

Mariusz MAŁKOWSKI, Paweł WOLSKI

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska
Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa

Wpływ termicznego kondycjonowania na efektywność odwadniania osadów ściekowych poddanych stabilizacji beztlenowej

Przedstawione badania miały charakter rozpoznania, którego celem było określenie zależności pomiędzy wstępnym kondycjonowaniem termicznym osadów nadmiernych poddanych stabilizacji beztlenowej a ich podatnością na końcowe odwadnianie. Do badań wykorzystano osad nadmierny pochodzący z komunalnych oczyszczalni ścieków, do którego dodano osadów przefermentowanych (10%). Badania prowadzono w dwóch etapach: w pierwszym etapie osad nadmierny niekondycjonowany i kondycjonowany w temperaturze 50 i 70°C poddano stabilizacji przez okres 10 dni, natomiast w drugim etapie niekondycjonowane i kondycjonowane termicznie osady nadmierne fermentowano w bioreaktorze w warunkach mezofilowych przez okres 25 dni. W osadach przed i po procesie fermentacji oznaczano czas ssania kapilarnego (CSK), stopień zagęszczenia oraz zawartość suchej masy.

Wstępne kondycjonowanie termiczne osadów nadmiernych wpłynęło na wzrost wartości CSK. Stabilizacja osadów w kolbach laboratoryjnych w kolejnych dniach powodowała obniżenie CSK oraz obniżenie suchej masy zawartej w osadach. Osady poddane fermentacji w bioreaktorze posiadały wyższe wartości CSK w odniesieniu do osadów nieprzefermentowanych.

Słowa kluczowe: osady nadmierne, fermentacja metanowa, kondycjonowanie termiczne, odwadnianie

Wprowadzenie

Fermentacja metanowa to proces biologiczny, w wyniku którego uzyskuje się redukcję objętości masy osadów deponowanych w dalszej kolejności na składowiskach, a także cenne źródło energii odnawialnej, jakim jest biogaz. W celu zintensyfikowania procesu fermentacji poszukuje się różnych metod kondycjonowania, które mogą wpłynąć na przebieg procesu. Zastosowanie ultradźwięków, czynników chemicznych oraz wstępna termiczna modyfikacja dowiodły o zwiększeniu efektywności procesu fermentacji poprzez wzrost wartości ChZT, lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) oraz intensyfikację produkcji biogazu [1-3].

Ingerencja w przebieg procesu fermentacji metanowej poprzez modyfikację osadów przed procesem stabilizacji wpływa na ich końcową podatność na odwadnianie. Stabilizacja wstępnie wspomagana kondycjonowaniem zmienia właściwości fizyczno-chemiczne osadów poprzez rozluźnienie wiązań istniejących między cząsteczkami wody i osadów. Wpływa to bezpośrednio na zdolność osadów do odwadniania [4, 5].

Wysoki stopień uwodnienia osadów decyduje o ich uciążliwości w aspekcie końcowego unieszkodliwiania. Aby oczyszczalnia działała efektywnie zarówno pod względem technologicznym, jak również z ekonomicznego punktu widzenia objętość osadów należy zredukować poprzez ich odwadnianie. Zagęszczanie, końcowe odwadnianie to procesy, dzięki którym po wstępnym kondycjonowaniu skutecznie usuwany jest nadmiar wody zawarty w osadach [6, 7]. Poszukiwanie metod i sposobów poprawiających efektywność działania oczyszczalni wiąże się z dużymi kosztami, a także różnymi rozwiązaniami technologicznymi. Poprawa jednego parametru może być niekiedy przyczyną pogorszenia innego.

Celem prowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy wstępnym kondycjonowaniem termicznym osadów nadmiernych poddanych stabilizacji beztlenowej a ich podatnością na końcowe odwadnianie. Osady po wstępnym kondycjonowaniu termicznym poddano stabilizacji beztlenowej zarówno w kolbach laboratoryjnych, jak również w bioreaktorze. Badania miały charakter etapu rozpoznawczego, którego rezultaty mogą prowadzić do dalszych doświadczeń w obranym kierunku.

