

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата биологических наук Бастрасова Александра Ивановича**  
**на тему: «Основы биоконверсии органических субстратов с**  
**использованием личинок *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)»**  
**по специальности 1.5.6. Биотехнология**

Разнообразные схемы, ставящие целью получить какие-либо ценные продукты из отходов различных производств, известны всю историю человеческой цивилизации, но в связи с новыми вызовами, связанными с ростом населения, интенсификацией животноводства и увеличением эмиссии парниковых газов возрастает доля биотехнологических производств, субстратом для которых является органические отходы, а на выходе может быть получен ценный белковый продукт. Микробиологам хорошо известны производства белка одноклеточных организмов, развитие которых испытывало драматические флуктуации, связанные, как правило, со стоимостью субстрата и особенностями получаемого продукта, но микробы – не единственные потребители органического вещества, которое невозможно использовать как пищу или традиционный корм для с/х животных. Одной из альтернатив является использование личинок насекомых, которые способны использовать в пищу различные органические отходы, и являются хорошим источником дополнительного белка. Поэтому проведенное диссертантом исследование является, безусловно, актуальным и содержит прикладную и фундаментальную составляющую, поскольку работа Бастрасова А.И. посвящена как определению конкретных рекомендаций по культивированию личинок мухи черная львинка на различных типах кормовых смесей при различных температурах, начальной влажности и значения рН субстрата, так и на определение эмиссии различных парниковых газов при культивировании личинок в сравнении с микробным сообществом. Также изучены свойства остатка субстрата после выращивания личинок (зоокомпоста) и предложены варианты его использования.

Научную новизну работы определяют следующие достижения диссертанта:

- Представлены оригинальные характеристики процесса биоконверсии, полученные при переработке широкого спектра субстратов: эмиссии парниковых газов и аммиака, показатели конверсии субстратов, роль температуры, рН, влажности и высоты слоя субстрата и плотности личинок.
- Приведен общий баланс масс и конкретный баланс при биопереработке осадков пищевого производства, пищевых отходов и комбикорма.
- Впервые показаны антинематодные свойства зоокомпоста. Установлено, что численность энтеробактерий в зоокомпостах ниже, чем в естественных компостах.

Практическая значимость определяется необходимостью организации биотехнологического производства с минимальным количеством отходов, непригодных для использования. Автором показано, что, наряду с целевым продуктом – биомассой личинок *H. illucens*, можно получить дополнительный – зоокомпост, который можно использовать как компонент почвенных смесей для культивирования растений.

Диссертационная работа построена по общепринятому плану, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов и списка использованной литературы. Работа изложена на 164 страницах, содержит 60 рисунков и 11 таблиц. Список литературы включает 183 литературных источника, в том числе 164 иностранных. В целом, работа обладает внутренней логикой, написана понятным научным языком и хорошо иллюстрирована. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работы: 3 статьи в журналах, индексируемых в базах данных WoS, SCOPUS и RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В.Ломоносова, 4 статьи в РИНЦ, 6 патентов. Однако, в диссертации указано на одну работу больше (статью 2022

года в журнале «Journal of insects as food and feed»). Также результаты представлены на российских и международных конференциях.

Диссертация начинается с раздела "Введение", в котором автор кратко описывает возможности процесса биоконверсии различных органических субстратов с помощью личинок мухи черная львинка и преимущества данной технологии по сравнению с традиционными способами переработки. Далее изложена общая цель работы, и конкретизирующие её четыре задачи, связанные с определенными аспектами процесса биоконверсии.

Глава 1. "Обзор литературы" хорошо структурирована и описывает все аспекты заявленной проблематики, начиная с особенностей жизненного цикла мухи черная львинка, влияния на процесс биоконверсии типа органического субстрата, температуры, влажности, значения pH, плотности личинок на единицу объёма субстрата и заканчивая оценками потенциала зоокомпоста как удобрения. Также рассмотрены баланс веществ и эмиссия парниковых газов в сравнении традиционным компостированием органических отходов. Необходимо отметить, что автору при написании раздела пришлось столкнуться с чрезвычайно разнородными литературными данными, как описывающими использование личинками самых разных по составу и происхождению субстратов, так и с характеристиками, которые авторы сочли необходимым изучить, со систематизацией которых диссертант успешно справился.

Экспериментальная часть работы состоит из трех глав. В Главе 2 "Материалы и методы" автор приводит описание значительного числа примененных методов, в том числе, культивирование мух в лаборатории, работа с микрокосмами в серии экспериментов по определению эмиссии CO<sub>2</sub>, газовая хроматография, определение численности микроорганизмов. Обращает на себя внимание тот факт, что диссертанту пришлось работать с максимально разнообразными живыми объектами: насекомыми, микроорганизмами, нематодами и растениями (томатами). Кроме того, в отдельный подраздел

(2.2.2.) вынесен способ подсчета показателей для количественной оценки биоконверсии субстратов. В разделе 2.7. перечислены методы и программы статистической обработки данных, в том числе корреляционный анализ, что, без сомнения, позволило получить достоверные результаты.

Глава 3 "Результаты исследования" содержит значительный массив экспериментальных данных, полученных соискателем лично или при его участии. Изучены показатели процесса биоконверсии для разнообразных субстратов, которые включали отходы различных производств, зерновые культуры, специально подобранные смеси для культивирования насекомых в лабораторных условиях. Были определены: выход биомассы личинок, продолжительность биоконверсии, химический состав биомассы личинок, содержание различных аминокислот, жирнокислотный состав энтомологического жира. Второй раздел главы посвящен рассмотрению влияния факторов внешней среды на процесс биоконверсии – температуры, влажности воздуха и начальной влажности субстрата, pH субстрата, начальной высоты слоя субстрата, плотности посадки личинок.

