djamor* 1526 (Rumph. ex Fr.) Boedijn, *P. eryngii* 2015 (DC.) Qué., *Schizophyllum commune* 1768 Fr., *Spongipellis litschaueri* 5312 Lohweg и *Trametes versicolor* 353 (L.) Lloyd из Коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины [1]. Основой субстратов для поверхностного культивирования в жидкой среде были отходы получения растительных масел: шроты семян овса, рапса, льна, тыквы, горчицы, плодов шиповника, зародышей пшеницы; шроты после CO₂-экстракции семян амаранта *Amaranthus hybridus* L., эхинацеи *Echinacea purpurea* (L.) Moench, хмеля *Humulus lupulus* L.; жмых семян рапса, сои, подсолнечника, рыжика, грецкого ореха. Согласно результатам предыдущих исследований процесса накопления биомассы, содержание каждого отхода в питательной среде составляло 60 г на 1 литр дистиллированной воды. Субстрат стерилизовали в автоклаве 20 мин при давлении 1 атм. в колбах объемом 0,25 л. Контрольной средой для оценки накопления биомассы была известная стандартная глюкоза-пептон-дрожжевая (ГПД) среда, г/л: глюкоза – 25,0; пептон – 3,0; дрожжевой экстракт – 2,0; K₂HPO₄ – 1,0; K₂HPO₄ – 1,0; MgSO₄·7 H₂O – 0,25; вода – 1 л.

Поверхностное культивирование мицелия в жидкой фазе, оценку накопления биомассы, расчет биологической эффективности, определение аминокислотного состава, содержания эндополисахаридов

мицелия, его липидов и жирных кислот, витаминов, экзополисахаридов культуральной жидкости осуществляли по ранее описанным методикам [4; 5; 58; 59; 60].

Поверхностное культивирование в жидкой среде, выбранное для данного исследования, позволяет легко подобрать соответствующую среду (субстрат) для получения мицелия. Необходимо было получить ответы на два главных вопроса: можно ли выращивать грибы на каждом из изучаемых субстратов и является ли это эффективным (по сравнению с ростом биомассы на контрольной питательной среде). Количество мицелия существенно варьировалось в зависимости от исследуемого субстрата от 1,0 г/л до 22,9 г/л. Это объясняется содержанием тех или иных питательных веществ в субстратах и индивидуальными потребностями изученных видов грибов в питательных веществах. Основными необходимыми для питания грибов ингредиентами субстратов являются: источники углерода (сахара), источники азота (соли NH_4^+ , мочевины, аминокислоты), витамины (в первую очередь – витамины В), минералы (Р, К, Mg, S), микроэлементы (Fe, Zn, Mn, Ca, Cu) и другие компоненты. Их соотношение специфично для обеспечения роста каждого вида грибов. Различные факторы (температура, pH питательной среды, аэрация) могут влиять на производство биомассы и образование метаболитов, но наиболее важными является достаточное количество углеводов и азота в субстратах.

Соевый жмых оказался наиболее подходящим для роста мицелия 24 видов грибов. Он особенно богат белком (42 %), содержит углеводы (7 %), жиры (8,0 %), витамины, микро- и макроэлементы. Два изученных вида *C. sinensis* и *C. militaris*, которые паразитируют в основном на насекомых, способны были к активному росту только на одном субстрате – соевом жмыхе, на котором получены более высокие показатели продуцирования биомассы по сравнению с контролем (более 17 г/л). Жмых рыжика способствовал получению более чем 10 г/л мицелия для 18 видов грибов (*C. sinensis* и *Sch. commune* – меньше, чем на контроле), а жмых рапса – для 17 видов (около и более чем на 10 г/л). Жмых рыжика состоит из приблизительно 31 % белка, 14,0 % углеводов, 10 % жиров, 5 % минералов и 10 % фитохимических компонентов, таких как глюкозинолаты, флавонолы, лигнаны, фенольные кислоты, витамины и нуклеиновые кислоты. Жмых рапса имеет похожий состав: белки – 37,0 %, углеводы – 16,0 %, жиры – 9,0 %, фосфор – 1,5 %, кальций – 1,0 %. Некоторые грибы (12 видов) легко росли на подсолнечном жмыхе (белок – 28,0 %, углеводы – 26,0 %, жиры – 10,0 %). Только

A. aurea продуцировал меньше биомассы на этом жмыхе, чем на контроле. Хороший выход мицелиальной массы может быть получен при использовании сред со шротом овса и пшеничных зародышей. Эти субстраты, поддерживали рост всех исследованных видов грибов, за исключением *L. edodes* на субстрате со шротом овса. Двадцать видов грибов показали урожайность мицелия около и более чем 10 г/л на субстрате со шротом зародышей пшеницы (*C. sinensis*, *C. militaris* и *F. fomentarius* – меньше, чем на контроле). Абсолютно лучший результат (все грибы на всех субстратах) был продемонстрирован *P. djamor* – 22,9 г/л. Обезжиренные зародыши пшеницы – побочный продукт процесса производства соответствующего масла, имеет относительно высокое содержание белка (около 35 %) и содержит много других питательных ингредиентов, таких как углеводы (около 35 %), пигменты, минералы и витамины. Пятнадцать видов грибов образовывали около и более чем 10 г/л мицелия на овсяном шроте, богатом углеводами (34,0 %) и белками (32,0 %). Наши исследования показали, что льняной шрот поддерживал хороший рост мицелия (более 10 г/л) для 13 видов грибов. Только *P. djamor* синтезировал меньше биомассы на льняном шроте, чем в контроле. Обезжиренный льняной шрот состоит из 4,0 % белка, 18,0 % углеводов и 17,0 % жира. Наихудшие результаты были получены для шротов семян тыквы, плодов шиповника, семян горчицы, жмыха рапсов и грецкого ореха. Это, вероятно, можно объяснить несбалансированным химическим составом основы субстратов или наличием трудноусваиваемых компонентов [59].

Одной из самых эффективных основ для субстрата показал себя отход CO₂-экстракции семян амаранта – амарантовая мука [58]. Выход мицелия был около или более (для подавляющего количества видов грибов) 10 г/л и достигал 27 г/л для *Sch. commune* [3].

Необходимо отметить, что количество биомассы является важным, но не единственным показателем, характеризующим процесс культивирования мицелия. Важно оптимальное соотношение количества биомассы и содержания в ней биологически активных веществ. Для осуществления безотходного процесса очень существенны и свойства культуральной жидкости.

Определение содержания протеина (% абсолютно сухого вещества), аминокислот, жиров, жирных кислот в мицелии и культуральной жидкости *C. sinensis*, *P. ostreatus* и *Sch. commune*, при культивировании на амарантовой муке, позволило сделать ряд выводов. Количество белка в мицелии *P. ostreatus* и *Sch. commune* существенно превышает количество белка в культуральной жидкости (на 47 и 36 %), в то время,

как для *C. sinensis* эти величины сравнимы. Состав аминокислот одинаков как для мицелия, так и для культуральной жидкости – 17. Их количество разнилось, однако состав был сбалансированным (с преобладанием аспарагиновой (6,3–14,2 % от содержания белка) и глутаминовой кислот (15,4–19,1 %), с достаточно высоким содержанием незаменимых аминокислот (около и более 30 %). Несмотря на сравнительно невысокое содержание жиров (6,5–8,4 %), наличие в них 53–68 % и 43–61 % полиненасыщенных жирных кислот (мицелий и культуральная жидкость соответственно) можно считать очень хорошим результатом [60]. Наши исследования выявили улучшение качественного состава витаминов (В₁, В₂, В₁₂, А, каротиноиды, С) в мицелиальной массе и культуральной жидкости *C. sinensis* по сравнению с данными других исследователей, полученными при культивировании этого гриба на других субстратах. Следует отметить значительное содержание витамина С (в мицелии и культуральной жидкости) и В₁₂ (в культуральной жидкости). Также, в мицелии и культуральной жидкости *C. sinensis* нами обнаружены 14 микро- и макроэлементов, из которых следует выделить Mn, Co, Cr, Mo, Cu, Zn, без которых не может нормально функционировать человеческий организм. Отсутствие ионов кадмия и ртути свидетельствует о безопасности мицелия и культуральной жидкости [4].

Таким образом, использование амарантовой муки обеспечивало значительный рост биомассы высших грибов и наличие в биомассе и культуральной жидкости значительного количества биологически активных компонентов. Это позволяет использовать на безотходной основе все продукты культивирования грибов (мицелий и культуральную жидкость) для создания функциональных продуктов питания, пищевых добавок и лекарственно-профилактических средств.

Заключение

Динамичный рост сельскохозяйственного производства, не поспевающий за более быстрым ростом населения планеты, приводит к накоплению большого количества отходов. Утилизация отходов и обеспечение населения планеты богатой белками пищей – важные и, как оказалось в данном случае, взаимосвязанные проблемы. Их решение путем биоконверсии агропромышленных (сельское хозяйство и пищевая промышленность) отходов высшими грибами вызывает растущий интерес исследователей во всем мире. Даже грибы, способные к утилизации отходов и не являющиеся съедобными, чаще всего демонстрируют тот или иной терапевтический

эффект и могут быть использованы в качестве лечебно-профилактических и лекарственных средств.

Было рассмотрено более 150 отдельных видов отходов в качестве альтернативных субстратов или в различных композициях (более 450 субстратов) для выращивания 66 видов высших грибов (около 100 штаммов). Все отходы, используемые в качестве основы для субстратов и добавок к ним, характерны для всего мира, соответствующего континента или страны. Очевидна важность и необходимость определения закономерностей, которые влияют на морфологические параметры, выход и биохимический состав различных грибов, в зависимости от качественного и химического состава субстрата. В целом, хорошие результаты получены на комбинированных субстратах. Публикации, содержащие биохимические исследования субстратов и грибов подтверждают, что грибы, растущие на нетрадиционных субстратах, богатых биологически активными веществами, обладают более богатым биохимическим составом по сравнению с выросшими на традиционных субстратах (опилки, солома и т. д.). Характерно, что разнятся не только результаты культивирования отдельных видов грибов, но и штаммов одного и того же вида. В то же время, чрезвычайно трудно сравнивать результаты исследований и обобщать их из-за нескольких основных факторов: использования авторами, для оценки результатов, разных показателей, несогласованности формулировки этих показателей, использования субстратов (подобных), количественный и качественный состав которых может варьироваться в зависимости от места произрастания и отсутствию в публикациях ссылки на разные штаммы грибов одних и тех же видов. Очень важной проблемой, остающейся вне внимания исследователей, является безопасность сельскохозяйственных отходов (опилок, соломы, листьев, трав и т. д.). Они могут содержать токсичные вещества, в первую очередь – тяжелые металлы, гербициды, пестициды, которые могут накапливаться грибами. Пищевые отходы чаще всего лишены этого недостатка, так как пищевое сырье поставляется в соответствии с нормативными документами, содержащими показатели безопасности.

Цикл исследований авторов настоящей главы расширил знания о возможности 29 высших грибов утилизировать отходы производства растительных масел. Подобраны альтернативные субстраты (по сравнению с глюкозо-пептон-дрожжевой средой) для всех изученных грибов. Успех выращивания грибов (как плодовых тел, так и мицелия) на различных субстратах – многофакторный процесс, являющийся специфичным для каждого вида грибов. Среди этих факторов немаловажным является правильный выбор субстрата.

Амарантовая мука, как основа субстрата (60 г на 1 л дистиллированной воды), обеспечивала как значительный рост биомассы, так и содержание в мицелии и, естественно, культуральной жидкости важнейших биологически активных веществ. Возможное совместное использование мицелиальной массы грибов и их культуральной жидкости открывает перспективы создания новых пищевых продуктов и лекарственно-профилактических средств.

Список литературы:

1. Бухало А.С., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б. Каталог колекції культур шапинкових грибів ІБК. – К.: Алтерпрес, 2011. – 100 с.
2. Круподьорова Т.А. Ріст *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. і *G. lucidum* (Curtis) P. Karst. та синтез екзополісахаридів в умовах глибинного культивування // Біотехнологія. – 2011. – № 6. – С. 60–67.
3. Круподьорова Т.А., Барштейн В.Ю. Альтернативні субстрати для культивування лікарських та їстівних грибів // Мікробіологія і біотехнологія. – 2012. – № 1. – С. 47–56.
4. Круподьорова Т.А., Барштейн В.Ю., Бісько Н.А., Іванова Т.С. Склад міцеліальної маси та культуральної рідини *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. (Ascomycetes) // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – № 3. – С. 78–87.
5. Круподьорова Т.А., Барштейн В.Ю., Пешук Л.В., Гашук О.І., Костенко Є.Є. Культивування *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm. На рослинних відходах // Biotechnologia Acta. – 2014. – № 4. – С. 92–99.
6. Программа «Нулевой голод». XX сессия Комитета по лесному хозяйству ФАО. – Рим: COFO FAO, 2014. – 5 с.
7. Abd Razak D.L., Abdullah N., Johari N.M.K., Sabaratnam V. Comparative study of mycelia growth and sporophore yield of *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc on selected palm oilwastes as fruiting substrate // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2013. – 97 (7). – P. 3207–3213.
8. Adebayo G.J., Omolara B.N., Toyin A.E. Evaluation of yield of Oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) grown on cotton waste and cassava peel // Afr. J. Biotechnol. – 2009. – 8. – P. 215–218.
9. Adedokun O.M., Akuma A.H. Maximizing agricultural residues: nutritional properties of straw mushroom on maize husk, waste cotton and plantain leaves // Natural Resources. – 2013. – 4. – P. 534–537.
10. Adedokun O.M. Oyster mushroom: Exploration of additional agro-waste substrates in Nigeria // Int. J. Agric. Res. – 2014. – 9. – P. 55–59.
11. Aguilar-Rivera N., Moran A.C., Rodríguez Lagunas D.A., Gonzalez J.M. Production of *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) grown on sugar cane biomass (trash, bagasse and pith). In: S. Andres and N. Baumann (Ed.). Mushrooms: types, properties and nutrition. – New York: Nova Science Publishers, 2012. – P. 77–104.

