

КОМПЛЕКСНАЯ БИОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ АГРОПРОИЗВОДСТВА С ПОЛУЧЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК, ОБОГАЩЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ***В.П. Молчанов, Ю.Ю. Косивцов, Е.А. Виноградова, М.Г. Сульман****ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия*

Возрастающие потребности в продукции химико-фармацевтической и пищевой промышленности требуют создания новых технологий синтеза ценных биологически активных соединений. Многочисленные биохимические и биотехнологические исследования показывают возможность использования специфических процессов из этих областей для промышленного синтеза целевых компонентов на основе дешевого природного органического сырья. В аспекте ожидаемого истощения природных ресурсов решение этой проблемы приобретает особое значение, так как продукты фотосинтеза и животного мира в будущем могут стать почти единственным полимерным сырьем для химического синтеза и биотехнологии.

Приемлемыми средствами для получения биологически активных веществ могут служить процессы биоконверсии, в которых доступные органические материалы играют роль исходного субстрата как для синтеза отдельных целевых компонентов, так и для получения эффективных удобрений и кормовых добавок с заранее заданными свойствами. Одним из наиболее перспективных направлений биоконверсии материалов природного происхождения является твердофазная ферментация органических отходов и трудногидролизуемого растительного сырья. К сожалению, данный процесс не реализован в промышленном масштабе, поскольку необходимые для этого микробиологические, физико-химические и кинетические исследования до настоящего времени не проводились.

Сырьем для твердофазной биоконверсии может служить разнообразное углеродсодержащее сырье. Органические отходы сельского хозяйства и различных отраслей промышленности являются доминирующим видом потенциального сырья для микробиологической конверсии во многих странах. В качестве потенциального сырья могут рассматриваться отходы пищевых производств (молокоперерабатывающей промышленности, крахмалопаточного и хлебопекарного производства), торф, навоз, отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности (опилки, кора, мелкая стружка), отходы производства кукурузы, хлопчатника, винограда, отходы табачной промышленности.

Важнейшими свойствами сырья, используемого для биоконверсии, являются уровень биогенности (он определяется в первую очередь содержанием микроорганизмов в отходах сельского хозяйства), а также содержание углерода, способное обеспечить этот уровень за счет энергетики, привносимой углеродсодержащими растительными остатками, которые в свою очередь являются базовыми связующими звеньями для всех реакций метаболизма в клетках микроорганизмов. Таким образом, именно наличие в исходном органическом сырье присущих ему сообществ микроорганизмов и необходимых для них элементов питания способно определять ход процесса ферментации и формирование конечного продукта.

Как правило, в начале процесса ферментации преобладают аэробные мезофильные бактерии, в то время как на последующих стадиях численность этих бактерий уменьшается, и увеличивается популяция актиномицетов. Затем начинают развиваться целлюлозоразрушающие грибы. При повышении температуры до 80 °С подавляется рост микроорганизмов, в том числе термофильных патогенных бактерий. В связи с этим следует поддерживать условия, при которых, с одной стороны, будет погибать патогенная микрофлора, а с другой – развиваться микроорганизмы, ответственные за деградацию биополимеров. После нагрева органической массы наступает фаза остывания. В этой стадии происходят сложные реакции между остатками лигнина, полисахаридов и белками погибших микроорганизмов.

Для стимуляции процесса ферментации используют различные физические воздействия: температуру, ультразвук, аэрацию, а также добавляют различные макро- и микроэлементы.

В Институте нано- и биотехнологий Тверского государственного технического университета выполнено комплексное исследование процесса биоконверсии смеси органических отходов животноводства и трудногидролизуемого сырья растительного происхождения с дополнительным внесением в исходную смесь различных солей аскорбиновой кислоты. Процесс ферментации проводился по трехэтапной схеме:

Подготовительный этап – приготовление исходной смеси «торф-навоз» в соответствии с экспериментально определенным ранее оптимальным соотношением 50:50, введение биологически активных стимуляторов, перемешивание.

Инкубационный этап – выдержка ферментируемой органической массы в течение 60 часов при температуре 37°C и кратковременном барботаже через каждые 24 часа.

Пастеризационный этап – обработка конечного продукта ультразвуком интенсивностью 50–60 Вт/см² в течение 3 минут для уничтожения патогенной микрофлоры и повышения интенсивности экстракции образовавшихся в продукте ферментации биологически активных компонентов (в том числе, сахаров).

