

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА С ПОМОЩЬЮ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ

Я.А. Масютин, М.С. Кожикин

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия,

В настоящее время в Калининградской области ведётся работа по созданию и совершенствованию технологий утилизации различных видов промышленных и бытовых отходов, в том числе и отходов пищевой промышленности. По состоянию на 2018 год даны поручения Президента РФ по ликвидации незаконных свалок и созданию индустрии переработки отходов [1]. В Калининградской области предприятия по переработке мяса скота и мяса птицы используют нормированные технологии по утилизации сточных вод и шлама после обращения с сырьём, из которого изготавливают готовые продукты, в т. ч. полуфабрикаты. Однако потенциал по дальнейшему использованию продуктов переработки, в частности производственного жиросодержащего шлама не реализуется в полной мере.

В Калининградской области на сегодняшний день наблюдается активное развитие сельского хозяйства [2]. В связи с этим происходит увеличение отходов производств, непосредственно связанных с сельским хозяйством. Примером таких отходов является жиросодержащий шлам, утилизация которого является серьёзной проблемой для предприятий пищевой промышленности. Одним из оптимальных способов решения проблемы утилизации жиросодержащего шлама является его вермикомпостирование [3]. Продуктом вермикомпостирования органических отходов является биогумус (биоудобрение), который содержит множество питательных веществ для растений, а также более эффективен, чем навоз, компост и др. [4]. Предприятия, применяя вермикомпостирование, как способ дальнейшей переработки органических отходов, не только улучшают экологическую обстановку, но и создают дополнительный продукт – биоудобрение, имеющий добавленную стоимость.

Для исследования возможности переработки жиросодержащего шлама с помощью вермикомпостирования был предоставлен опытный образец от предприятия Калининградской области по переработки мяса птицы. Производственный жиросодержащий шлам состоит из продуктов переработки мяса птицы (панировочные сухари, мука, растительные и машинные масла, крахмал, специи, белок, молочные продукты, пищевые волокна, овощи и мясо мелкодисперсного состояния), фекалий и продуктов переработки сточных вод (коагулянты, активный ил).

Образец шлама после фильтр-пресса был исследован на количественное содержание влаги, сухого остатка, белков, жиров и углеводов согласно МУ 4287–86 «Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах» (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты определения химического состава образца производственного шлама

Наименование показателя	Значение показателя, % мас.	Метод испытания
Содержание сухого остатка	30,8	ГОСТ Р 57758 – 2017
Массовая доля золы	3,2	МУ № 4287–86 (Москва 1986 г.)
Массовая доля белка	5,0	МУ № 4287–86 (Москва 1986 г.)
Массовая доля сырого жира	66,0	МУ № 4287–86 (Москва 1986 г.)
Массовая доля углеводов	25,8	МУ № 4287–86 (Москва 1986 г.)

Также был изучен липидный состав образца методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС) (Таблица 2) с помощью газового хроматографа Agilent Technologies 7890В с масс-спектрометрическим детектором Agilent Technologies MSD 5977В, колонка НР-5, 30 м.

Таблица 2 – Результаты изучения липидного состава методом ГХ-МС

Наименование компонентов	Содержание, % мас.	Метод испытаний
Метиловый эфир пальмитиновой кислоты	8,781	ГОСТ 31663–2012
Метиловый эфир 9,12–октадекадиеновой (Z, Z)–(линолевой) кислоты	20,353	
Метиловый эфир 7-октадеценовой кислоты Метиловый эфир 8-октадеценовой кислоты Метиловый эфир 9-октадеценовой (олеиновой) кислоты	63,024	
Метиловый эфир 11 – октадеценовой кислоты	3,970	
Метиловый эфир стеариновой кислоты	2,560	
Метиловый эфир 11 – эйкозеновой кислоты	1,134	
Прочие компоненты	0,178	

Таблица 3 – Параметры процесса обработки производственного шлама при аэрировании в смеси с активным илом и целлюлозным наполнителем.

№ пробы	Объёмное соотношение компонентов (шлам: активный ил: опилки)	Температура обработки, °С	Давление подачи воздуха, бар	Продолжительность обработки шлама, сутки	Поддерживаемая влажность шлама
1	1:1:1	60	0,5	30	70–80 %
2	1:1:4	60	0,5	30	70–80 %
3	1:1:1	20	0	30	70–80 %
4	1:1:4	20	0	30	70–80 %

Следующим этапом проводилась обработка производственного шлама при аэрировании воздухом в смеси с активным илом и целлюлозным наполнителем (древесные опилки) согласно патенту «Способ обработки жиросодержащих осадков сточных вод» с целью наиболее полного разложения исходных органических веществ до безопасных соединений, которые могут быть переработаны с помощью вермиккультуры в биогумус [5]. В ходе проведения экспериментов параметры обработки шлама варьировались для установления оптимальных значений применительно к исследуемому производственному шламу. Изучаемые параметры переработки представлены в таблице 4.