12. Ahmed S.A., Kadam J.A., Mane V.P., Patil S.S., Baig M.M.V. Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida* (Mont.) Singer cultivated on different agro-wastes // Nature and Science. – 2009. Vol. 7. № 1. – P. 44–48.
13. Akavia E., Beharav A., Wasser S.P., Nevo E. Disposal of agro-industrial by-products by organic cultivation of the culinary and medicinal mushroom *Hypsizygus marmoreus* // Waste Management. – 2009. – 29. – P. 1622–1627.
14. Akinyele B.J., Adetuyi F.C. Effect of agrowastes, pH and temperature variation on the growth of *Volvariella volvacea* // Afr. J. Biotechnol. – 2005. – 4. – P. 1390–1395.
15. Akyüz M., Kirbağ S. Element contents of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. var. *eryngii* grown on some various agro-wastes // Ekoloji. – 2010a. Vol. 19. № 74. – P. 10–14.
16. Akyüz M., Kirbağ S. Effect of various agro-residues on nutritive value of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. var. *ferulae* Lanzi // Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences. – 2010b. – 16. – P. 83–88.
17. Al Abttan A.A.H., Shareef H.R., Fahad M.A. Cultivation of edible mushroom (*Agaricus bisporus*) in some manufacturing wastes of food // Al-Taqani Journal. – 2005. Vol. 18. № 3. – P. 1–5.
18. Alam N., Amin R., Khair A., Lee T.C. Influence of different supplements on the commercial cultivation of milky white mushroom // Mycobiology. – 2010. Vol. 38. № 3. – P. 184–188.
19. Alananbeh K.M., Bouqellah N.A., Al Kaff N.S. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia // Saudi J. Biol. Sci. – 2014. – 21. – P. 616–625.
20. Amuneke E.H., Dike K.S., Ogbulie J.N. Cultivation of *Pleurotus ostreatus*: An edible mushroom from agro base waste products // J. Microbiol. Biotech. Res. – 2011. Vol. 1. № 3. – P. 1–14.
21. Ashraf J., Ali M.A., Ahmad W., Ayyub C.M., Shafi J. Effect of different substrate supplements on Oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) production // Food Science and Technology. – 2013. Vol. 1. № 3. – P. 44–51.
22. Ashrafi R., Mian M.H., Rahman M.M., Jahiruddin M. Recycling of spent mushroom substrate for the production of Oyster mushroom // Research in Biotechnology. – 2014. Vol. 5. № 2. – P. 13–21.
23. Bermudez-Savon R.C., Garcia-Oduardo N., Serrano-Albemi M., Rodriguez-Castro M.I., Mustelier-Valenzuela I. Conversion of agroindustrial residues into added-value products by solid state fermentation // Tecnologia Quimica. – 2014. – XXXIV. № 3. – P. 217–225.
24. Boa E. Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome: 2004. – 157 p.

25. Carreno-Ruiz S.D., Cappello-Garcia S., Gaitan-Hernandez R., Cifuentes-Blanco J., Rosique-Gil E. Growth of three tropical edible fungi in culture mediums and agricultural waste // *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. – 2014. Vol. 5. № 8. – P. 1447–1458.
26. [Carvalho C.S.M., Aguiar L.V.B., Sales-Campos C., Almeida Minihoni M.T., Andrade M.C.N. Applicability of the use of waste from different banana cultivars for the cultivation of the Oyster mushroom // *Braz. J. Microbiol.* – 2012. Vol. 43. № 2. – P. 819–826.](#)
27. [Croan S.C. Conversion of conifer wastes into edible and medicinal mushrooms // *Forest Products Journal*. – 2004. Vol. 54. № 2. – P. 68–76.](#)
28. [D'Annibale A., Ricci M., Quarantino D., Federici F., Fenice M. *Panus tigrinus* efficiently removes phenols, color and organic load from olive-mill wastewater // *Res. Microbiol.* – 2004. Vol. 155. № 7. – P. 596–603.](#)
29. Dehariya P., Vyas D. Effect of different agro-waste substrates and their combinations on the yield and biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* // *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. – 2013. Vol. 8. № 3. – P. 60–64.
30. Dulay R.M.R., Gagarin W.S., Abella E.A., Kalaw S.P., Reyes R.G. Aseptic cultivation and nutrient compositions of *Coprinus comatus* (O.F. Mull.) Pers. on *Pleurotus* mushroom spent // *J. Microbiol. Biotech. Res.* – 2014. Vol. 4. № 3. – P. 1–7.
31. [Elenwo E.N., Okere S.E. Waste re-cycling using edible mushroom cultivation // *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* – 2007. Vol. 11. № 3. – P. 153–156.](#)
32. EUROPEAN COMMISSION. PRESS RELEASE. EU research turning food waste into feed. – URL: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-1165_en.htm (Дата обращения: 05.05.15).
33. [Fakoya S., Adejumo A.F., Akinyele J.B. Effect of the use of *Pycnanthus angolensis* and different supplements on yields and on the proximate composition of *Pleurotus sajor-caju* – \[Электронный ресурс\] // *Journal of Mycology*. – 2014. – URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/642807> \(Дата обращения: 01.01.16\).](#)
34. [Falandysz J., Szymczyk K., Ichihashi H., Bielawski L., Gucia M., Frankowska A., Yamasaki S.I. ICP/MS and ICP/AES elemental analysis \(38 elements\) of edible wild mushrooms growing in Poland // *Food Add. Contam.* – 2001. Vol. 18. № 6. – P. 503–513.](#)
35. [Figlas D., Gonzalez Matute R., Delmastro S., Curvetto N. Sunflower seed hulls for log system cultivation of *Schizophyllum commune* // *Micología Aplicada International*. – 2014. Vol. 26. № 2. – P. 19–25.](#)
36. [Gaitán-Hernández R., Esqueda M., Gutiérrez A., Beltrán-García M. Quantitative changes in the biochemical composition of lignocellulosic residues during the vegetative growth of *Lentinula edodes* // *Braz. J. Microbiol.* – 2011. Vol. 42. № 1. – P. 30–40.](#)

37. Gizaw B. Cultivation and yield performance of *Pholiota nameko* on different agro industrial wastes. Addis Ababa: Addis Ababa University, 2010. – 77 p.
38. Govindaraju S., Sangeetha S., Indra Arulselvi P. Effect of different agro-wastes on mass production of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* // Indian J. Appl. Res. – 2013. Vol. 3. № 6. – P. 33–35.
39. Harith N., Abdullah N., Sabaratnam V. Cultivation of *Flammulina velutipes* mushroom using various agro-residues as a fruiting substrate // Pesquisa Agropecuária Brasileira. – 2014. Vol. 49. № 3. – P. 181–188.
40. Hassan F.R.H. Cultivation of the Monkey Head Mushroom (*Hericium erinaceus*) in Egypt // J. Appl. Sci. Res. – 2007. Vol. 3. № 10. – P. 1229–1233.
41. Hassan F.R.H. Utilization of agro and agro-industrial wastes for cultivation of Shiitake (*Lentinus edodes*) an edible and medicinal mushroom and their drying aspects in Egypt // Res. J. Agric. Biol. Sci. – 2011. Vol. 7. № 6. – P. 491–497.
42. Hassegawa R.H., Kasuya M.C.M., Vanetti M.C.D. Growth and antibacterial activity of *Lentinula edodes* in liquid media supplemented with agricultural wastes // Electronic Journal of Biotechnology. – 2005. Vol. 8. № 2. – URL: <http://dx.doi.org/10.2225/vol8-issue2-fulltext-3> (Дата обращения: 01.01.16).
43. Heredia-Solis A., Esparza-Ibarra E., Romero-Bautista L., Cabral-Arellano F., Banuelos-Valenzuela R. Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus* // Revista Iberoamericana de Ciencias. – 2014. Vol. 1. № 5. – P. 103–110.
44. Ingale A., Ramteke A. Studies on cultivation and biological efficiency of mushrooms grown on different agro-residues // Innovative Romanian Food Biotechnology. – 2010. – 6. – P. 25–28.
45. İşiloğlu M., Yılmaz F., Merdivan M. Concentrations of trace elements in wild edible mushrooms // Food Chemistry. – 2001. Vol. 73. № 2. – P. 169–175.
46. Ivanova T.S., Bisko N.A., Krupodorova T.A., Barshteyn V.Yu. Breadcrumb as a new substrate for *Trametes versicolor* and *Schizophyllum commune* submerged cultivation // Korean Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2014. Vol. 42. № 1. – P. 67–72.
47. Jafarpour M., Jalalizand A., Eghbalsaied S. High fiber media as the most efficient substrates for *Pleurotus florida* culture // Archives of Biological Sciences. Vol. 2011. – 63. № 3. – P. 889–895.
48. Jo E.Y., Choi J.Y., Choi J.W., Ahn J.H. Influence of food waste compost on the yield and mineral content of *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes*, and *Pholiota adiposa* fruiting bodies // Mycobiology. – 2013. Vol. 41. № 4. – P. 210–213.
49. Jonathan S.G., Okon C.B., Oyelakin A.O., Oluranti O.O. Nutritional values of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) (Jacq. Fr.) Kumm. cultivated on different agricultural wastes // Nature and Science. – 2012. Vol. 10. № 9. – P. 186–191.

50. Jonathan S.G., Nwokolo V.M., Ekpo E.N. Yield performance of *Pleurotus pulmonarius* (Fries.) Quelet, cultivated on different agro-forest wastes in Nigeria // World Rural Observations. – 2013. Vol. 5. № 1.– P. 22–30.
51. Josephine R.M. A review on Oyster mushroom (*Pleurotus* spp) // International Journal of Current Research. – 2015. Vol. 7. № 1. – P. 11225–11227.
52. Jung H.H., Lee J.Y., Kim G.Y., Park H.S., Nam B.H., An W.G., Lee S.J., Lee J.D. Availability of Sikhae factory wastewater as a submerged culture medium for *Lentinula edodes* // Mycobiology. – 2001. Vol. 29. № 3. – P. 160–163.
53. Karuppuraj V., Chandra Sekarenthiran S., Perumal K. Continuous production of *Pleurotus florida* and *Calocybe indica* by utilizing locally available lignocellulosic substrates for additional income generation in Rural Area // Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. – 2014. Vol. 29. № 1. – P. 196–199.
54. Khan A., Tania M., Amin S.M.R., Alam N., Uddin N. An investigation on the nutritional composition of mushroom (*Pleurotus florida*) cultivated on different substrates // Bangladesh Journal of Mushroom. – 2008. Vol. 2. № 2. – P. 17–23.
55. Khan N.A., Ajmal M., Javed N., Ali M.A., Ul Haq M.I., Binyamin R., Khan S.A. Impact of sawdusts using various woods for effective cultivation of Oyster mushroom // Pak. J. Bot. – 2012. Vol. 44. № 1. – P. 399–402.
56. Kirbag S., Akyuz M. Evaluation of agricultural wastes for the cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. var. *ferulae* Lanzi // Afr. J. Biotechnol. – 2008. Vol. 7. № 20. – P. 3660–3664.
57. Kleofas V., Sommer L., Fraatz M.A., Zorn H., Ruhl M. Fruiting body production and aroma profile analysis of *Agrocybe aegerita* cultivated on different substrates // Natural Resources. – 2014. – 5. – P. 233–240.
58. Krupodorova T.A., Barshteyn V.Yu. Amaranth flour as a new alternative substrate for *Schizophyllum commune* Fr.: Fr. and *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. Growth // J. Siberian Federal. Univ. Biology. – 2015. Vol. 8. № 1. – P. 32–44.
59. Krupodorova T.A., Barshteyn V.Yu. Alternative substrates for higher mushrooms mycelia cultivation // J. BioSci. Biotechnol. – 2015. Vol. 4. № 3. – P. 339–347.
60. Krupodorova T.A., Barshteyn V.Yu., Bisko N.A., Ivanova T.S. Some macronutrient content in mycelia and culture broth of medicinal mushrooms cultivated on Amaranth flour // Int. J. Med. Mushrooms. – 2012. Vol. 14. № 3. – P. 285–293.
61. Krupodorova T.A., Rybalko S.L., Barshteyn V.Yu. Antiviral activity of Basidiomycete mycelia against influenza type A (serotype H1N1) and herpes simplex virus type 2 in cell culture // Virol. Sin. – 2014. Vol. 29. № 5. – P. 284–290.

62. Kulshreshtha S., Mathur N., Bhatnagar P. Mushroom as a product and their role in Mycoremediation // AMB Express. – 2014. – URL: <http://dx.doi.org/10.1186/s13568-014-0029-8> (Дата обращения: 01.01.16).
63. Kumari D., Achal V. Effect of different substrates on the production and non-enzymatic antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) // Life Science Journal. – 2008. Vol. 5. № 3. – P. 73–76.
64. Lakhtar H., Ismaili-Alaoui M., Philippoussis A., Perraud-Gaime I., Roussos S. Screening of strains of *Lentinula edodes* grown on model olive mill wastewater in solid and liquid state culture for polyphenol biodegradation // Int. Biodeterior. Biodegrad. – 2010. Vol. 64. № 3. – P. 167–172.
65. Lakshmi S.S. In vivo utilization of seafood processing wastes for cultivation of the medicinal mushroom (*Ganoderma lucidum*) using agro-industrial waste // Asian. J. Pharm. Clin. Res. – 2013. Vol. 6. № 4. – P. 51–54.
66. Lakshmi S.S., Sornaraj R. Utilization of seafood processing wastes for cultivation of the edible mushroom *Pleurotus flabellatus* // Afr. J. Biotechnol. – 2014. Vol. 13. № 17. – P. 1779–1785.
67. Lakshmipathy G., Jayakumar A., Abhilash M., Prema Raj S. Optimization of growth parameters for increased yield of the edible mushroom *Calocybe indica* // Afr. J. Biotechnol. – 2012. Vol. 11. № 11. – P. 7701–7710.
68. Lechner B.E., Papinutti V.L. Production of lignocellulosic enzymes during growth and fruiting of the edible fungus *Lentinus tigrinus* on wheat straw // Process Biochemistry. – 2006. Vol. 41. № 3. – P. 594–598.
69. Lechner B.E., Monaldi S. Utilization of garlic and maize wastes supplemented with olive mill waste water for *Pleurotus ostreatus* cultivation // Revista mexicana de micología. – 2011. – 34. – P. 17–22.
70. Lee C., Lee S., Cho K.J., Hwang S. Mycelial cultivation of *Phellinus linteus* using cheese-processing waste and optimization of bioconversion conditions // Biodegradation. – 2011. Vol. 22. № 1. – P. 103–110.
71. Lim J.S., Lee S.J., Lee E.Y. Optimal Growth Condition of *Pleurotus ostreatus* Cultured in the Foodwastes Extracts // Korean Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2009. Vol. 37. № 1. – P. 85–89.
72. Lipinski B., Hanson C., Lomax J., Kitinoja L., Waite R., Searchinger T. Reducing food loss and waste. Working paper, Installment 2 of creating a sustainable food future. – Washington, DC: World Resources Institute, 2013. – URL: <http://www.worldresourcesreport.org> (Дата обращения: 01.01.16).
73. Magingo F.S., Oriyo N.M., Kivaisi A.K., Danell E. Cultivation of *Oudemansiella tanzanica* nom. prov. on agricultural solid wastes in Tanzania // Mycologia. – 2004. Vol. 96. № 2. – P. 197–204.
74. Mallikarjuna S.E., Ranjini A., Haware D.J., Vijayalakshmi M.R., Shashirekha M.N., Rajarathnam S. Mineral composition of four edible mushrooms // Journal of Chemistry. – 2013. – URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/805284> (Дата обращения: 01.01.16).