В ходе ферментации торфонавозной смеси производили отбор проб, в которых определяли наличие и изменение содержания сахаров на жидкостном хроматографе типа "Хроматэк – Кристалл ВЭЖХ 2014". Предварительно навеску исследуемого материала диспергировали с десятикратным количеством пятипроцентного раствора уксусной кислоты, осадок удаляли центрифугированием в течение 15 минут при частоте вращения 5000 об/мин с последующим фильтрованием. Результаты определения содержания сахаров регистрировались в виде хроматографических пиков.

В многочисленных экспериментах при соответствующих повторах были изучены интенсивность и динамика образования сахаров в процессе биоконверсии растительного сырья и органических отходов. На рисунках 1–3 представлены образцы хроматограмм торфонавозной смеси: до начала ферментации (на подготовительном этапе), после 60 часов ферментации (на инкубационном этапе) и после ультразвуковой обработки продукта биоконверсии (на пастеризационном этапе).

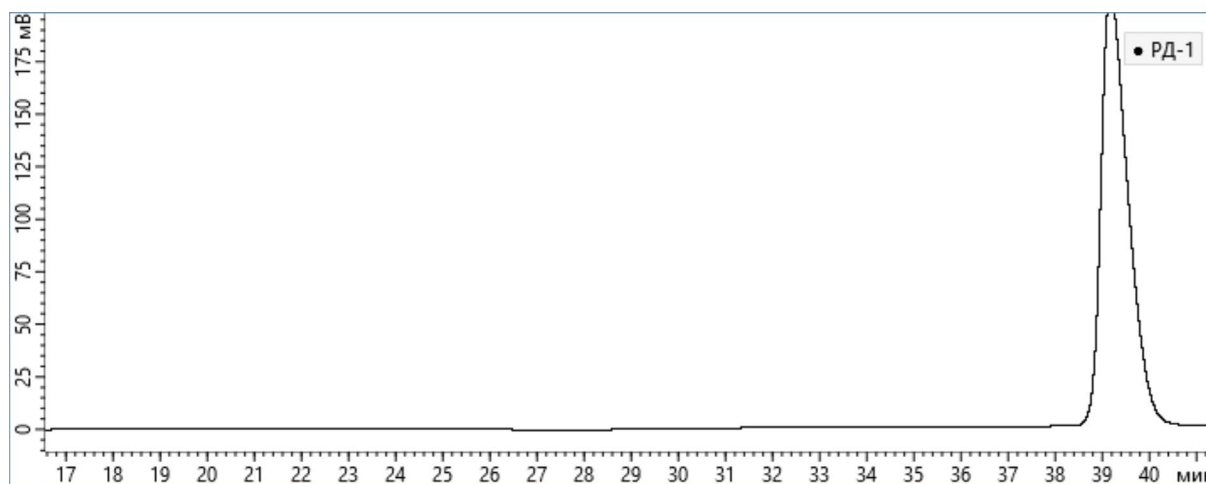


Рисунок 1 – Хроматограмма торфонавозной смеси до биоконверсии

Анализ представленных хроматограмм показывает, что в ходе ферментации торфонавозной смеси в ней образуется значительное количество сахаров, присутствие которых не отмечается на хроматограмме исходной смеси. Причем, после обработки отферментированной смеси ультразвуком интенсивность экстракции сахаров существенно возрастает, что приводит к увеличению их количества в детектируемой смеси в среднем в 2.3 раза. Таким образом, ультразвуковая обработка является не только удобным инструментом для пастеризации готового продукта биоконверсии, но и значительно повышает биодоступность образующихся в ходе ферментации сахаров.

Выполненные анализы конечного продукта биоконверсии подтверждают возможность его использования в качестве удобрения и премикса при разработке рационов для крупного рогатого скота и сельскохозяйственной птицы. Проведенные исследования позволили осуществить серию лабораторных испытаний процесса биоконверсии растительного сырья и органических отходов на базе Тверского государственного технического университета и Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель.