Далее диссертантом был изучен процесс эмиссии парниковых газов, сопровождающий биоконверсию. В динамике были определены концентрации  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , а также аммиака, и показано, что основное количество выделяющихся газов приходится на углекислоту (99,9%), а абсолютные количества метана и закиси азота значительно меньше по сравнению с традиционным компостированием. Картина изменения количества выделяющихся при переработке личинками субстратов газов обсуждена исследователем, но, к сожалению, не было сделано попытки связать воедино динамику увеличения или уменьшения эмиссии перечисленных газов в изучаемой системе. Также рассчитан баланс масс субстратов по сухому веществу

Четвертый раздел главы включает работу по изучению свойств зоокомпоста, содержанию в нем биогенных элементов, динамике численности культивируемых гетеротрофных бактерий и бактерий, растущих на

дифференциально-диагностической среде Эндо, антинематодных свойств и влиянию на состояние растений, зараженных фитопатогенными нематодами. Убедительно продемонстрировано явление полной элиминации как сапробиотических, так и фитопаразитических нематод в субстрате, подвергнутому переработке личинками *H. Illucens*, что несомненно представляет очевидный практический интерес. Кроме того, диссертантом показано снижение влияния заражения нематодами на развитие растений в опытах с томатами чувствительного сорта при внесении зоокомпоста, также отмечено уменьшение количества галлов на корнях, их размер и количество яиц в отеках самок нематод.

Глава 4 содержит практические рекомендации по выращиванию личинок *H. Illucens* с указанием диапазонов температуры, влажности воздуха и субстрата, технологические схемы производства, описание оборудования, необходимого для подготовки субстрата, выращивания личинок, отделения зоокомпоста и его дальнейшей обработки, высушиванию личинок и получения конечных продуктов – белковой кормовой добавки и энтомологического жира.

Заключение и выводы логично формулируются из полученных результатов и отражают основные положения диссертации.

К несомненным достоинствам работы можно отнести рассмотрение изучаемого процесса максимально целостно. Прослежены не только превращение кормового субстрата личинками в целевые продукты – белковую добавку и жир, но и оценено количество и возможность применения всех образующихся продуктов и отходов. Такой комплексный подход позволил оценить не только очевидный плюс переработки каких-либо субстратов с помощью личинок, но и степень влияния на пул парниковых газов по сравнению с традиционными способами переработки органических отходов и, кроме того, получить дополнительный продукт – зоокомпост, также обладающий хозяйственно-ценными свойствами.

К сожалению, работа Бастрарева А.И. не лишена недочетов.

1. Одним из них является очень малое представление сравнительного обсуждения полученных результатов и имеющихся литературных данных. Сведения из литературных источников обсуждаются отдельно в обзоре литературы, а также в небольших вступлениях к экспериментальным разделам, также в заключениях к этим разделам обсуждаются собственные данные, но сравнительных рассуждений очень немного.
2. В Главе 2 "Материалы и методы" вызывает недоумение описание метода подсчета клеток микроорганизмов с использованием люминесцентного микроскопа на мазках, окрашенных акридиновым оранжевым – далее, в главе 3 «Результаты исследования», нет результатов, которые могли бы быть получены этим способом.
3. В главе 3 «Результаты исследования», к поставленным экспериментам нет объяснения, почему для серии опытов, описываемых в разделах 2, 3 и 4 выбраны различные кормовые субстраты. Так как от типа субстрата зависит эффективность и скорость конверсии, на выбор субстрата наверное, нужно обратить пристальное внимание и посвятить в него читателя.
4. В серии экспериментов по влиянию зоокомпоста на состояние зараженных нематодами растений способы хранения вариантов зоокомпоста различны – полученный на основе фруктово-овощной смеси зоокомпост высушивали, а на основе картофельного субстрата – замораживали. Соответственно, остается открытым вопрос, влияет ли способ обработки на изучаемые свойства, и все ли различия в действии зоокомпостов на инфицированные томаты и нематод связаны с исходным субстратом биоконверсии.
5. Для экспериментов по изучению динамики численности культивируемых гетеротрофных бактерий и бактерий, растущих на среде Эндо приходится отметить, что автором не приводится какого-либо материала для сравнения, остается неясным, существуют ли определенные нормы по общему количеству микроорганизмов или по количеству энтеробактерий, применяемые для подобных субстратов. Кроме того, среда Эндо не является

элективной, и на ней могут расти как оксидазоотрицательные энтеробактерии, так и оксидазоположительные псевдомонады.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.6 – Биотехнология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Бастраков Александр Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология (биологические науки).

Официальный оппонент:

кандидат биологических наук,

доцент кафедры микробиологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»,

Егорова Мария Анатольевна

4 мая 2023 г.

Контактные данные:

тел.: 8 (495) 939-45-45, e-mail: mashaegorova@

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

03.00.07 Микробиология

Адрес места работы:

119234, г. Москва, Ленинские Горы 1, стр. 12.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени  
М.В.Ломоносова», Биологический факультет, Кафедра микробиологии

Тел.: 8 (495) 939-45-45; e-mail: [mail@microbiomsu.ru](mailto:mail@microbiomsu.ru)