75. Mamiro D.P., Mamiro P.S. Yield and mushroom size of *Pleurotus ostreatus* grown on rice straw basal substrate mixed and supplemented with various crop residues // J. Animal. Plant. Sci. – 2011. Vol. 10. № 1. – P. 1211–1218.
76. Mane V.P., Patil S.S., Syed A.A., Baig M.M.V. Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer // Journal of Zhejiang University Science B – Biomedicine & Biotechnology. – 2007. Vol. 8. № 10. – P. 745–751.
77. Mansour–Benamar M., Savoie J.M., Chavant L. Valorization of solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushrooms // Comptes Rendus Biologies. – 2013. Vol. 336. № 8. – P. 407–415.
78. Meier E. Wood allergies and toxicity. The wood database. – 2013. – URL: <http://www.wood-database.com/wood-articles/wood-allergies-and-toxicity> (Дата обращения: 01.01.16).
79. Mohammed S., Muleta D., Abate D. Bioconversion of coffee husk for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation in Jimma // International Journal of Microbiology and Immunology Research. – 2014. Vol. 2. № 6. – P. 75–91.
80. Mondal S.R., Rehana M.J., Noman M.S., Adhikary S.K. Comparative study on growth and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on different substrates // Journal of the Bangladesh Agricultural University. – 2010. Vol. 8. № 2. – P. 213–220.
81. Moonmoon M., Uddin N., Ahmed S., Shelly N.J., Khan A. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh // Saudi J Biol Sci. – 2010. Vol. 17. № 4. – P. 341–345.
82. Mudakir I., Hastuti U.S., Rohman F., Gofur A. The Effect of Cocoa Pods Waste as a Growing Media Supplement on Productivity and Nutrient Content of Brown Oyster Mushroom (*Pleurotus cystidiosus*) // Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. – 2014. Vol. 4. № 26. – P. 134–140.
83. Murthy P.S., Manonmani H.K. Bioconversion of coffee industry wastes with white rot fungus *Pleurotus florida* // Res. J. Environ. Sci. – 2008. Vol. 2. № 2. – P. 145–150.
84. Muthangya M., Hashim S.O., Amana J.M., Mshandete A.M., Kivaisi A.K. Optimization of *Pleurotus* mushroom cultivation on saline sisal solid waste // World Applied Sciences Journal. – 2013. Vol. 23. № 9. – P. 1146–1150.
85. Nageswaran M., Gopalakrishnan A., Ganesan M., Vedhamurthy A., Selvaganapathy E. Evaluation of waterhyacinth and paddy straw waste for culture of oyster mushrooms // J. Aquat. Plant. Manage. – 2003. – 41. – P. 122–123.
86. Narayanasamy P., Suganthavel P., Sabari P., Divya D., Vanchinathan J., Saravana Kumar M. Cultivation of mushroom (*Pleurotus florida*) by using two different agricultural wastes in laboratory condition // The Internet Journal of Microbiology. – 2008. – 7 (2). – URL: <http://ispub.com/IJMB/7/2/12022> (Дата обращения: 01.01.16).

87. Ng'etich O.K., Nyamangyoku O.I., Rono J.J., Niyokuri A.N., Izamuhaye J.C. Relative performance of Oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on agroindustrial and agricultural substrate // Int. J. Agron. Plant Prod. – 2013. Vol. 4. № 1. – P. 109–116.
88. Norouzi A., Peyvast G., Olfati J. Oilseed rape straw for cultivation of Oyster mushroom // Maejo Int. J. Sci. Technol. – 2008. – 2. – P. 502–507.
89. Nwokoye A.I., Kuforiji O.O., Oni P.I. Studies on mycelial growth requirements of *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Singer // Int. J. Basic. Appl. Sci. – 2010. Vol. 10. № 2. – P. 47–53.
90. Olufokunbi J.O., Chiejina N.V. Impact of substrate on protein content and yield of mushrooms and sclerotia of *Pleurotus tuberregium* in Nigeria // Mycosphere. – 2010. Vol. 1. № 4. – P. 293–300.
91. Onuoha C.I., Oyibo G., Ebibila J. Cultivation of straw mushroom (*Volvariella volvacea*) using some agro-waste material // J. Amer. Sci. – 2009. Vol. 5. № 5. – P. 135–138.
92. Oseni T.O., Dube S.S., Wahome P.K., Masarirambi M.T., Earnshaw D.M. Effect of wheat bran supplement on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented pine sawdust substrate // Experimental Agriculture & Horticulture. – 2012. Vol. 1. № 2. – P. 30–40.
93. Pani B.K. Evaluation of straw of some paddy varieties as substrates for cultivation of milky mushroom (*Calocybe indica*) in Orissa // Bioscience Discovery. – 2011. Vol. 2. № 3. – P. 341–342.
94. Pani B.K. Efficacy of an edible tropical fungus, *Calocybe indica* in the biotransformation of some lingo-cellulosic agro-industrial wastes to protein rich foods // Int. J. Plant Animal Environ. Sci. – 2012. Vol. 2. № 4. – P. 158–161.
95. Parani K., Eyini M. Effect of co-fungal treatment on biodegradation of coffee pulp waste in solid state fermentation // Asian. J. Exp. Biol. Sci. – 2010. Vol. 1. № 2. – P. 352–359.
96. Patent BY 8910, 28.02.2007.
97. Patent KZ 28780, 15.08.2014.
98. Patent KZ 28781, 15.08.2014.
99. Patent RU 2453105, 20.06.2012.
100. Patent US 7043874, 16.05.2006.
101. Patent WO 2011145961, 24.11.2011.
102. Pathmashini L., Arulnandhy V., Wilson Wijeratnam R.S. Cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust // Ceylon Journal of Science (Biological Sciences). – 2008. Vol. 37. № 2. – P. 177–182.
103. Patil S.S. Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* on different agro wastes // Science Research Reporter. – 2012. Vol. 2. № 3. – P. 225–228.

104. Peksen A., Yakupoglu G. Tea waste as a supplement for the cultivation of *Ganoderma lucidum* // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2009. Vol. 25. № 4. – P. 611–618.
105. Peng J.T. Agro-waste for cultivation of edible mushrooms in Taiwan. Food and Fertilizer Technology Center Publication Database. – 2010. – URL: http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110725155730&type_id=4 (Дата обращения: 01.01.16).
106. Petre M., Petre V. Biotechnology for solid-state cultivation of mushrooms on organic wastes from wine making industry // *Lucrări științifice – Seria B – LV, Horticultură.* – 2011. – 55. – P. 711–714.
107. Petre M., Petre V. The semi-solid state cultivation of edible mushrooms on agricultural organic wastes // *Scientific Bulletin, Series F, Biotechnologies.* – 2012. – XVI. – P. 36–39.
108. Petre M., Petre V. Environmental biotechnology for bioconversion of agricultural and forestry wastes into nutritive biomass. In M. Petre (Ed.). *Environmental Biotechnology – New Approaches and Prospective Applications.* – InTech Open Access Publisher, 2013a. – P. 3–23.
109. Petre V., Petre M. Biotechnology for controlled cultivation of edible mushrooms through submerged fermentation of fruit wastes // *AgroLife Scientific Journal, J.* – 2013b. Vol. 2. № 1. – P. 117–120.
110. Petre M., Petre V., Rusea I. Microbial composting of fruit tree wastes through controlled submerged fermentation // *Ital. J. Agron.* – 2014. Vol. 9. № 4. – P. 152–156.
111. Petre M., Teodorescu A. Medicinal mushrooms cultivation through the solid-state and submerged fermentations of agricultural wastes. Mushroom Biology and Mushroom Products (Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7), Arcachon: INRA, 2011. – P. 372–377.
112. Petre M., Teodorescu A. Biotechnology of agricultural wastes recycling through controlled cultivation of mushrooms. In M. Petre (Ed.) *Advances in Applied Biotechnology*, InTech Open Access Publisher, 2012. – P. 3–22.
113. Philippoussis A.N. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates. In P. Singh nee Nigam, A. Pandey (eds.). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*, Springer, 2009. – P. 163–196.
114. Philippoussis A., Diamantopoulou P., Arapoglou D., Bocari M., Israilides C. Agricultural waste utilisation for the production of the medicinal mushroom *Lentinula edodes* // *Protection and Restoration of the Environment VII* (Proceedings of the International Conference) Mykonos, 2004. – URL: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=7221> (Дата обращения: 01.01.16).
115. Pokhrel C.P., Sumikawa S., Iida S., Ohga S. Growth and productivity of *Lyophyllum decastes* on compost enriched with various supplement // *Micologia Aplicada International.* – 2006. Vol. 18. № 2. – P. 21–28.

116. Pokhrel C.P., Kalyan N., Budathoki U., Yadav R.K.P. Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* using different agricultural residues // International Journal of Agricultural Policy and Research. – 2013. Vol. 1. № 2. – P. 19–23.
117. Poppe J. Use of agricultural waste materials in the cultivation of mushrooms. In: L. Van Griensven (Ed.). Science and Cultivation of Edible Fungi, Rotterdam: Balkema, 2000. – P. 3–23.
118. Poppe J. Agricultural wastes as substrates for oyster mushroom. Chapter 5. Substrate. In: Mushroom Growers' Handbook 1. Seoul: MushWorld, 2004. – P. 75–86.
119. Ram R.C., Kumar D.S. Agricultural wastes used as casing mixtures for production of button mushroom // Indian J. Sci. Res. – 2010. Vol. 1. № 1. – P. 21–25.
120. Ramanathan G., Vinodhkumar T., Abinaya Pallavi T., Immanuel Suresh J. Evaluation of effect of different substrates on mushroom production and their bioactive potential // Int. Res. J. Pharm. App. Sci. – 2013. Vol. 3. № 5. – P. 10–15.
121. Rani P., Kalyani N., Prathiba K. Evaluation of lignocellulosic wastes for production of edible mushrooms // App. Biochem. Biotechnol. – 2008. Vol. 151. № 2–3. – P. 151–159.
122. Reina R., Liers C., Ocampo J.A., García-Romera I., Aranda E. Solid state fermentation of olive mill residues by wood- and dung-dwelling Agaricomycetes: effects on peroxidase production, biomass development and phenol phytotoxicity // Chemosphere. – 2013. Vol. 93. № 7. – P. 1406–1412.
123. Reyes R.G., Graßl W., Rau U. Coconut water as a novel culture medium for the biotechnological production of schizophyllan // Journal of Nature Studies. – 2009. Vol. 7. № 2. – URL: http://rzv054.rz.tu-bs.de/Biotech/publications_team/Reyes%20et%20al%202009.pdf (Дата обращения: 01.01.16).
124. Samuel A.A., Eugene T.L. Growth performance and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates composition in Buea South West Cameroon // Science Journal of Biochemistry. – 2012. – URL: <http://dx.doi.org/10.7237/sjbch/139> (Дата обращения: 01.01.16).
125. Saratale G.D., Kshirsagar S.D., Sampange V.T., Saratale R.G., Oh S.E., Govindwar S.P., Oh M.K. Cellulolytic enzymes production by utilizing agricultural wastes under solid state fermentation and its application for biohydrogen production // App. Biochem. Biotechnol. – 2014. Vol. 174. № 8. – P. 2801–2817.
126. Sharma S.R., Yadav K.P., Pokhrel C.P. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates // J. New. Biol. Rep. – 2013. Vol. 2. № 1. – P. 3–8.

127. Singh M.P., Singh V.K. Yield performance and nutritional analysis of *Pleurotus citrinopileatus* on different agrowastes and vegetable wastes. Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7). – 2011. – P. 385–392.
128. Stamets P., Chilton J.S. The mushroom cultivator. A Practical Guide to Growing Mushrooms at Home. Washington: Agarikon Press, 1983. – 415 p.
129. Stanley H.O., Umolo E.A., Stanley C.N. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) on amended corncob substrate // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2011. – 2. – P. 1336–1339.
130. Stanley H.O., Odu N.N. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus tuber-regium*) on selected organic wastes // International Journal of Advanced Biotechnology Research. – 2012. Vol. 2. № 3. – P. 446–448.
131. Taskin M., Erdal S., Genisel M. Biomass and exopolysaccharide production by *Morchella esculenta* in submerged culture using the extract from waste loquat (*Eriobotrya japonica* L.) kernels // J. Food Process. Preserv. – 2011. Vol. 35. № 5. – P. 623–630.
132. Taskin M., Ozkan B., Atici O., Aydogan M.N. Utilization of chicken feather hydrolysate as a novel fermentation substrate for production of exopolysaccharide and mycelial biomass from edible mushroom *Morchella esculenta* // Int. J. Food Sci. Nutrition. – 2012. Vol. 63. № 5. – P. 597–602.
133. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of Polyporoid mushrooms (higher Basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia) // Int. J. Med. Mushrooms. – 2012. Vol. 14. № 1. – P. 37–45.
134. Tesfaw A., Tadesse A., Kiros G. Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia // J. App. Biol. Biotech. – 2015. Vol. 3. № 1. – P. 15–20.
135. Thongklang N., Sysouphanthong P., Callac P., Hyde K.D. First cultivation of *Agaricus flocculosipes* and a novel Thai strain of *A. subrufescens* // Mycosphere. – 2014. Vol. 5. № 6. – P. 814–820.
136. Tripathy A., Sahoo T.K., Begera S.R. Yield evaluation of paddy straw mushrooms (*Volvariella* spp.) on various lignocellulosic wastes // 2011. Vol. 4. № 2. – P. 19–24.
137. Ukoima H.N., Ogbonnaya L.O., Arikpo G.E., Ikpe F.N. Cultivation of mushroom (*Volvariella volvacea*) on various farm wastes in Obubra Local government of Cross River State, Nigeria // Pakistan Journal of Nutrition. – 2009. Vol. 8. № 7. – P. 1059–1061.
138. Ul Haq I., Aslam Khan M., Ul Haq M.I. Proximate analysis of different agricultural wastes used for the cultivation of *Volvariella volvacea* // Pakistan Journal of Phytopathology. – 2011. Vol. 23. № 2. – P. 148–151.
139. Vijaykumar G., John P., Ganesh K. Selection of different substrates for the cultivation of milky mushroom (*Calocybe indica* P & C) // Indian J. Trad. Knowledge. – 2014. Vol. 13. № 2. – P. 434–436.