В результате исследования по органолептическим показателям и поведению вермиккультуры при добавлении к ней проб было установлено, что наиболее полное окисление органических веществ наблюдалось при температуре 60 °С. Различное соотношение производственного шлама и целлюлозосодержащего наполнителя незначительно влияет на полноту окислительных реакций. К тому же соотношение 1:1:4, соответственно, затрудняет перемешивание и аэрацию проб. Также для полноты протекания процесса вермикультивирования предпочтительна подача воздуха под давлением (0,5 бар), т.н. принудительная аэрация, в сравнении с проведением обработки на воздухе.

В дальнейшем обезвреженный шлам смешивался с субстратом (питательная среда для вермиккультуры, состоящая из почвы, торфа и компоста) в пропорции 1:1. Вермикомпостирование проводилось с помощью дождевых червей *Eisenia fetida* марки «Старатель» в течение 1–3 месяцев до визуального исчезновения шлама и неприятного запаха.

С помощью микробиологических индикаторов была оценена возможность переработки испытуемого шлама с помощью вермикомпостирования. Такими индикаторами являются микроорганизмы, входящие в состав копролитов червей. Наличие их в анализируемом образце указывает, что был произведён процесс вермикомпостирования [6].

Для микробиологического испытания были отобраны 2 образца: субстрат червей – образец № 1 и вермикомпост (шлам и субстрат в пропорции 1:1 после проведения вермикомпостирования) – образец № 2, которые были сравнены с торфо-минеральным грунтом без биогумуса (вермикомпоста) (Универсальная почвенная смесь «Золото флоры») – образец № 3 [6]. Образцы анализировали по показателям, указанных в Таблице 4 [7].

Таблица 4 – результаты изучения микробного и грибкового состава образцов

Показатель	Метод	Численность		
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Общее микробное число, N×10 ⁴	Методом прямого посева на мясопептонном агаре	8790,0 ± 712,6	348,1 ± 30,8	2721,3 ± 480,4
Нитрификаторы, N×10 ⁴	Методом предельных разведений на среде Виноградского	30,5 ± 3,1	5,3 ± 4,5	<10 ²
Актуальная активность азотобактера, %	Методом Виноградского на безазотистой среде Эшби	96,77 ± 1,9	87,10 ± 1,8	0

В данном ряду образцов, образец № 1 выступал в качестве эталона сравнения поскольку в нем культивировались черви, и он заведомо содержал их копролиты. На основании результатов, представленных в таблице 4, можно сделать вывод о переработке червями жиросодержащего шлама в образце № 2 и, соответственно, о протекании процесса вермикомпостирования. Несмотря на отсутствие принципиальной разницы в значениях общего микробного числа, показатели количества нитрификаторов и актуальной активности азотобактера демонстрируют наличие копролитов червей и, как следствие, возможность безопасной утилизации шлама с образованием биогумуса, экологически чистого удобрения.

Обобщая результаты проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Жиросодержащий шлам предприятия по переработке мяса птицы состоит преимущественно из жиров (66,0 % мас.), а также углеводов (25,8 % мас.) и белков (5,0 % мас.).

2. Липидный состав шлама представлен в основном (более 85 % мас.) метиловыми эфирами ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой и др.), а также метиловыми эфирами насыщенных жирных кислот (пальмитиновой и стеариновой).

3. Оптимальными параметрами переработки жиросодержащего шлама и его вермикультивирования являются следующие: объёмное соотношение компонентов (шлам: активный ил: опилки) – 1:1:1, температура обработки шлама – 60 °С, давление подачи воздуха – 0,5 бар, поддерживаемая влажность шлама – 70–80 %, продолжительность обработки шлама – 30 суток, продолжительность вермикомпостирования – 30–90 суток.

4. В результате микробиологических испытаний было косвенно установлено, что в образцах почвы со шламом присутствуют копролиты дождевых червей, свидетельствующие о протекании процесса вермикомпостирования.

5. Таким образом, процесс вермикомпостирования может быть использован для безопасной утилизации и переработки жиросодержащего шлама предприятий пищевой промышленности Калининградской области.

ЛИТЕРАТУРА

Большая пресс-конференция Владимира Путина – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/59455> (дата обращения 12.08.2019)

Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2018 году». Калининград. – 2019. – С. 201.

Суханова И.М. и др. Вермикомпостирование как решение экологической проблемы утилизации отходов животноводства // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – №. 223.

Вахабов А., Тиркашев Л.Я., Мухаммаджонов М.М. Роль биогумуса в ускорении всхода семян сельскохозяйственных культур // Теоретические и прикладные аспекты современной науки”. Восьмой международный научный проект. Белгород. – 2015. – С. 18–21. UA 14786 С1, 18.02.1997.

Терещенко Н.Н., Юнусова Т.В., Писарчук А.Д. Микроорганизмы уникальные индикаторы качества вермикомпоста // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №. 5.

Практикум по микробиологии: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Изд. Центр «Академия», 2005. – 608 с.