

## СОСТАВ БИОРЕАКТОРА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИЧИНОК МУХ

Борисов Б.А.<sup>1</sup>, Гладышева М.С.<sup>1</sup>, Молодкина Н.Р.<sup>1</sup>

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Молодкина Н.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР №625137 «Экотехнологические подходы к устойчивой переработке и валоризации органических отходов»

### Введение

Личинка мухи черной львинки является устойчивым источником белка, при выращивании которого перерабатываются органические отходы и снижаются выбросы парниковых газов. Личинки используют отходы в пищу, в конце процесса остается биомасса и зоогумус, используемый как удобрение. Выращивание происходит в контейнерах с тонким слоем отходов и личинок. Для промышленного производства необходимо увеличить объемы производства, унифицировать состав сырья и готовой продукции, автоматизировать процессы для минимизации ручного труда. Известна динамика выбросов оксидов азота и углерода во время цикла переработки, зависимость выбросов от состава и кислотности субстрата [1]. Объем выбросов пропорционален метаболической активности организмов. Для работы биореакторов по культивированию более мелких организмов существуют системы мониторинга среды и автоматического перемешивания. Автоматические биореакторы производства личинки мухи черной львинки являются предметом исследований.

### Основная часть

Для выращивания личинки предлагается применять полый горизонтальный биореактор барабанного типа с медленным вращением (20-30 об./час). Подача воздуха и отвод выбросов могут осуществляться с помощью трубы вдоль оси реактора с противоположных торцов. Перемешивание необходимо для усреднения состава выбросов, регулировки температуры и аэробных условий [2].

Плотность личинок в субстрате зависит от состава сырья и требуемого состава продукции. Различная плотность приводит к изменению контролируемых параметров и эффективности биоконверсии. Более высокая плотность достигается за счет интенсивного перемешивания [3]. Мониторинг температуры, влажности и концентрации отходящих газов производится датчиками внутри барабана, объединенными в сеть управления. Автоматически регулируется подача воздуха, интенсивность вращения барабана и определяется точка окончания переработки.

После переработки извлечение совмещается с сепарацией для ускорения процесса и снижения рабочей площади. Отделение личинок от субстрата возможно в секции барабана с ситом или продольными прутьями и увеличенной скоростью вращения под наклоном.

### Выводы

Необходимы исследования для расчета точных зависимостей между динамикой температуры и выбросов и стадиями роста личинки. Внедрение системы машинного обучения и искусственного интеллекта может позволить выявлять окончание процесса без участия человека. Автоматизация перемешивания и сепарации в проектируемом опытно-промышленном образце будет производиться за счет вращения горизонтального барабана. Предлагаемая технология автоматизирует технологические процессы биоконверсии

органических отходов для увеличения объемов переработки и снижения стоимости конечной продукции.

#### Литература

1. Coudron C.L., Berrens S., Van Peer M., Deruytter D. Ammonia emissions related to black soldier fly larvae during growth on different diets // *Journal of Insects as Food and Feed*. 2024. Vol. 10. P. 1469–1483. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001049>.
2. Šantek B., Ivančič M., Horvat P., Novak S. Horizontal Tubular Bioreactors in Biotechnology // *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 2006. Vol. 20. P. 389–399. <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2014.445>.
3. Siddiqui S.A., Castro-Muñoz R., Süfer Ö., Lutuf H. Enhancing the bioconversion rate and end products of black soldier fly (BSF) treatment – A comprehensive review // *Environment, Development and Sustainability*. 2025. Vol. 27. P. 9673–9741. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04306-6>.