140. Wang J.H., Wang Y.F., Sun J.X., Shi L., Liu Z.T., Zhao Y.T. Effects of different proportion of waste material of *Auricularia auricula* on the mycelium growth of five edible fungi // Northern Horticulture. – 2013. – 4. – P. 156–158.
141. Yang D., Liang J., Wang Y., Sun F., Tao H., Xu Q., Zhang L., Zhang Z., Ho C.T., Wan X. Tea waste: an effective and economic substrate for Oyster mushroom cultivation // The Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2015. – URL: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7140> (Дата обращения: 01.01.16).
142. Yang F.C., Ma T.W., Chuang Y.T. Medium modification to enhance the formation of bioactive metabolites in shake flask cultures of *Antrodia cinnamomea* by adding citrus peel extract // Bioproc. Biosyst. Eng. – 2012. Vol. 35. № 8. – P. 1251–1258.
143. Yang W.J., Guo F.L., Wan Z.J. Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull // Saudi J. Biol. Sci. – 2013. Vol. 20. № 4. – P. 333–338.
144. Zervakis G.I., Koutrotsios G., Katsaris P. Composted versus raw olive mill waste as substrates for the production of medicinal mushrooms: An assessment of selected cultivation and quality parameters // BioMed Research International. – 2013. – URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/546830> (Дата обращения: 01.01.16).

ГЛАВА 2.

ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Введение

В связи с накоплением огромного количества органических отходов на предприятиях агропромышленного комплекса большое внимание во многих странах мира уделяют биотехнологическим методам их трансформации, в частности, вермикомпостированию. Эта технология способствует биотрансформации отходов (навоза животных, куриного помёта, осадков сточных вод, растительных отходов, пищевых и др.) и получению экологически безопасного удобрения (биогумуса).

Для вермикультивирования в искусственных условиях наиболее пригодными являются дождевые черви рода *Eisenia*, которые характеризуются высокой плодовитостью, продолжительностью жизни (до 16 лет, при оптимальных условиях), утратой инстинкта покидания своего местообитания при неблагоприятных условиях среды, высокой степенью адаптации к переработке специфических видов отходов [1, с. 102].

Американец Томас Дж. Барретт (штат Калифорния) методом селекции вывел в 1959 г. червя, получившего название красного калифорнийского (ККЧ) *Eisenia andrei* Bouché (часто в литературе его называли ККЧ *Eisenia foetida*, а в более поздних источниках – ККЧ *Eisenia fetida andrei*). Благодаря итальянскому ученому Карло Ферручи, этот червь попал в Европу в начале 1970-х годов. На протяжении следующих 10 лет эта вермикультура распространилась по многим европейским странам: Германии, Франции, Австрии, Польше, Венгрии и др., а с 1989 г. и в Украине [7, с. 26].

В настоящее время вермикультуру (культуру этого червя) используют практически во всех странах мира. Продукт ее жизнедеятельности – биогумус применяют в качестве удобрения, а биомасса червей является сырьём для получения кормовой добавки в рационе сельскохозяйственных животных и рыб, пищевой добавки или ингредиента рецептуры пищевых продуктов, а также, фармацевтических препаратов (для лечения заболеваний онкологических, сердечно-сосудистых, кожи, органов зрения и др.).

Установлено, что при оптимальных условиях (температура 20–30°C, влажность 60–70 %), 5 кг червей могут переработать 1 тонну органических отходов в биогумус всего за 30 дней [13, с. 12].

Дождевые черви способствуют повышению активности почвенных микроорганизмов. Они разрушают (деструктируют) органические вещества, увеличивают их площадь поверхности, доступную для проникновения микроорганизмов и ферментов [12, с. 15].

Вермикультуру успешно используют в районах с тёплым климатом для биокомпостирования бытовых отходов [18, с. 932].

Биогумус может подавлять различные заболевания растений и защищать их от вредителей, что даёт возможность существенно сократить (до 75 %) применение пестицидов [14, с. 59].

Вермикультура может аккумулировать токсичные элементы. Эта способность используется, например, для выделения полициклических ароматических углеводородов (фенантрен, антрацен и бенз-а-пирен) из почвы и осадков сточных вод [11, с. 269].

Показана высокая устойчивость дождевых червей к действию токсичных соединений. Так, после взрыва на химическом заводе в Италии в 1976 г. обширный район был загрязнен чрезвычайно токсичным веществом ТХДД (тетрахлордидбензодиоксин). Практически вся фауна погибла, за исключением некоторых видов дождевых червей, в тканях которых концентрация диоксина превышала в 14,5 раза концентрацию в почве. Дождевые черви также устойчивы к повышенному содержанию солей. Высокая выживаемость (от 80 % до 100 %) установлена при концентрации соли 15 г/кг почвы [20, с. 157].

В настоящее время технология вермикюльтивирования используется для переработки твёрдых бытовых отходов (коммунальных, макулатуры и др.), а также агропромышленных (куриный помёт, навоз крупного рогатого скота, растительные отходы, жом овощей, фруктов, пищевые отходы и др.) [16, с. 2]. Эффективна совместная биотрансформация, например, жома сахарного тростника и навоза в биогумус, в котором отмечено значительное понижение концентрации тяжёлых металлов (Cr, Pb и Hg) по сравнению с исходной смесью [19, с. 28]. Особенно экономически выгодно вермикюльтивирование [15, с. 97] в средних хозяйствах.

Для Украины актуальны методы биоконверсии отходов агропромышленного комплекса, коммунальных предприятий с получением экологически безопасных удобрений (биогумуса) и стимуляторов роста (гуматов).

2.1. Биоутилизация осадков сточных вод

Ежегодно в Украине образуется около 2 млн. тонн осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений, которые складываются на иловых площадках и отвалах, что приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, почв и растительности. Осадки содержат тяжелые металлы, патогенную микрофлору, яйца гельминтов [2, с. 495].

Существующие методы утилизации осадков сточных вод (сжигание, прессование, внесение на поля в качестве удобрения и др.) приводят к вторичному загрязнению окружающей среды. В то же время в последние годы ощущим дефицит традиционных органических удобрений, которые являются основными факторами сохранения плодородия и пополнения гумусового фонда земельных угодий сельскохозяйственного и коммунального назначения.

С целью определения и сравнения содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод (ОСВ), их смесей с отходом маслоэкстракционных заводов – подсолнечной лузгой (предварительно измельченной) и в продуктах их биопереработки вермикulturой *E. andrei* (биогулусе) были проведены исследования по вермикомпостированию на ОСВ и субстратах, в которые добавляли подсолнечную лузгу (ПЛ) при соотношении ОСВ:ПЛ = 5:1; 3:1 и 2:1 (табл. 1). Изучали также численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп в биогулусе (табл. 2).

Установлено, что в процессе вермикомпостирования ОСВ содержание тяжелых металлов – меди, свинца, кадмия уменьшилось соответственно в 1,8; 2,16; 2,3 раза.

Отмечалось также влияние среды на численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп.

Таблица 1.

**Содержание тяжелых металлов в субстратах ОСВ и в биогулусе
(мг/кг в сухой биомассе)**

Наименование субстратов	Медь	Свинец	Кадмий
ОСВ	91,3	415,2	5,2
ОСВ + ПЛ (5:1)	84,5	397,6	4,9
ОСВ + ПЛ (3:1)	75,2	352,4	4,5
ОСВ + ПЛ (2: 1)	69,7	314,8	3,2
Вермикомпост (биогулус)	52,1	192,4	2,3

Таблица 2.

Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп (в 1 г абсолютно сухого биогумуса)

Наименование	Биогумус (вермикомпост) на основе			
	ОСВ	ОСВ + ПЛ (5:1)	ОСВ+ ПЛ (3:1)	ОСВ + ПЛ (2:1)
Грибы, тыс.	23,6±0,16	35,4±0,17	22,0±0,24	21,0±0,24
Стрептомицеты, млн.	4,2±0,12	4,4±0,10	4,6±0,19	4,9±0,18
Микроорганизмы, утилизирующие азот, млн.:				
органический	101,0±1,24	90,5±0,78	86,6±0,57	78,2±1,03
минеральный	264,3±0,90	229,0±0,88	111,0±0,69	108,0±0,75
Азотобактер (% обрастания комочков)	60,8	43,0	25,0	45,3
Микроорганизмы, продуцирующие полисахариды, млн.	102,3±0,20	129,4±0,11	117,6±0,23	105,0±0,20
Целлюлозоразлагающие бактерии, млн.	23,4±0,25	29,8±0,33	27,0±0,49	26,6±0,38
Простейшие, тыс.	5,3±0,01	1,2±0,02	1,0±0,01	1,0±0,01

Большое количество микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, было отмечено в биогумусе на основе ОСВ и его смеси с ПЛ (5:1).

Количество свободноживущего азотфиксатора – азотобактера, принимающего участие в синтезе гумуса, составляет от 25 до 60,8 %. В вермикомпосте с ОСВ наблюдается наиболее активный рост азотобактера, что связано с высоким содержанием фосфора, кальция в субстрате, который для азотобактера является источником питания.

Целлюлозоразлагающие бактерии преобладали в вариантах вермикомпоста из смеси ОСВ и ПЛ. В биогумусе из смеси ОСВ и ПЛ (5:1 и 3:1) отмечено преимущество микроорганизмов, продуцирующих полисахариды. В вермикомпосте были выделены представители *Aspergillus* и *Penicillium*, обладающие целлюлолитической и пектинолитической активностью.

Самой высокой микробиологической активностью обладал вермикомпост, полученный на основе ОСВ и ПЛ (5:1), что является несомненным преимуществом при внесении его в почву в виде удобрения.

Влияние ОСВ и его смесей с ПЛ на агрохимические параметры полученного биогумуса представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Агрохимическая характеристика биогумуса

Наименование показателей	Биогумус на основе:			
	ОСВ	ОСВ + ПЛ (5:1)	ОСВ + ПЛ (3:1)	ОСВ + ПЛ (2:1)
Влажность, %	51,5	47,6	49,8	52,2
Органическое вещество, %	49,4	47,4	45,2	43,8
рН	7,5	7,3	7,2	7,2
Азот, %	1,8	1,7	1,6	1,4
Фосфор (P_2O_5), %	1,9	1,6	1,5	1,3
Калий (K_2O), %	2,4	2,3	2,1	2,0
Кальций, %	6,9	5,8	5,7	5,4
Магний, %	1,6	1,4	1,3	1,2
Медь, мг/кг	14,3	12,1	10,4	10,2
Цинк, мг/кг	0,83	0,60	0,48	0,46
Марганец, %	0,21	0,13	0,10	0,07
Сера, %	0,58	0,26	0,21	0,17
Содержание гумуса, %	11,3	13,1	12,3	9,7

Эксперименты показали, что биогумус на основе исследованных субстратов имеет высокие агрохимические показатели (особенно по содержанию азота, фосфора, калия, а также макро- и микроэлементов), что позволяет рекомендовать его в качестве органического экологически безопасного удобрения.

При содержании тяжелых металлов в биогумусе выше предельно допустимой концентрации недопустимо внесение его в почву. Технология использования биогумуса на основе осадков сточных вод должна разрабатываться в каждом конкретном случае на основе данных агрохимических и экологических характеристик осадка с учётом требований ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [6, с. 2].

При биопереработке осадка сточных вод вермикulturой *E. andrei* уменьшается содержание тяжелых металлов в ОСВ и субстратах на его основе с агропромышленным отходом – ПЛ.

Метод вермикомпостирования способствует улучшению экологического состояния окружающей среды, а также получению эффективного экологически безопасного органического удобрения,

использование которого позволит увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур и их устойчивости к различным болезням.

Биотехнология переработки осадков сточных вод вермикulturой исключает вторичное загрязнение поверхностных водоемов, подземных вод и почв.

2.2. Биоконверсия пищевых отходов методом вермикомпостирования

По данным М.М Городнего и И.А. Мельника, независимо от того, какое органическое вещество используют для переработки вермикомпостированием, оно должно содержать целлюлозу (в виде соломы, картона и т. д.) в количестве не менее 20–25 %. Целлюлоза обеспечивает большое количество энергии, необходимое червям для роста. Ее количество не является лимитирующим фактором, но обеспечивает быстрый рост микроорганизмов, заглатываемых вермикulturой *E. andrei* [1, с. 118].

На заводах по производству соков, комбинатах пищевых концентратов Украины накапливаются многотоннажные отходы фруктовых, овощных выжимок, кофейных и чайных отходов, которые после одного-трёх дней хранения подвергаются микробиологической порче. Частично их подсушивают и используют в качестве кормовых добавок для животных или для приготовления питательных сред в микробиологической промышленности. Основная масса жидких отходов поступает в канализационные сети.

С целью исследования возможности решения двух задач: биоконверсии пищевых отходов и одновременного получения на лишенных токсических веществ субстратах биомассы червей были использованы отходы чая, кофе и измельченная кожура бананов. Каждый субстрат заселялся 30 ювенильными червями, 5 половозрелыми и 5 коконами. Повторность опыта 10-кратная. Наблюдения проводились в течение 2 месяцев при температуре 24–26°C. Результаты оценивались по количеству червей и их биомассе.

Наибольший прирост биомассы вермикulturы наблюдался в субстрате на основе отходов чая, а лучший показатель по репродукции – на субстрате из отходов кофе (табл. 4).

Более высокий прирост биомассы вермикulturы на отходах чая можно объяснить сбалансированным содержанием необходимых биологически активных веществ: фенольных соединений, витаминов, аминокислот, сахара, органических кислот, минеральных веществ и др.

Высокая биопродуктивность вермикulturы на отходах кофе, возможно, обусловлена высоким содержанием липидов (жиров,

фосфолипидов, стероидов), которые практически полностью остаются в осадке и в напиток не переходят. Как известно, липиды выполняют несколько важнейших функций: структурную, энергетическую и регуляторную, а стероидные гормоны регулируют половую функцию.