1. Część doświadczalna

1.1. Substrat badań

Substratem badań był nadmierny osad czynny pochodzący z Centralnej Oczyszczalni Ścieków P.S.W. WARTA w Częstochowie, do którego dodawano 10% osadu przefermentowanego, pełniącego rolę zaszczepu. Osad nadmierny pobrano przed zagęszczaczem, natomiast osad przefermentowany pobrano z rurociągu pomiędzy WKF_z a WKF_o. Nadmierny osad czynny charakteryzował się następującymi parametrami: sucha masa - 9,2 g/dm³, uwodnienie - 99,08%, CSK - 52 s, opór właściwy osadu - 4,96 · 10¹² m/kg.

1.2. Metodyka badań

W pierwszym etapie badania prowadzono w kolbach laboratoryjnych ($V = 0,5 \text{ dm}^3$), które w celu zapewnienia optymalnej dla procesu fermentacji temperatury umieszczono w cieplarni laboratoryjnej. Osad nadmierny niekondycjonowany, a następnie kondycjonowany termicznie w łaźni wodnej w temperaturach 50 i 70°C odpowiednio przez 2,5 i 1,5 godziny poddano 10-dobowej mezofilowej stabilizacji beztlenowej. Zarówno przed procesem, jak również w każdym dniu prowadzenia procesu oznaczano CSK, stopień zagęszczania oraz zawartość suchej masy.

W drugim etapie badania prowadzono w zamkniętej komorze fermentacyjnej ($V = 5 \text{ dm}^3$). Niekondycjonowany, a także kondycjonowany termicznie (50 i 70°C) osad nadmierny po dodaniu *inoculum* poddano fermentacji w warunkach mezofilowych przez okres 25 dni. Przed załadowaniem osadu do komory oraz po procesie fermentacji dla każdej z badanych prób określono wartość CSK, stopień zagęszczenia i zawartość suchej masy.

Pomiar czasu ssania kapilarnego został przeprowadzony według metodyki Baskerville'a i Galle'a, opartej na mierzeniu przejścia czołowej granicznej warstwy filtratu w wyniku działania sił ssących zastosowanej bibuły - Whatman 17.

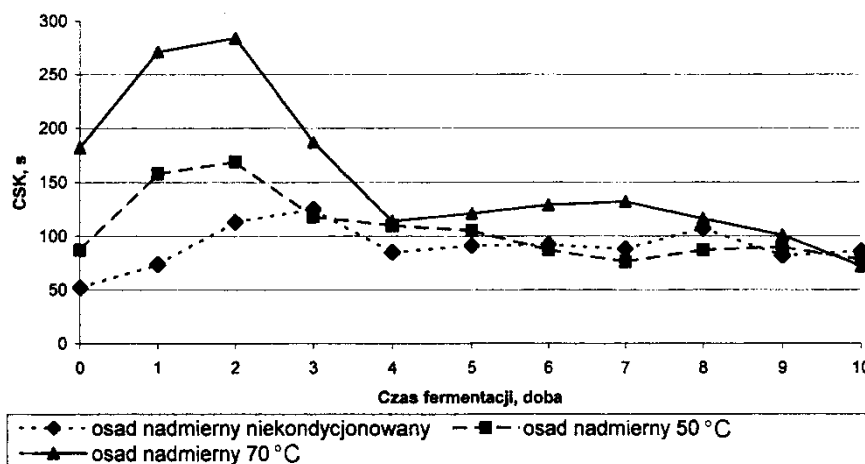
Zagęszczanie grawitacyjne prowadzono w cylindrach miarowych o objętości 1000 ml. Badane próby osadów poddawano procesowi sedymentacji, odczytując w odpowiednich przedziałach czasowych (5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 90 i 120 minut) ilość osadu zagęszczonego. Na podstawie pomiarów objętości osadów zagęszczonych wyznaczono krzywe zagęszczania.

Suchą pozostałość oznaczono metodą wagową według Hermanowicza [8].

2. Wyniki badań

Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że kondycjonowanie termiczne osadów nadmiernych wpływa pozytywnie na wzrost wartości ChZT oraz LKT w cieczy nadosadowej. Zwiększenie procentowego udziału lotnych kwasów tłuszczowych w całkowitej wartości ChZT następuje wraz ze wzrostem temperatury kondycjonowanych osadów [9].

