

**UNIWERSYTET EKONOMICZNY WE WROCŁAWIU
WYDZIAŁ INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNY
KATEDRA INŻYNIERII BIOPROCESOWEJ**

PRZEMYSŁAW SERUGA

**UNIESZKODLIWIANIE ODPADÓW Z PRZEMYSŁU
SPOŻYWCZEGO W ZAKŁADZIE GOSPODAROWANIA ODPADAMI
KOMUNALNYMI**

Rozprawa doktorska

Promotor:

Dr hab. inż. Małgorzata Krzywonos, prof. UE

Wrocław 2017

Streszczenie

Procesowi wytórczemu, czy przetwórczemu, niezależnie od używanej technologii, towarzyszy powstawanie produktów ubocznych i odpadów. Dla krajów rozwiniętych oraz jego obywateli strategicznym wydaje się być przemysł spożywczy. Odpady z tej gałęzi przemysłu, ze względu na swoją charakterystykę, są kłopotliwe do utylizacji. Firmy przetwórstwa spożywczego zazwyczaj działają sezonowo, często są zależne od dostępności surowca (np. gorzelnie rolnicze), bądź od popytu na swoje wyroby, jak w przypadku zakładów zbiorowego żywienia. Ponadto, chociaż skala działalności zakładów spożywczych nie jest zbyt duża, w wyniku ich działalności powstają produkty uboczne, które wymagają zwykle zagospodarowania metodami biologicznymi, a te z kolei wymuszają zapewnienie ciągłości wsadu i procesu. Jest to bardzo często przyczyną powstawania trudności z unieszkodliwieniem odpadów z przemysłu spożywczego, nawet w ramach tego samego podmiotu gospodarczego.

Rozwiązaniem tych problemów może być współpraca przedsiębiorstw przemysłu spożywczego z zakładami gospodarowania odpadami komunalnymi, które posiadają odpowiednie instalacje do biologicznego przetwarzania odpadów. Potencjalna współpraca powinna przynieść obopólne korzyści. Dla wytwórców odpadów mogą to być: możliwość zagospodarowania powstających produktów ubocznych, ograniczenie nakładów inwestycyjnych i kosztów utrzymania przyzakładowych oczyszczalni, czy ograniczenie kosztów transportu (niewielka odległość od zakładów gospodarowania odpadami komunalnymi). Zaś dla posiadaczy instalacji dodatkowy strumień substratów powinien zapewnić wzrost efektywności procesów unieszkodliwiania odpadów komunalnych.

Wśród dopuszczalnych metod biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych w Polsce wyróżnia się jednostopniowe przetwarzanie – stabilizację tlenową lub dwustopniowe – łączące występujące po sobie fermentację metanową i stabilizację tlenową. Korzystniejszy wydaje się dwustopniowy wariant przetwarzania, gdyż pozwala na odzysk energetyczny. Powstający biogaz w procesie fermentacji może być wykorzystany do produkcji prądu, czy ciepła.

Technologia fermentacji frakcji biodegradowalnej zmieszanych odpadów komunalnych w Polsce jest stosunkowo młoda. Większość istniejących w Polsce instalacji powstała w ciągu ostatnich 5 lat. Z tego powodu prowadzone procesy nadal wymagają podniesienia efektywności wytwórczej i ekonomicznej.

Notowane uzyski biogazu z fermentacji frakcji biodegradowalnej wydzielanej ze zmieszanych odpadów komunalnych kształtują się na poziomie 100-110 m³/Mg wsadu. Wartości te wynikają głównie z około 30-40% zawartości materiałów inertnych dla procesów biologicznych. Podniesienie efektywności procesu wymaga więc wprowadzenia dodatkowych substratów, zawierających duże ilości związków organicznych. Przykładem tego typu surowców mogą być właśnie odpady z przemysłu spożywczego.

W niniejszej pracy podjęto próbę zbadania całościowego wpływu wprowadzenia nowego substratu – wybranych odpadów z przemysłu spożywczego do fermentacji metanowej na proces biologicznego przetwarzania odpadów i zagospodarowania powstających produktów ubocznych (odcieków i odwodnionej frakcji stałej po metanizacji) realizowany w skali przemysłowej w zakładzie gospodarowania odpadami.

W pierwszym etapie badań zweryfikowano wpływ wprowadzenia 5, 10 i 15% dodatków: wywaru kukurydzianego, ścieków z mycia cystern przewożących płynną czekoladę (popłuczyn) oraz odpadów kuchennych i restauracyjnych do frakcji biodegradowalnej na proces fermentacji (stabilność procesu i uzyski biogazu) prowadzony w skali przemysłowej. Stwierdzono, że wzbogacenie wsadu reaktora w odpady z przemysłu spożywczego spowodowało podniesienie efektywności wytwórczej biogazu podczas kofermentacji. Jednakże wprowadzanie kosubstratu powinno być ograniczone, aby nie doprowadzić do zakłócenia przebiegu procesu fermentacji.

W drugim etapie sprawdzono w skali przemysłowej efektywność stabilizacji tlenowej odwodnionej frakcji stałej (pofermentatu) po metanizacji. Ze względu na wilgotność i dużą gęstość tego produktu ubocznego konieczne okazało się dodawanie materiału strukturyzującego. Dopiero zapewnienie możliwości swobodnego przepływu powietrza w stabilizowanej przyzmi w bioreaktorze pozwoliło zredukować jego aktywność biologiczną.