Таблица 4.

Влияние субстрата на вермикультуру *E. andrei*

Вид субстрата	Начало опыта		Через 4 недели		Через 2 месяца	
	шт.	г	шт.	г	шт.	г
Отходы чая	35	3,61±0,1	42	11,8±0,2	54	12,9±0,27
Отходы кофе	35	3,04±0,1	45	6,93±0,2	65	10,71±0,2
Измельченная кожура бананов	35	2,98±0,1	41	7,81±0,2	49	9,04±0,2
P		<0,05		<0,05		<0,05

Таким образом, подбирая состав питательного субстрата, можно целенаправленно регулировать рост биомассы *E. andrei*.

Результаты изучения влияния температуры на рост биомассы на исследованных субстратах согласуются с данными, полученными на субстрате из подсолнечной лузги [5, с. 121]. Оптимальный интервал температур вермикютивирования на новых исследуемых субстратах составлял 19–26°C.

При температурах ниже 2°C и выше 33–36°C наблюдалась гибель червей, при 32°C был отмечен защитный рефлекс червей, который сопровождался повышением экскреции слизи, а также выделением целомической жидкости.

С целью определения влияния температуры на время достижения половой зрелости вермикюльтуры в три ёмкости помещали по 100 г субстрата на основе отходов чая, кофе и кожуры бананов, а также в среднем 40 коконов, за которыми проводили ежедневное наблюдение.

При появлении из коконов личинок их пересаживали в количестве 100 шт. в ёмкости с субстратом, которые устанавливали в термостаты при температурах соответственно 15°C, 20°C и 25°C. Эксперимент проводился до появления на туловище червей характерного пояска, свидетельствующем о половой его зрелости (табл. 5).

Таблица 5.

**Влияние температуры на срок достижения половой зрелости
вермикультуры *E. andrei* в лабораторных условиях**

Температура, °C	Субстрат	Количество личинок в начале опыта, шт.	Количество половозрелых червей в конце опыта, шт.	Срок достижения половой зрелости, дней
15	Отходы чая	100	78	66
	Отходы кофе	100	84	63
	Измельченная кожура бананов	100	76	67
20	Отходы чая	100	81	65
	Отходы кофе	100	90	61
	Измельченная кожура бананов	100	79	70
25	Отходы чая	100	87	59
	Отходы кофе	100	94	54
	Измельченная кожура бананов	100	82	62

Результаты исследований показали, что наименьший срок полового созревания наблюдался при всех температурах на отходах кофе (при температурах 15°C, 20°C, 25°C это время составляет соответственно – 63, 61, 54 дня), наибольший срок – на отходах измельчённой банановой кожуры (67, 70, 62 дня).

Для определения оптимального соотношения биомассы вермикультуры к массе отходов нами проведены исследования по вермикультивированию при различных плотностях заселения *E. andrei* на отходах кофе.

Плотность заселения вермикультуры 50 шт. на 10 см² соответствует плотности 5 тыс./м², 100 шт. на 10 см² – 10 тыс./м². По другим вариантам плотность заселения составила 15 тыс./м², 20 тыс. м² и 30 тыс./м² (табл. 6).

Результаты влияния плотности заселения вермикультуры на рост её биомассы представлены в таблице 7.

Установлено, что общая биомасса червей возрастает при плотностях заселения 15–30 тыс./м², но биомасса одного червя меньше, чем при плотностях заселения 5–10 тыс./м².

Таблица 6.

Соотношения биомассы вермикультуры к массе субстрата

Плотность заселения вермикультурой, шт./1 м ²	Средний вес 1 червя, мг	Общая биомасса вермикультуры, г	Биомасса субстрата, г	Соотношение биомассы вермикультуры к субстрату
5000	150	24,1	1200	1:50
10000	170	28,4	940	1:40
15000	165	26,0	780	1:30
20000	190	31,2	620	1:20
30000	180	29,8	300	1:10

Результаты исследований показали, что для интенсификации процесса получения биомассы вермикультуры плотность заселения должна быть в пределах 5–10 тыс./м², а для интенсификации процесса получения биогуруса – 15–30 тыс./м².

Таблица 7.

Влияние плотности заселения вермикультурой *E. andrei* на рост ее биомассы

Показатель	Время исследований	Плотность заселения вермикультурой, шт./1 м ² Соотношение биомассы червей к массе субстрата				
		5000 1:50	10000 1:40	15000 1:30	20000 1:20	30000 1:10
Средний вес 1 червя, мг	Начало опыта	150±2,9	170±2,15	165±3,14	190±3,25	180±2,19
	Через месяц	343±2,0	365±3,11	343±3,07	360±2,29	324±3,28
Прирост, %		193	195	178	170	144
P		<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01

Известно, что червь за сутки перерабатывает количество субстрата, равное массе его тела [3, с. 48]. В случае необходимости получения наибольшей биомассы червей субстраты заселяются ювенильными червями (возраст 0–90 дней, не имеющих характерного пояса на теле), так как они быстрее набирают вес.

Отделение червей от биосубстрата является одним из трудоемких процессов в вермикомпостировании.

Известно, что у червей кожное дыхание и при недостатке или при отсутствии кислорода они перемещаются в верхние слои субстрата.

Эта особенность поведения червей была положена в основу разработанного нами способа отделения вермикультуры от переработанного субстрата [9, с. 2].

Внутренние боковые стенки ёмкости обкладывают плёнкой, размер которой превышает высоту ёмкости по всему периметру на 10–15 см. После окончания процесса биопереработки субстрата поверхность ёмкости покрывается полиэтиленовой плёнкой с таким размером, чтоб расстояние от края ёмкости до края этой плёнки было 2–3 см (для выползания червей). Выступающие концы боковой плёнки (10–15 см) накладываются на поверхность субстрата, покрытого первой плёнкой.

В течение суток черви выползают через зазор на пленку. Концы боковой полиэтиленовой пленки отгибаются и черви снимаются в специальную емкость. Результаты эксперимента показали, что при дискомфортных условиях (отсутствии воздуха), за сутки выползает до 87 % червей при температуре окружающей среды 20–25°C.

Исследования по вермикомпостированию осадков сточных вод и пищевых отходов показали, что этот метод является перспективным при создании благоприятных условий для вермикультуры (температура 19–26°C, влажность 70–80 %), что возможно обеспечить, например, в полуподвальных помещениях, где есть обогрев в зимнее время (летом охлаждения не требуется). В этих помещениях зимой и летом температура поддерживается на уровне 15–27°C.

2.3. Эффективность использования экстрактов из биогумуса

Жидкие экстракты из биогумуса широко применяют во многих странах мира: США, Германия, Япония, Чехия, Венгрия, Словакия и др. [3, с. 78].

По разработанной нами методике из биогумуса получен водно-щелочной экстракт (биогумат), который можно использовать в качестве эффективного стимулятора роста растений и получать высокие урожаи зерновых, овощных и плодово-ягодных культур [17, с. 142].

Исследование эффективности препарата проводилось в лабораторных и полевых условиях. В лабораторных опытах определяли биологическую активность растворов биогумата и их влияние на посевные качества семян ярового ячменя. Экспозиция замачивания составляла 2 часа, концентрация раствора биогумата – от 0,0005 % до 5 % [10, с. 182].

Семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги в термостате при температуре 20°C. Повторность каждого варианта

опыта – четырехкратная. Учет энергии прорастания и лабораторной всхожести семян осуществляли соответственно на 3-и и 7-е сутки.

Полевые исследования проводили в шестипольном севообороте лаборатории выращивания яровых зерновых и бобовых культур на Эрстовской опытной станции Института зернового хозяйства (Пятихатский район, Днепропетровская область).

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный, малогумусный, суглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,0–4,5 %, валового азота – 0,23–0,26 %, фосфора – 0,11–0,12 %, калия – 2,0–2,5 %.

Реакция почвенного раствора близка к нейтральной (рН водной вытяжки составляет 6,5–7,0).

Опрыскивание посевов ячменя растворами биогумата проводили на III этапе органогенеза растений (фаза кущения) при концентрациях 0,001 % и 0,3 %.

При определении оптимальной дозы биогумата для обработки вегетирующих растений ярового ячменя концентрация раствора биогумата варьировала от 0,001 % до 5 %.

Размещение вариантов в полевом опыте систематическое, учетная площадь полевых участков – 25 м², повторность опытов – трехкратная.

Проводили фенологические наблюдения и биометрические измерения в полевых опытах. Структуру урожая определяли методом пробного снопа путем учета количества продуктивных стеблей, массы и количества зерен на растении и массы 1000 зерен.

Сбор урожая с учетной площади участка осуществляли прямым комбайнированием в фазе полной спелости зерна ярового ячменя малогабаритным комбайном “Sampo-500”.

Лабораторные исследования энергии прорастания и всхожести семян ярового ячменя выявили различную биологическую активность растворов препарата (табл. 8).

Результаты исследований показали, что растворы биогумата с концентрацией от 0,005 % до 5 % имели большую биологическую активность и повышали энергию прорастания ячменя при предпосевном замачивании на 4,2–18,5 %, а лабораторную всхожесть – на 7,8–10,8 % по отношению к контролю. Наиболее эффективным для проведения предпосевной обработки семян является раствор регулятора роста при разведении препарата 1:200 (концентрация 0,5 %), который обеспечил наибольшие показатели как по энергии прорастания (66,8 %), так и лабораторной всхожести (98,3 %) семян.

Увеличение концентрации препарата в рабочем растворе до 5 % (разведение 1:20) приводило к снижению посевных качеств семян.

Таблица 8.

**Влияние концентрации биогумата на энергию прорастания
и лабораторную всхожесть семян ярового ячменя**

Концентрация раствора биогумата	Энергия прорастания	± к контролю	Лабораторная всхожесть	± к контролю
Вода (контроль)	48,3	–	87,5	–
0,0005%	48,8	+0,5	89,3	+1,8
0,005%	52,5	+4,2	95,3	+7,8
0,05%	58,3	+10,0	96,5	+9,0
0,5%	66,8	+18,5	98,3	+10,8
5%	31,5	–16,8	83,3	–4,2

Фенологические исследования показали, что использование биогумата (концентрация 0,005 %) для предпосевного замачивания семян способствовало сокращению межфазных периодов. Фазы всходов, колошения и полная спелость зерна у растений ячменя после обработки его семян наступали соответственно на 1, 2 и 4 дня раньше, чем на контроле.

Предпосевная обработка семян (замачивание на два часа) в растворе биогумата с концентрацией 0,005 % увеличивало количество всходов ярового ячменя на 21 шт./м², или на 4,2 %.

Биометрические измерения ярового ячменя в течение периода вегетации свидетельствуют о том, что использование предпосевной обработки семян не только способствовало увеличению его полевой всхожести, но и значительному росту и улучшению структурных показателей растений.

Важным показателем, характеризующим реакцию растений на условия выращивания и применения агротехнических приемов, является высота растений. Прирост высоты растений от предпосевной обработки семян ярового ячменя раствором биогумата с концентрацией 3,3 % в фазе выхода растений в трубку составил 1,8 см, или 3,2 %. Кроме того, увеличился общий коэффициент кущения растений на 16 %, количество образовавшихся листьев – на 10,8 %, площадь полезной ассимиляционной поверхности – на 9,2 %.

Известно, что величина урожайности зерновых культур на 50 % зависит от густоты продуктивного стеблестоя, на 25 % – от количества зерен в колосе и на 25 % – от массы 1000 зерен.

Анализ продуктивности ярового ячменя показал, что применение предпосевного замачивания семян в растворах биогумата с концентрацией 0,005% способствовало увеличению энергии кущения растений и приводило к изменению, в первую очередь, плотности продуктивного стеблестоя.

Обработка семян биогумата обеспечила увеличение количества продуктивных стеблей на единицу площади посева по сравнению с контролем на 7,8 %, прирост массы зерна с одного растения – на 3,7 %.

Полевые исследования показали высокую биологическую активность биогумата при опрыскивании посевов ярового ячменя в фазе кущения растений. Опрыскивание посевов растворами биогумата с концентрацией 0,3 % увеличило коэффициент продуктивности кущения растений на 18,8 %, массу зерна в растениях – на 16,9 %, прирост урожайности зерна – на 11,9 %.

Определение оптимальной дозы биогумата для опрыскивания вегетирующих растений выявило различную биологическую активность препарата в зависимости от концентрации рабочего раствора (табл. 9).

Результаты полевых исследований показывают, что использование для обработки вегетирующих растений биогумата при концентрациях от 0,001 % до 1 % стимулировало ростовые процессы и улучшало показатели структуры урожая.

Таблица 9.

Влияние концентрации биогумата на структуру и урожайность ярового ячменя

Концентрация раствора	Количество на 1 м ² , шт.		Продуктивная кустистость	На одно растение		Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
	растений	продуктивных стеблей		количество зерен, шт.	масса зерна, г		
Вода контроль	317	432	1,36	26,0	1,09	42,0	34,5
0,001 %	318	433	1,36	25,7	1,08	42,0	34,5
0,01 %	316	436	1,38	26,1	1,10	42,2	34,8
0,05 %	317	442	1,39	26,3	1,11	42,2	35,2
0,1 %	316	456	1,44	27,0	1,15	42,6	36,3
0,5 %	318	482	1,52	27,9	1,21	43,2	38,4
1 %	316	470	1,49	27,7	1,19	43,0	37,6
5 %	315	414	1,31	25,1	1,05	41,8	33,2

Наиболее эффективным оказалось опрыскивание растений в фазе кущения раствором препарата при разведении 1:200 (концентрация 0,5 %), который и обеспечил прирост урожайности зерна по отношению к контролю на 11,3 %. Дальнейшее увеличение концентрации и опрыскивание растений рабочим раствором биогумата концентрацией 5 % (разведение 1:20) привело к ингибированию ростовых процессов и уменьшению урожайности.

На основании экспериментальных данных установлено:

- растворы биогумата с концентрацией от 0,0005 до 0,5 % имели стимулирующее действие на процессы прорастания семян ярового ячменя. Для проведения предпосевной обработки семян рекомендуется раствор препарата при разведении 1:200 (концентрация 0,5 %), который способствует увеличению энергии прорастания и лабораторной всхожести соответственно на 18 % и 10,8%;
- предпосевное замачивание семян в 0,005 %-м растворе биогумата увеличивает энергию кущения растений и плотность продуктивного стеблестоя. Количество продуктивных стеблей на единицу площади посева ярового ячменя превышала контроль на 7,8 %, массу зерна с одного растения – на 3,7 %.