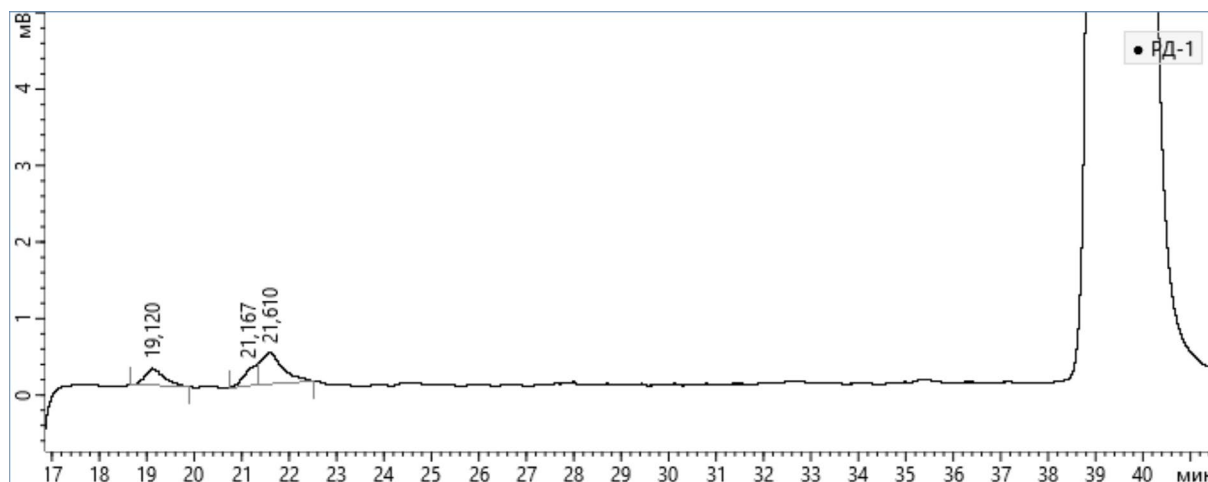


Рисунок 2 – Хроматограмма торфонавозной смеси после биоконверсии (без ультразвуковой обработки)

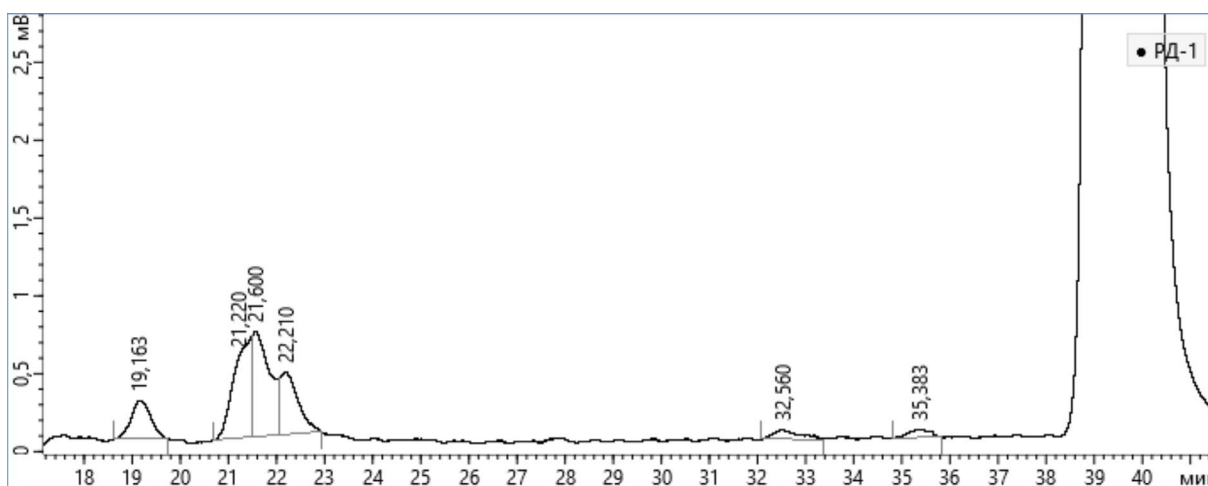


Рисунок 3 – Хроматограмма торфонавозной смеси после биоконверсии и обработки ультразвуком

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20–69–47084).

Литература

1. Биотехнологическое использование отходов растениеводства / А.И. Осадочная, В.С. Подгорский, В.Ф. Семенов – Киев: Наукова думка, 1990.
2. Ковалев Н.Г., Рабинович Г.Ю., Сульман Э.М., Пакшвер С.Л., Рогов Р.В. Способ получения кормовых добавок и удобрений из органических отходов // Патент РФ № 2126779.
3. Лейбниц Э., Штрупке Х.Г. Руководство по хроматографии. – М.: Мир, 1988.
4. Калунянц К.А., Ездаков Н.В., Пивняк И.Г. Применение продуктов микробиологического синтеза в животноводстве. – М.: Колос, 1980.