Kolejny etap badań obejmował porównanie skuteczności podczyszczania ścieków powstałych w dwóch poprzednich procesach biologicznego przetwarzania odpadów w skali półtechnicznej za pomocą wieży strippingowej i w skali laboratoryjnej z wykorzystaniem adsorpcji na naturalnych sorbentach. Uzyskane wyniki usuwania jonów amonowych ze ścieków były porównywalne dla obu metod. Jednakże adsorpcji towarzyszyło powstawanie odpadu, tj. zużytych sorbentów, które wymagały zdeponowania na składowisku odpadów. Przeprowadzone na tym etapie badań próby z użyciem biowskaźnika wykluczyły możliwość rolniczego wykorzystania tego odpadu. Z kolei proces strippingu pozwolił na obniżenie zawartości jonów amonowych do poziomu umożliwiającego przekazanie podczyszczonych ścieków do komunalnej oczyszczalni ścieków.

Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy można stwierdzić, że jest możliwe unieszkodliwianie wybranych, wysoko obciążonych ładunkiem organicznym odpadów z przemysłu spożywczego w zakładzie gospodarowania odpadami komunalnymi. Dodatek odpadów z przemysłu spożywczego powoduje zwiększenie uzysku biogazu bez zakłócania procesu fermentacji. Kofermentacja może zatem stanowić kompleksowe rozwiązanie problemu z zagospodarowaniem odpadów wytwarzanych przez firmy z przemysłu spożywczego. Można także stwierdzić, że wprowadzenie wybranych odpadów z przemysłu spożywczego nie zakłóca pozostałych procesów biologicznego przetwarzania odpadów: stabilizacji tlenowej i podczyszczania odcieków.

Przemysław Sępc

Summary

Each production process, regardless of the technology, is accompanied by the generation of the by-products and wastes. For many countries and its citizens the food industry seems to be strategic. The wastes from this industry, because of characteristics are troublesome in the utilization. Food processing companies usually operate on a seasonal basis. Mostly due to the availability of the raw materials (for example distilleries) or the demand, as for restaurants. Although, the scale of the food business is usually not big, produced by-products require a biological treatment. The biological utilization requires the continuity. This might be a next reason for the troubles in the food wastes utilization.

The solution of the food wastes utilization may be the cooperation of the food industry with municipal waste treatment plants that have proper facilities for the biological treatment. Potential cooperation should bring the benefits for both sides. For example for the food companies: the possibility of by-products and wastes utilization, the reduction of the investments and the costs of an in-plant treatment facilities, or reducing transportation costs (a short distance from municipal waste treatment plants). And for the treatment plant owners the additional substrates should increase the efficiency of the process.

In Poland one stage treatment (composting) or two-stage treatment (anaerobic digestion and composting) are allowed. The two-stage path seems to be more beneficial, due to the possibility of the biogas production and energy recovery. The electricity and the heat can be produced from the biogas.

The technology of the organic fraction of municipal solid wastes (OFMSW) fermentation is relatively young in Poland. Most of the existing facilities are younger than 5 years. For this reason, the processes still requires additional improvement of the productivity and the economical balance.

The biogas yields obtained from the anaerobic digestion of the OFMSW fermentation are at the level of 100-110 m³ / Mg. Mainly, about 30-40% content of the inert materials for biological processes impact on this value. The efficiency increment requires the additional substrates introduction. The substrates should be rich in the organic compounds. The wastes generated by the food industry are good examples of this type of raw materials.

The aim of this study was assess the effect of new substrate addition to the OFMSW anaerobic digestion on biological treatment process and its by-products (digestate and effluents) in a full-scale mechanical-biological treatment (MBT) plant.

Primary, the impact of the 5%, 10 and 15% addition of the corn stillage, the effluents from the chocolate transportation tank and the restaurant wastes, on the fermentation process has been study. The results confirmed the improvement of the biogas production during co-fermentation. However, the co-substrate addition should be limited to avoid the disruption of the fermentation.

Secondary, the efficiency of the oxygen stabilization (composting) of the digestate was verified. Due to the humidity and the high density of this by-product, the addition of the structuring material was necessary for proper aeration of the pile in the reactor.

Finally, an ammonia removal trials from the effluents obtained from AD and composting processes have been done. The stripping packed tower and adsorption with natural minerals, as the pretreatment methods, have been compared. a similar ammonia removal efficiency level were noticed for both methods. However, the adsorption was accompanied by the formation of the another wastes, which was necessary to deposit. Furthermore, a bioindicator tests excluded the possibility of the agricultural use of these wastes. In the stripping process, the acceptable ammonia concentration was obtained.

The research confirm that co-fermentation can be a proper method for the food wastes utilization, without disturbing biological treatment processes in municipal waste treatment plants: the oxygen stabilization and the effluents treatment. It generates benefits for the treatment plant owner as well as for the waste holder.

The digestate stabilization requires the bioreactor with the aeration. Furthermore, an addition of the structuring material is required. Base on this study a ballast fraction from the OFMSW pre-treatment before AD can be used.

A stripping process can be considered as a suitable method for the effluents pretreatment, which allow to reach ammonia concentration level acceptable by wastewater treatment plants.

Oranginau Gony