Использование биогумата способствует получению высоких урожаев зерновых культур высокого качества и улучшению состояния окружающей среды.

Другим направлением исследований было определение влияния препарата на основе биогумуса на адаптацию растений-регенерантов кукурузы в почве. Из-за низкой приспособляемости растений к условиям *in vivo* высаженные регенеранты характеризуются достаточно небольшой приживаемостью в почве [4, с. 86]. Результаты опыта показали, что использование для полива растений-регенерантов препарата на основе биогумата значительно повышает адаптацию их в почве, способствует лучшему росту корней и развития надземной части, снижает процент поражения растений болезнями и их гибели. На основе разработанной методики запатентован способ адаптации растений-регенерантов кукурузы в почве [8, с. 2].

Заключение

Мировой опыт свидетельствует о целесообразности использования вермикультуры для утилизации органических отходов.

Из многотоннажных органических отходов, образующихся на предприятиях агропромышленного комплекса Украины, очистных сооружениях, можно получить десятки тысяч тонн ценного

органического удобрения (биогумуса) и жидких регуляторов роста растений (гуматов).

Результаты исследований показали, что вермикомпостирование способствует значительному снижению содержания тяжёлых металлов в отработанном активном иле (осадках сточных вод). Эффективность процесса увеличивается при смешивании осадков с целлюлозосодержащими отходами, в частности, измельчённой подсолнечной лузгой.

В этой связи необходимо строго контролировать токсикологические показатели биомассы червей при получении на их основе кормовой добавки в рацион сельскохозяйственных животных и рыб, пищевой добавки или ингредиента рецептуры пищевых продуктов, а также, создании фармацевтических препаратов.

Экономически выгодно получать вермикомпосты на основе пищевых отходов заводов по производству соков, комбинатов пищевых концентратов (отходы чая, кофе, кожура бананов и др.), так как благодаря экологичности отходов пищевой промышленности биомассу червя, биогумус можно использовать в комбикормовой, пищевой и фармацевтической промышленности.

При использовании растворов биогумата в качестве стимуляторов роста растений можно значительно повысить урожайность зерновых культур (ячменя и др.), а также получить экологически безопасную продукцию.

Разработанный метод отделения вермикультуры от биогумуса позволяет достаточно быстро и без травмирования выбрать до 87 % червей за сутки.

Список литературы:

1. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф. Повхан [и др.]. Киев: Урожай, 1990. – 256 с.
2. Біоконверсія відпрацьованого активного мулу вермикультурою *Eisenia foetida* / С.М. Гармаш, В.Т. Сметанін, В.І. Міщенко [і ін.] // Хімія та сучасні технології: тези допов. V Міжнарод. наук.-техніч. конфер. студ., аспіран. та молод. вчених (Дніпропетровськ, 22–24 квітня 2011). – Дніпропетровськ: Вид-во Укр. держ. хім.-техн. ун-та, 2011. – С. 495.
3. Вермикультура: производство и использование / М.Ф. Повхан, И.А. Мельник, В.А. Андриенко [и др.] / Под ред. акад. И.А. Мельника. – К.: УкрИНТЭИ, 1994. – 128 с.

4. Вплив біогумату на адаптацію рослин у ґрунті після культивування *in vitro* / О.Є. Абраїмова, К.В. Деркач, С.М. Гармаш, Т.М. Сатарова // Микробные биотехнологии: актуальность и будущее: материалы VIII межд. конф. Radostim (Киев, 19–22 нояб. 2012). – Киев, 2012. – С. 86–87.
5. Гармаш С.М. Агроекологічна та економічна ефективність біоконверсії відходів переробної промисловості в біогумус // Механізація, екологізація, конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць ІМТ НААН. – 2011. Вип. 2. № 8. – С. 116–123.
6. ГОСТ Р 17.4.3.07 – 2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. Введён впервые 2001-10-01. – М.: Госстандарт России, 2001. – 8 с.
7. Мельник И.А. Вермикультивирование: история, достижения, мифы, перспектива // Вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: сб. науч. трудов III Межд. науч.-практ. конф. ведущих ученых, специалистов, предпринимателей и производителей (Минск, 10–14 июня 2013). – Минск: НПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», 2013. – С. 25–35.
8. Патент України 73966, 10.10.2012.
9. Патент України 56619, 15.05.2003.
10. Харитонов М.М., Гармаш С.М., Дудка М.І. Перспективи використання продуктів біоконверсії відходів АПК у біологічному землеробстві // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. 60. Днепрпетровск: Изд-во Придн. гос. акад. стр-ва и арх., 2011. – С. 181–185.
11. [Contreras-Ramos Silvia M., Álvarez-Bernal Dioselina, Dendooven Luc. Characteristics of earthworms \(*Eisenia fetida*\) in PAHs contaminated soil amended with sewage sludge or vermicompost // Applied Soil Ecology. – 2009. Vol. 41. № 3. – P. 269–276.](#)
12. [Dominguez Jorge, Edwards Clive A. Relationships between Composting and Vermicomposting. Chapter 2. In: Clive A. Edwards, Norman Q. Arancon, Rhonda Sherman \(Ed.\) Vermiculture Technology. – London: Taylor & Francis Group, LLC. – 2011. – 25 p.](#)
13. Earthworms for safe and useful management of solid wastes and wastewaters, remediation of contaminated soils and restoration of soil fertility, promotion of organic farming and mitigation of global warming: A review / Rajiv K. Sinha, Upendra Patel, Brijalkumar K. Soni, Zheng Li. // J. Environ. Waste Manage. – 2014. Vol. 1. № 1. – P. 11–25.
14. Hussaini A. Vermiculture bio-technology: An effective tool for economic and environmental sustainability // Afr. J. Environ. Sci. Technol. – 2013. Vol. 7. № 2. – P. 56–60.

15. [Lalander C.H., Komakech A.J., Vinneras B. Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms – Kampala case study // Waste Management. – 2015. № 39. – P. 96–103.](#)
16. Londhe P.B., Bhosale S.M. Recycling of solid wastes into organic fertilizers using low cost treatment: vermicomposting // Int. J. Innov. Eng. Res. Technol. – 2015. Vol. 2. № 6. – P. 1–11.
17. Perets D.V., Smetanin V.T., Garmash S.N. The nonwaste technology of utilization of the vegetable wastes by the vermyculturing in the Ukraine // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach: research articles. Titusville: L&L Publishing. – 2012. Vol. 1. – P. 140–141.
18. Thiruneelakandan R., Subbulakshmi G. Vermicomposting: a superlative for soil, plant, and environment // Int. J. Innov. Eng. Res. Technol. – 2014. Vol. 3. № 1. – P. 930–938.
19. [Umamaheswari Sepperumal, Suresh Selvanayagam. Vermiremediation of sugar industry waste using earthworms *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* // Scholars Research Library European Journal of Zoological Research. – 2015. Vol. 4. № 1. – P. 28–36.](#)
20. Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs / Rajiv K. Sinha, Sunita Agarwal, Krunal Chauhan, Vinod Chandran, Brijal Kiranbhai Soni // Technology and Investment. – 2010. Vol. 1. – P. 155–172.

ГЛАВА 3

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ВЫРАЩИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Введение

Наличие в лекарственных растениях биологически активных веществ (БАВ) широкого спектра действия позволяет использовать их в медицине, пищевых технологиях, парфюмерно-косметической промышленности и т. д. При этом, технологические отходы выращивания и переработки лекарственных растений также могут быть источником целого ряда полезных соединений.

Например, шрот облепихи, который остается после получения масла, содержит значительное количество кумаринов [22], полифенольный комплекс, урсоловую кислоту, липиды [5]. Даже кора и побеги, которые остаются после агротехнических мероприятий, могут быть источником БАВ [23].

Доказано, что шроты плодов пастернака, перца, травы шалфея, подорожника большого содержат азотистые соединения, а соцветия ромашки, календулы, семена перца – липиды [21]. Отходы переработки эфиромасличной розы (*Rosa gallica* L.), которые включают шрот соцветий, клеточный сок, воск, а также побочные технологические продукты аниса и кунжута рассматриваются как вспомогательные компоненты разных лекарственных и косметических форм [11].

Из промышленных отходов переработки травы чабреца получена субстанция под условным названием «терисепт», которая имеет разнообразные лечебные эффекты. На основе использования отхода кондитерского производства – оболочек семян какао, создано лекарственное средство «Кавехол» [12]. После переработки плодов рябины остаются богатые липидами выжимки, что делает их перспективными для дальнейшего изучения и использования [14].

В отходах зверобоя, после производства препарата «Новоиманин», обнаружены гиперин, кверцетин, рутин, кверцитрин, дубильные вещества, оксикоричные кислоты. Достаточно перспективным является выделение полисахарида, который оказывает иммуностимулирующее действие [13].

Доказано, что из растений, которые выращиваются в промышленных условиях, но поражены вирусными болезнями и не могут

использоваться традиционно, можно получать масляные препараты каротина (морковь, арбуз, облепиха, крапива) [20].

Перспективным направлением является использование шротов для приготовления комбикормов [26]. Кроме кормовой ценности они могут оказывать витаминное, иммуностимулирующее, антиоксидантное воздействие на животных.

Исследования Ставропольской сельскохозяйственной академии доказали, что препарат из шрота листьев алоэ проявляет рост-регулирующую активность при предпосевной обработке семян зерновых культур [1].

Таким образом, отходы лекарственного сырья содержат в себе значительное количество БАВ, которые можно эффективно выделять, очищать и использовать.

Целью нашего исследования было определение в отходах выращивания и переработки лекарственного растительного сырья наличия лектинов и их физиологической активности. Эти белковые соединения имеют высокую и специфическую биологическую активность, участвуют в регулировании процессов деления, клеточной дифференциации, стимулировании прорастания семян, узнавании на начальных процессах образования клубеньков на бобовых и патогенезе [7; 9; 29]. Если с точки зрения химии, биохимии, медицины и физиологии лектины изучаются достаточно активно и последовательно, то прикладные аспекты их использования только начинают привлекать внимание исследователей [19].

3.1. Использование отходов переработки лекарственных растений для получения лектинсодержащих экстрактов

Лекарственные растения имеют достаточно большие ареалы распространения в мире и широко используются. Они не только заготавливаются в природных условиях, но и выращиваются в специализированных и фермерских хозяйствах, на приусадебных участках. Собранное сырье проходит технологическую обработку и переработку на специализированных предприятиях, на которых производят лекарственно-профилактическую продукцию, фармацевтические субстанции и препараты. После их производства остаются отходы, которые не представляют ценности для производства и утилизируются.

Нами были проведены исследования, которые подтвердили, что облепиховый шрот, который остается после получения масла, отходы производства препаратов из календулы и зверобоя, содержат достаточное количество лектинов и их можно эффективно выделить.

В лабораторных условиях была разработана экологически безопасная технологическая схема получения лектинов и лектинсодержащих экстрактов, приведенная на рисунках 1 и 2. Она основана (рис. 1) на свойствах некоторых экстрагентов (в данном случае – физиологического раствора) извлекать лектины из сырья.

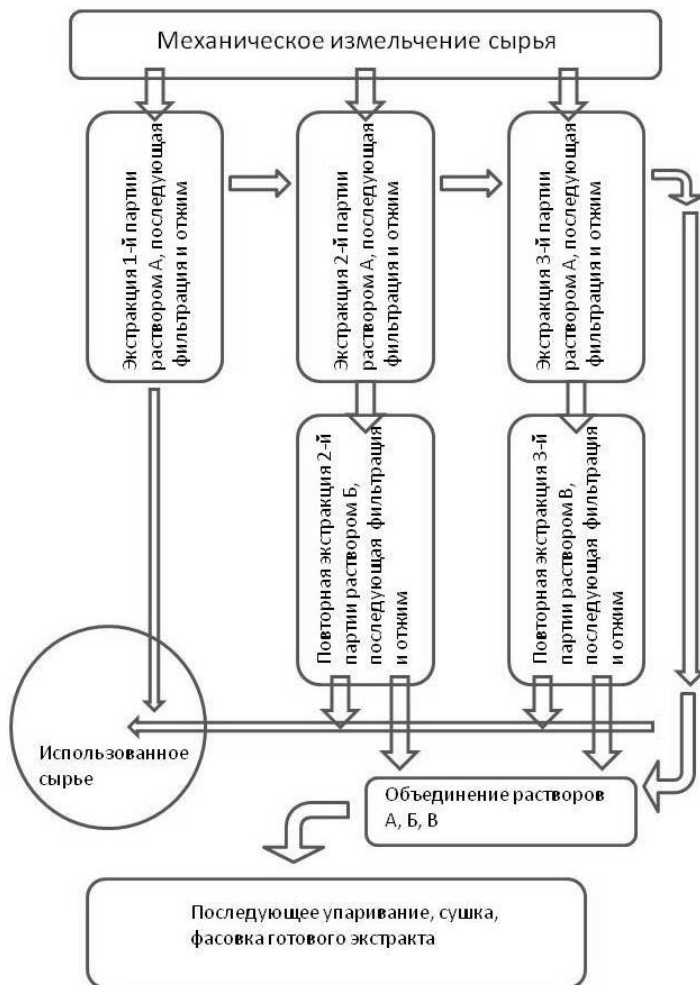


Рисунок 1. Технологическая схема выделения лектинсодержащего экстракта из шрота облепихи крушиновидной и отходов календулы



Рисунок 2. Технологическая схема выделения лектинов из отходов зверобоя пронзеннолистного

Для повышения их концентрации в экстракте процесс проводится методом обогащения, т. е. одной и той же порцией раствора экстрагируют три партии сырья. Оставшиеся полезные соединения из партий 2 и 3 экстрагируют небольшим количеством свежего экстрагента с последующим отжимом сырья и фильтрованием экстракта. Объединённый экстракт центрифугируют, концентрируют и высушивают.

Согласно проведенным расчётам, выход сухого лектинсодержащего экстракта из отходов облепихи крушиновидной составляет 0,5 %–0,55 %, т. е. из одного килограмма отходов можно получить 5,0–5,5 г экстракта. Эффективность извлечения веществ из отходов календулы лекарственной была значительно меньше – 0,3 %–0,35 %, или 3,0–3,5 г.

