

Badanie hydrotermicznej karboniacji opadów kuchennych

R. Ślęzak¹, S. Ledakowicz¹, M. Imbierowicz²

¹ *Katedra Inżynierii Bioprocessowej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 213, 90–924 Łódź*

² *Katedra Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 213, 90–924 Łódź*

Wraz ze wzrostem cywilizacyjnym rośnie ilość generowanych odpadów komunalnych. W zależności od miejsca produkcji, jak również sezonu w odpadach komunalnych znajduje się od 15 do 45% odpadów kuchennych. Odpady te charakteryzują się wysoką zawartością wilgoci od 70 do 90% [Zhang i in., 2005]. Dotychczas odpady te były zagospodarowywane w procesach biochemicznych, takich jak kompostowanie, czy też fermentacja beztlenowa. Przy czym proces kompostowania nie jest mocno rozwinięty ze względu na brak chętnych podmiotów do wykorzystania powstającego kompostu. Natomiast proces fermentacji odpadów kuchennych jest utrudniony ze względu na małą liczbę biogazowni, związanych z małą dochodowością tych instalacji. Obecnie poszukuje się nowych metod zagospodarowania tego typu odpadów. Jedną z takich metod jest proces hydrotermicznej karbonizacji (HTC). Jest to jedyny proces termochemiczny, który dopuszcza dużą zawartość wody w substracie [Le i in., 2022:127–958]. W wyniku zachodzącego procesu otrzymujemy karbonizat, ciecz oraz gaz. Powstały karbonizat charakteryzuje się tym, że można go w łatwy sposób wydzielić z cieczy i może być wykorzystany, jako dodatek do gleby lub w procesie spalania.

Ciecz powstała w procesie HTC charakteryzuje się dużą różnorodnością związków, przy czym w cieczy występują lotne kwasy organiczne, takie jak: kwas octowy, propionowy oraz masłowy, które mogą być wykorzystane do produkcji metanu. Natomiast gaz powstaje w najmniejszej ilości, a także zawiera głównie CO_2 . Celem pracy jest określenie wydajności produkcji karbonizatu, cieczy oraz gazu w różnej temperaturze i czasie przebywania mieszaniny reakcyjnej w reaktorze.

Badania przeprowadzono przy użyciu reaktora 4563M z jednostką sterującą 4842 firmy Parr o objętości $0,6 \text{ dm}^3$. Jako substrat wykorzystano wysuszone odpady kuchenne, które były rozdrobione w młynku Pulverisette 15 firmy Fritsch do wymiarów poniżej 1 mm. Do reaktora dodawano 40 g suchej masy odpadów oraz 360 g wody destylowanej. Badania przeprowadzono w temperaturach: 180°C (czas przebywania – 0,5 oraz 3,5 godziny), 215°C (2,0 godziny), a także 250°C (0,5 i 3,5 godziny). Podczas prowadzenia procesu, szybkość mieszania wynosiła 400 rpm. W reaktorze panowało ciśnienie wynikające z prężności pary w danej temperaturze oraz powstających produktów gazowych. Po zakończeniu procesu reaktor szybko chłodzono. Określano ilość oraz skład powstałego gazu (H_2 , CH_4 , CO oraz CO_2 – chromatograf gazowy 8610C, SRI Instrument, kolumna: sito molekularne i żel krzemionkowy, detektor TCD) po procesie HTC. Następnie oznaczano zawartość powstałego karbonizatu metodą wagową. Powstały karbonizat poddano analizie termogravimetrycznej (termowaga TGA/SDTA 851eLF, Mettler Toledo,) i elementarnej (analizator NA 2500CE, Instrument,) oraz procesowi spalania (termowaga TGA/SDTA 851eLF, Mettler Toledo). W cieczy mierzono pH (pH 540, WTW), ogólny węgiel organiczny, azot (analizator C i N w cieczy IL550 TOC-TN, Lachat Instruments)

oraz lotne kwasy organiczne (chromatograf gazowy CP 3800, Varian, kolumna BP21, detektor FID).

Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano, że zwiększenie temperatury powodowało zmniejszenie wydajności produkcji karbonizatu. W temperaturze 180°C zaobserwowano wzrost wydajności produkcji karbonizatu z 47,0 do 51,2% dla czasu przebywania odpowiednio 0,5 i 3,5 godziny. Natomiast w temperaturze 250°C wzrost czasu przebywania z 0,5 do 3,5 godziny spowodował zmniejszenie wydajności produkcji karbonizatu z 46,3 do 44,2%. Na podstawie analizy technicznej zaobserwowano, że ze wzrostem temperatury i czasu przebywania zmniejsza się zawartość części lotnych i wzrasta zawartość węgla w karbonizacie. Analiza elementarna wykazała, że wzrost temperatury i czasu przebywania powodował zwiększenie zawartości węgla w karbonizacie oraz zmniejszenie zawartości tlenu w próbce. Podczas analizy termogravimetrycznej karbonizatów zaobserwowano, że wzrost temperatury i czasu przebywania powodował zmniejszenie temperatury, w której zachodził największy ubytek masy próby.

Na podstawie analizy cieczy po procesie stwierdzono, że wzrost temperatury przyczyniał się do zwiększenia pH (o około 15.5%), a czas przebywania w reaktorze do zmniejszenia pH o średnio 2.7%. Zwiększenie temperatury i czasu przebywania spowodowało zmniejszenie zawartości węgla oraz azotu w cieczy po procesie hydrotermicznej karbonizacji. Podczas analizy lotnych kwasów organicznych zaobserwowano, że w ponad 90% dominującym kwasem był kwas octowy. Zwiększanie temperatury i czasu przebywania powodowało zwiększenie stężenia kwasu octowego w cieczy po procesie.

Analiza gazu wykazała, że w produkowanym gazie ponad 98% stanowił CO₂. Zarówno wzrost temperatury i czasu przebywania w reaktorze powodował wzrost ilości produkowanego gazu w procesie hydrotermicznej karbonizacji.

Badania przeprowadzono w ramach projektu Badanie mechanizmu i kinetyki zintegrowanych procesów fermentacji ciemnej i hydrotermicznej karbonizacji mokrych odpadów spożywczych (nr. projektu: 2021/43/B/ST8/00298) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań.

Bibliografia

Le H.S., Chen W.H., Ahmed S.F., Said Z., Rafa N., Le A.T., Agbulut U., Veza I., Nguyen X.P., Duong X.Q., Huang Z., Hoang A.T., (2022), *Hydrothermal carbonization of food waste as sustainable energy conversion path, "Bioresource technology", vol. 363, s. 127–958.*

Zhang B., Zhang L.L., Zhang S.C., Shi H.Z., Cai W.M., (2005), *The influence of pH on hydrolysis and acidogenesis of kitchen wastes in two-phase anaerobic digestion, "Environmental technology", vol. 26, s. 329–340.*