Технологическая схема получения лектинов зверобоя обыкновенного представлена на рисунке 2. Положительным технологическим моментом является то, что экстрагент после получения препарата можно повторно использовать в цикле (после очистки). Из отходов

зверобоя, согласно нашим расчетам, можно получить 0,2 %–0,25 % сырого препарата лектинов, что в пересчете на 1 кг отходов, составляет 2,0–2,5 г. препарата.

Проведенная оценка гемагглютинирующей активности полученных соединений свидетельствует о высокой активности веществ. Самый высокий титр был установлен у экстракта облепихи крушиновидной – 1:512. На два разведения ниже он был у зверобоя продырявленного, и самый низкий (1:16) у календулы лекарственной. Все это подтверждает целесообразность использования отходов лекарственных растений для извлечения лектинсодержащих веществ (табл. 1).

Таблица 1.

Гемагглютинирующая активность сухих лектинсодержащих экстрактов и лектинов (разведение 1 мг/мл)

Вид сырья	Титр агглютинации
Сухой экстракт облепихи крушиновидной	1:512
Сухой экстракт календулы лекарственной	1:16
Лектины зверобоя обыкновенного	1:128

3.2. Биологическая активность лектинсодержащих экстрактов

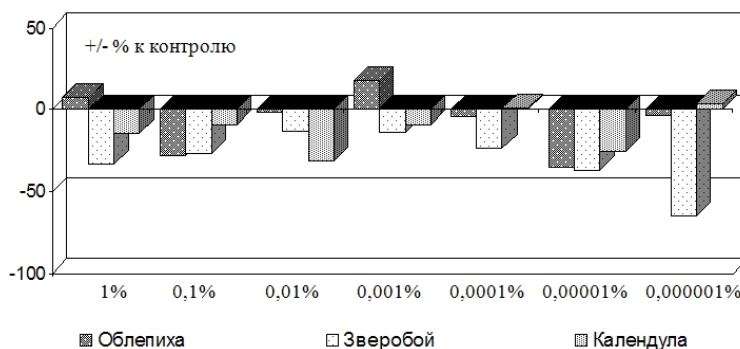
Полученные в лабораторных условиях сухие экстракты были использованы нами в лабораторных опытах, которые доказывают их высокую биологическую активность. Для испытания был выбран классический в физиологии растений биотест на прорастание семян кресс-салата [27]. Результаты свидетельствуют, что лектинсодержащий экстракт облепихи существенно стимулировал тест-объект. При этом в 10 %-й и 1 %-й концентрациях имело место ингибирование, однако в последующих разведениях наблюдалась устойчивая стимуляция до +49,1 % относительно контроля в концентрации 0,0001 %. Высокие и стабильные результаты были отмечены и для экстракта календулы. Стимуляция тест-объекта наблюдалась с разведения 0,1 %, а максимальный эффект составил +44,2 % в сравнении с контролем. Лектины зверобоя достаточно сильно угнетали рост корешков кресс-салата при всех изученных концентрациях, причем существенный эффект наблюдался во всех вариантах (табл. 2).

Таблица 2.

**Биологическая активность экстрактов
(кресс-салат, +/- % к контролю)**

Растения	Гемагглю- тинирующая активность лектинов (единицы)	Концентрации экстракта (%)					
		10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
Облепиха крушиновидная	24,0	-100	-79,2	+9,3	+19,3	+36,8	+49,1
Зверобой продырявленный	16,5	-100	-91,0	-68,4	-60,0	-72,6	-32,6
Календула	6,0	-51,2	-13,95	+26,7	+44,2	+13,95	+13,95

Известно, что лектины могут специфически взаимодействовать с прорастающими спорами и вызывать нарушения роста и развития гиф [28]. В связи с этим, было изучено действие лектинов на прорастание телиоспор пыльной головки ячменя (рис. 3) [15].



**Рисунок 3. Влияние лектинов лекарственных растений
на прорастание телиоспор пыльной головки ячменя
(*Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw.)**

Было установлено, что все изученные агглютинины угнетали прорастание телиоспор. Особенно следует отметить лектины зверобоя продырявленного, которые тормозили прорастание объекта во всех изученных нами концентрациях до -64,6 % в сравнении с контролем. Лектины календулы и облепихи также показали свою эффективность

в ряде концентраций. Отмечено, что при больших разведениях биологическое действие соединений не уступала, а иногда и превышала эффективность при концентрации 1 %–0,01 %. Указанные закономерности могут быть теоретической основой для разработки биопрепаратов растительного происхождения для органического земледелия.

3.3. Утилизация отходов выращивания эхинацеи пурпурной и эхинацеи бледной

На сегодня для производителей лекарственного сырья проблема утилизации отходов выращивания является весьма актуальной [4]. Больше всего это касается многотоннажных лекарственных культур, таких как: валериана лекарственная, ромашка, календула и другие. С ростом посевных площадей увеличивается количество отходов, которые образуются во время выращивания лекарственного сырья и не используются фармацевтической промышленностью.

На сегодня наиболее распространенным и простым путем переработки отходов выращивания лекарственного сырья является заделывание в почву растительных остатков (рис. 4). Также отходы можно использовать для производства биогаза и компостирования [2; 8]. Есть возможность применять остатки лекарственных растений в кормопроизводстве, в качестве кормовой добавки, и в силосовании кормов [6]. Путем микробиологической переработки производят биотопливо [3]. Перспективно применение растительных остатков для производства пеллет – спрессованных брикетов для отопления, как источник энергии.

Учитывая широкий спектр биологически активных компонентов в представителях рода *Echinacea* [26], а также рост площадей возделывания культуры в Украине, России и др. странах [17], мы изучали пути биоконверсии отходов. После сбора сырья и первичной переработки его используют в фармацевтической промышленности, в результате чего получают препараты или субстанции. Во время их производства, в основном, методами экстрагирования, остаются отходы, переработку которых можно осуществить двумя путями. Первый – первичная переработка, за счет вовлечения отходов производства препаратов в повторное использование и получение БАВ, которые остались. Второй – вторичная переработка, которая может включать в себя микробиологическую переработку и компостирование для органического земледелия (рис. 5).

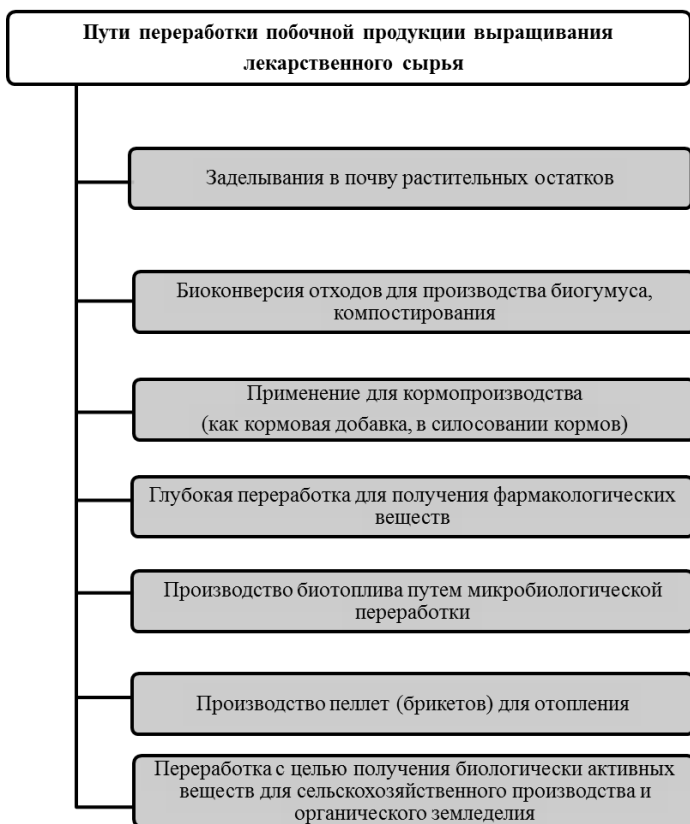


Рисунок 4. Пути переработки побочной продукции выращивания лекарственного сырья

Во время выращивания и сбора эхинацеи образуется побочная продукция ее выращивания, которая также может быть использована в нескольких направлениях, таких как фармацевтическое и биоэнергетическое. Также возможно их использование в органическом земледелии, растениеводстве и животноводстве.



Рисунок 5. Схема безотходного использования эхинацеи

При сборе и обмолоте семян эхинацеи, который начинают на втором году вегетации, остаются отходы (полова). Остатки корзинок, семян и часть стеблей не используются в производстве и поэтому подлежат утилизации. В процентном соотношении наибольшую долю полове занимают части стеблей, их количество в среднем составляет 60 %. Наименьшее количество (до 8 %) – поврежденные и измельченные во время механизированной уборки семена. Доля цветоноса и прицветников составляет 20 % и 12 % соответственно. Согласно расчетам, с одного растения остается до 25 г сухой полове. Таким образом, на одном гектаре посевов эхинацеи после уборки может остаться до 2,5 т/га отходов выращивания. Именно эта сухая измельченная масса и была использована нами для исследования наличие в ней биологически активных веществ.

Исследование изучения биологической активности экстрактов половы эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) и эхинацеи бледной (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) проводили методом биотестов на проростках ячменя посевного (*Hordeum sativum* Lessen.) сорта Персей. Для этого, отсортированные семена ячменя на 24 часа замачивали в воде и, в дальнейшем, раскладывали проросшие семена по 20–25 штук в чашки Петри с экстрактами (4–5 мл раствора определенной концентрации в каждую чашку) в трехкратной повторности при температуре 20–25°C. Контрольные замеры длины корней и coleoptiles проводили через 24, 48, 72 и 96 часов [4]. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программы Excel.

Водные экстракты готовили путем настаивания половы в дистиллированной воде в течение двух часов при комнатной температуре (1:10). Полученные экстракты разбавляли до концентраций 0,1 %, 0,01 %, 0,001 %. Результаты изучения влияния водных экстрактов из половы эхинацеи пурпурной на корни и coleoptiles ячменя, приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Биологическая активность водных экстрактов половы эхинацеи пурпурной

Экспозиция		Контроль		Концентрации					
				0,1 %		0,01 %		0,001 %	
		корни	колеоптиле	корни	колеоптиле	корни	колеоптиле	корни	колеоптиле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24 часа	значение, мм	27,0 ±0,59	5,65 ±0,75	29,52 ±0,63	8,13 ±0,88	29,43 ±0,74	5,7 ±0,71	29,21 ±0,62	5,9 ±0,71
	± к контролю	100 %	100 %	+9,3 %	+43,7 %	+9,0 %	+1,0 %	+7,4 %	+4,42 %
48 часов	значение, мм	60,42 ±0,83	30,05 ±1,28	64,99 ±0,86	34,51 ±1,36	65,43 ±0,88	35,38 ±1,57	57,95 ±0,84	29,13 ±1,26
	± к контролю	100%	100%	+7,56%	+14,8%	+10,8%	+17,7%	-4,08%	-4,49%
72 часа	значение, мм	87,45 ±0,99	52,51 ±1,7	97,80 ±1,07	56,72 ±1,8	89,15 ±1	60,93 ±1,81	91,59 ±1,02	54,69 ±1,75
	± к контролю	100 %	100 %	+11,8 %	+8,7 %	+1,9 %	+16,0 %	+4,73 %	+4,15 %
96 часов	значение, мм	-	67,67 ±1,95	-	67,21 ±1,91	-	77,5 ±2,03	-	64,70 ±1,87
	± к контролю	-	100 %	-	-0,6 %	-	+14,5 %	-	-4,3 %

Анализ полученных данных показал, что экстракты из шрота эхинацеи пурпурной во всех исследованных концентрациях проявили заметную стимулирующую активность на рост корней. Так, при измерении длины корней через 24 часа, варианты достоверно превышали контроль на 7,4 %–9,3 %. При последующих измерениях (на сорок восьмой и семьдесят второй часы) длина корней в опытных вариантах в основном превышала контроль на 7,56 %–10,8 % соответственно. Только при концентрации 0,01 % через 48 часов длина корней была ниже контроля на 4,08 %.

Водные экстракты эхинацеи пурпурной также стимулировали и рост coleoptile ячменя в опытах. В течение всего эксперимента показатели средней длины coleoptile в большинстве вариантов были выше контроля. При измерении через 24 часа в опытных вариантах длина достоверно превышала контроль на 1 %–43,7 %. Самая высокая стимулирующая активность была присуща экстракту в концентрации 0,1 %.

Во время последующих измерений в большинстве вариантов на сорок восьмой и семьдесят второй час длина побегов в концентрациях 0,1 % и 0,01 % превышала контрольные показатели на 14,8 %–17,7 % и 8,7 %–16,0 % соответственно. Наибольшая активность была обнаружена в концентрации 0,01 % (исследуемые варианты через 48 часов в 17,7 % были больше контроля). Активнее других концентраций она была и при следующем замере – через 96 часов. Длина coleoptile в этих вариантах превышала контроль на 14,5 %. В то же время в концентрациях 0,1 % и 0,001 % длина coleoptile была на 0,6 % и 4,3 % ниже контроля.

Эхинацея бледная на сегодняшний день исследована не так глубоко, как эхинацея пурпурная, но ее изучение очень перспективно [17]. Нами было изучено действие экстрактов из полувыводки на рост coleoptile и корней ячменя (табл. 4). Результаты исследований свидетельствуют, что экстракты эхинацеи бледной обладали не такой высокой биологической активностью, как экстракты эхинацеи пурпурной. Так, через 24 часа длина корней на опытных вариантах не существенно превышала контрольные показатели (2 %–5 %). При последующих измерениях экстракты в основном подавляли рост корней ячменя, их длина через 72 часа в большинстве опытных вариантов была меньше контрольных на 5 %–7 %.

Таблица 4.

**Биологическая активность водных экстрактов половы
эхинацеи бледной**

Экспозиция		Контроль		Концентрации					
				0,1 %		0,01 %		0,001 %	
		корни	колеоптиле	корни	колеоптиле	корни	колеоптиле	корни	колеоптиле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24 часа	значения, мм	22,09 ±0,85	11,85 ±0,77	22,54 ±0,86	12,7 ±0,73	23,0 ±1,03	12,41 ±0,85	23,28 ±0,91	11,51 ±0,67
	± к контролю	100 %	100 %	+2,03%	+7,17 %	+4,1 %	4,72 %	5,3 %	-2,87 %
48 часов	значения, мм	50,69 ±1,85	32,16 ±0,945	47,59 ±1,98	30,94 ±2,18	51,79 ±1,83	30,9 ±2,0	51,91 ±1,96	30,88 ±2,03
	± к контролю	100 %	100 %	- 6,12 %	-3,8 %	2,1 %	-3,77 %	2,4 %	-3,99 %
72 часа	значения, мм	72,02 ±2,86	51,40 ±2,86	72,73 ±2,74	50,75 ±2,90	71,34 ±2,86	51,76 ±3,12	67,57 ±2,81	48,49 ±3,14
	± к контролю	100 %	100 %	+0,9 %	-1,27 %	- 0,95 %	+0,7 %	- 6,18 %	-5,67 %
96 часов	значения, мм	-	60,07 ±5,33	-	60,82 ±4,24	-	58,63 ±7,47	-	65,3 ±4,57
	± до контролю	-	100 %	-	+1,2 %	-	-2,4 %	-	+8,7 %

Аналогичные закономерности наблюдались и при определении длины колеоптиле. В первые 24 часа в концентрациях 0,1 % и 0,01 % наблюдалось незначительное превышение длины колеоптиле в опытах по сравнению с контролем. Эта разница была достоверной и составила 4 %–7 %. В течение следующих суток длина колеоптиле в экстрактах в среднем была меньше контроля на 4 %. Подобная закономерность наблюдалась и через 72 часа – длина колеоптиле в опытах на 1 %–5 % была ниже контроля. Через 96 часов разница длины колеоптиле в сравнение с контролем составила: в 0,1 % экстрактах больше на 1,2 %, в вариантах 0,001 % – на 8,7 % (разница достоверна), а при концентрации 0,01 % – меньше на 3 %. Таким образом, только при максимальном разведении проявилась ростстимулирующая активность экстрактов.

Экстракты из шрота эхинацеи бледной в концентрации 0,1 %–0,001 % слабо стимулировали рост колеоптиле, лишь концентрация 0,001 % оказалась успешной. Очевидно, что для получения

стимуляции, а именно этот эффект является желательным, нужно действовать путем уменьшения концентраций действующих веществ.

В связи с тем, что различные части и органы эхинацеи содержат значительное количество лектинов [16; 18; 25], были проведены исследования по выделению их из отходов производства. Выделение лектинов эхинацеи из половы проводили путем низкотемпературного этанольного фракционирования. Определение активности лектинов проводили, используя гемагглютинирующую активность эритроцитов крови человека в системе АВО по общепринятым методикам [10].

Таблица 5.

Активность лектинов в составляющих половы эхинацеи (единиц)

Объект исследований	Эхинацея пурпурная	Эхинацея бледная
Стебли	4,5-6,5	16,0-20,0
Цветоложе	0,0	2,5-4,0
Прицветники	0,0	0,0-0,5

Анализ полученных данных показал (табл. 5), что самая высокая гемагглютинирующая активность была характерна для экстрактов стеблей эхинацеи бледной (16,0–20,0 ед.), в то время, как активность экстрактов цветоложа и прицветников составляла 0,5–4,4 единицы. Что касается активности лектинов в составляющих половы эхинацеи пурпурной, то она была обнаружена только в экстрактах стеблей (4,5–6,5 ед.).

Нами была разработана технологическая схема эффективного извлечения лектинов из отходов выращивания (половы) эхинацеи (рис. 6). Она основана на свойствах некоторых органических растворителей переводить лектины из растворимого состояния в нерастворимое, и путем изменения рН среды отделять балластные фракции.

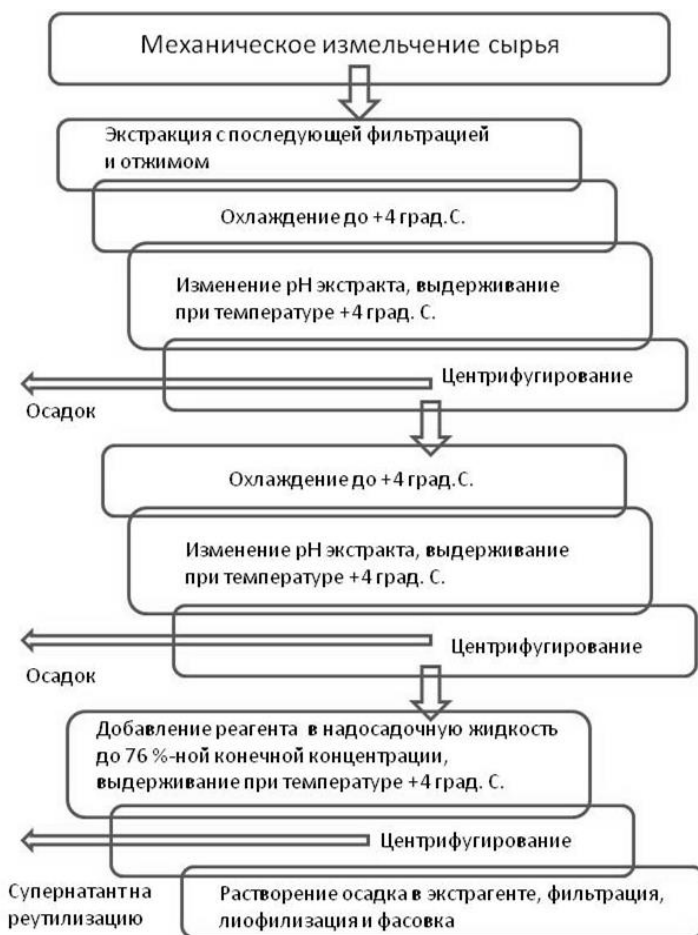


Рисунок 6. Технологическая схема выделения лектинов из коры эхинацеи

Заключение

Проведенный анализ литературных источников и наши исследования позволили установить, что утилизация отходов лекарственных растений представляет собой актуальную научную тему, нуждающуюся во всестороннем изучении. Тот факт, что растительные остатки и продукты переработки лекарственного сырья содержат БАВ,

заслуживает всяческого внимания. Особенно интересен факт обнаружения нами наличия в отходах лектинов. Учитывая широкий спектр физиологического действия лектинов на живой организм, в т. ч. и человека, отходы лекарственных растений могут стать существенной сырьевой базой получения этих уникальных белковых соединений. Отработанные технологические схемы могут быть использованы для дальнейшего промышленного внедрения наших разработок. Очень перспективной может быть разработка биопрепаратов ростстимулирующего и фунгистатического действия для аграрного производства на основе экстрактов лекарственных растений.

Список литературы:

1. Брыкалов А.В., Стерхова Д.В. Экологически безопасные биопрепараты для сельского хозяйства // Биотехнология в ФЦП «Интеграция»: тезисы докл. заоч. науч. – практ. конф. (Санкт-Петербург, окт., 1999). – СПб, 1999. – С. 125–126.
2. Буркат В.П. Біотехнологія і селекція // Вісник с.-г. науки. – 1988. – № 8. – С. 64–66.
3. Гармаш С.М., Рябченко М.О., Кулік О.П. Біоконверсія соняшникового лушпиння: монографія. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 94 с.
4. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 423 с.
5. К вопросу фармакологических исследований препаратов из отходов облепихи крушиновидной / С.М. Николаев, Д.Ц. Цыбикова, О.Ц. Цыренжапова [и др.] // Материалы 3 Международ. симпоз. По облепихе (Барнаул, 1998). – Новосибирск, 1998. – С. 111–113; 226–227.
6. Колесник М.Д. Використання ехінацеї пурпурової у кормових добавках // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 7. – С. 26–28.
7. Королев Н.П. Лектины – инструмент для исследования биологических мембран // Усп. совр. биологии. – 1978. – № 3. – С. 463–476.
8. Круподьорова Т.А., Барштейн В.Ю. Альтернативні субстрати для культивування лікарських та їстівних грибів // Мікробіологія і біотехнологія. – 2012. – № 5. – С. 47–52.
9. Линевич Л.И. Лектины и углевод-белковое узнавание на разных уровнях организации живого // Успехи биологической химии. – 1979. – т. 20. – С. 71–94.
10. Луцик М.Д., Панасюк Е.Н., Луцик А.Д. Лектины. – Львов: Вища школа, 1981. – 156 с.

11. Новые возможности использования сырья и отходов эфирномасличной и пищевой промышленности для создания лечебно-профилактических и косметических средств / И.Н. Зилфикаров, В.А. Челомбитько, Э.Ф. Степанова [и др.] // Человек и лекарство тезисы докл. 5-го Российского нац. конгр. (Москва, 21–25 апр., 1998). – М., 1998. – С. 367.
12. Новые лекарственные препараты из растительного сырья и отходов его переработки / Э.Т. Оганесян, А.В. Симонян, С.Х. Чомаева [и др.] // Человек и лекарство: тезисы докл. 1-го Российского нац. конгр. (Москва, 1992). – М., 1992. – С. 212.
13. Отходы зверобоя, продырявленного как перспективный источник биологически активных соединений / И.Г. Левашева, В.И. Сокирко, В.П. Жданова [и др.] // 3-я Укр. конфер. по мед. ботан. Тез. докл. – Ч. 1. – Киев, 1992. – С. 90.
14. Оценка качества продукта из вторичного сырья / Т.Д. Носовская, А.И. Гризодуб, Н.Г. Левин [и др.] // 3-я Укр. конф. по медиц. ботан. Тез. докл. – Ч. 1. – Киев, 1992. – С. 103.
15. Писаренко В.М., Поспелова Г.Д., Поспелов С.В. Вплив обробки ураженого насіння лектинмісткими екстрактами на шкодочинність летючої сажки та продуктивність ячменю // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. – 2000. – № 2. – С. 4–6.
16. Поспелов С.В. Лектины представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench.). 3. Особенности активности в онтогенезе *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. // Химия растительного сырья. – 2013. – № 1. – С. 128–135.
17. Поспелов С.В., Самородов В.Н. Итоги изучения представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench.) в Полтавской государственной аграрной академии // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали четвертої Міжнародної науково-практичної конференції. – Полтава, 14–15 травня 2015 р. – Полтава, 2015. – С. 63–79.
18. Поспелов С.В., Поспелова А.Д. Лектины представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench.). 2. Особенности активности в онтогенезе *Echinacea purpurea* (L.) Moench. // Химия растительного сырья. – 2012. – № 3. – С. 149–156.
19. Поспелов С.В., Самородов В.М., Поспелова Г.Д. Основні напрямки і підсумки досліджень біології лектинів у Полтавському державному сільськогосподарському інституті // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. – 2001. – № 4. – С. 42–47.
20. Постоенко В.О., Постоенко О.М., Бойко А.Л. Каротиноїди з кропиви // Захист рослин. – 2002. – № 9. – С. 17.
21. Тимофеев В.В. Биологически активные вещества в отработанном растительном сырье от производства фитохимических препаратов // Тез. докл. IV съезда фармацевтов УССР. – Запорожье, 1984. – С. 182.

22. Турецкова В.Ф., Трегубенко Н.В., Борисова О.Н. Изучение возможности комплексной переработки коры и побегов облепихи и коры сосны // Актуал. вопр. мед. науки. – 1997. – С. 666–667.
23. Турецкова В.Ф., Азарова О.В. О возможности рационального использования отходов возделывания облепихи // Материалы III Международ. симпоз. по облепихе (Барнаул, 1998). – Новосибирск, 1998. – С. 107–108; 222–224.
24. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench) и его фармакологические свойства (обзор) / В.Н. Самородов, С.В. Поспелов, Г.Ф. Моисеева [и др.] // Хим.–фармац. журн. – 1996. – Т. 30. – № 4. – С. 32–37.
25. Шершова С.В., Поспелов С.В. Биологическая активность лектинсодержащих экстрактов представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench) // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (Минск, 19–22 июня 2012). В 2 ч. Ч. 2. – Минск, 2012. – С. 218–220.
26. Шпроти лікарських рослин, як сировина для комбикормової промисловості і їх фізико-технологічні властивості / А.О. Кочетова, М.М. Мадані, Г.М. Станкевич [та ін.]. // Наукові праці Одес. держ. акад. харч. технологій. – 1996. – Вип. 16. – С. 9–15.
27. Экспериментальная аллелопатия / А.М. Гродзинский, Э.А. Головкин, С.А. Горобец [и др.]. – Киев: Наук. думка. – 236 с.
28. Agrawal P., Mahadevan A. Lectins in germinating seeds and their effect on fungi // Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung. – 1984. – 19 (3–4). – P. 219–235.
29. Etzler M.E. Are lectins involved in plant – fungus interactions? // Phytopathology. – 1981. – 71 (7). – P. 744–746.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Барштейн Виктор Юрьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией экстракции растительного сырья и биоконверсии Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (Украина, Киев).

Гармаш Светлана Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии и БЖД Украинского государственного химико-технологического университета (Украина, Днепропетровск).

Круподорова Татьяна Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник лаборатории экстракции растительного сырья и биоконверсии Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (Украина, Киев).

Нагорная Светлана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и агрохимии Полтавской государственной аграрной академии (Украина, Полтава).

Поспелов Сергей Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры земледелия и агрохимии Полтавской государственной аграрной академии (Украина, Полтава).

Поспелова Анна Дмитриевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии, охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Полтавской государственной аграрной академии (Украина, Полтава).

Коллективные и авторские монографии АНС «СибАК»

АНС «СибАК» предоставляет возможность опубликовать результаты исследований в коллективных монографиях, которые представляют собой коллективный научный труд, а также в авторских монографиях.

Книги издаются в твердом переплете с присвоением УДК, ББК и номера ISBN, а также производится рассылка экземпляров по ключевым библиотекам РФ для возможности ознакомиться с ней широкому кругу ученых.

Материалы, опубликованные в монографиях, размещаются на сайте elibrary.ru, что подразумевает их индексацию в наукометрической базе РИНЦ (Российского индекса научного цитирования). Это позволяет отследить цитируемость монографии в научных изданиях.

Будем рады видеть Ваши работы по следующим направлениям:

История

Технические науки

Медицина

Филология

Педагогика

Экономика

Социология

Юриспруденция

В соответствии с информационным сообщением ВАК № 45.1-132 от 14.10.2008 г., к публикациям в научных периодических изданиях, включенных в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, могут быть отнесены монографии, написанные по материалам оригинальных исследований автора и литературным данным.

Контакты:

630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 4.

тел. 8 (383) 2-913-800; 8-913-915-38-00.

Сайт: www.sibac.info

E-mail: monography@sibac.info

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Монография

БИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Под редакцией кандидата технических наук В.Ю. Барштейна

Подписано в печать 16.02.16. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,5. Тираж 550 экз.

Издательство АНС «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 4.
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3.