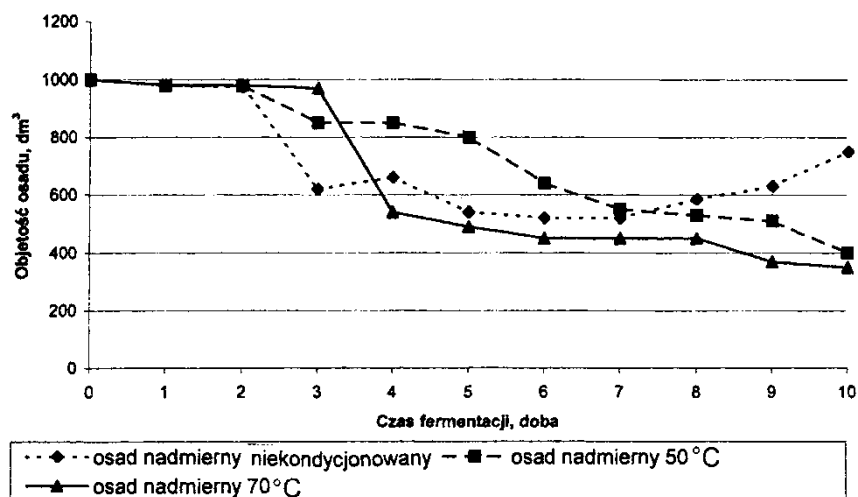
Poprawa efektywności prowadzenia procesu fermentacji wraz ze wzrostem temperatury nie zawsze koreluje z efektywnością odwadniania. Analizując otrzymane wyniki badań, stwierdzono, że prowadzenie procesu fermentacji kondycjonowanych termicznie osadów nadmiernych w kolbach laboratoryjnych powodowało wzrost wartości CSK (rys. 1).



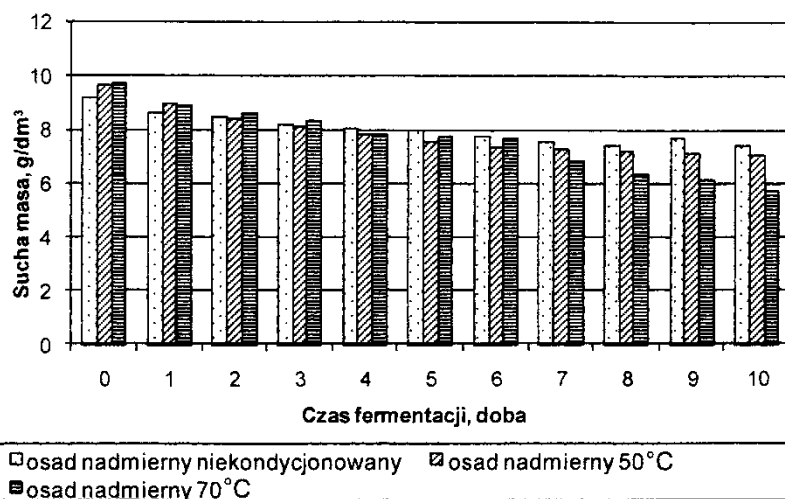
Rys. 1. Wpływ czasu fermentacji na CSK osadów nadmiernych kondycjonowanych termicznie

Czas ssania kapilarnego w zerowym dniu dla osadu niekondycjonowanego termicznie wynosił 52 s, osadu kondycjonowanego w temperaturze 50°C - 87 s, natomiast dla temperatury 70°C - 182 s. W pierwszych dniach prowadzenia procesu fermentacji odnotowano wzrost wartości CSK, jednakże po 2 dniu nastąpił spadek

tego wskaźnika dla każdej z badanych prób. Efekt obniżenia CSK stwierdzono dla osadu nadmiernego kondycjonowanego w temperaturze 70°C, w 4 dobie wartość CSK wynosiła 114 s. Podobne zależności uzyskano, poddając osady zagęszczaniu grawitacyjnemu (rys. 2). Po drugiej dobie krzywe sedimentacji charakteryzowały się tendencją spadkową, osiągając w 4-5 dobie fermentacji największy spadek wartości. Najlepiej zagęszczał się osad wstępnie kondycjonowany w temperaturze 70°C. Również dla tej temperatury odnotowano w końcowych dniach prowadzenia fermentacji (7-10 doba) najniższe wartości suchej masy, co wiązało się z biodegradacją badanych osadów (rys. 3).

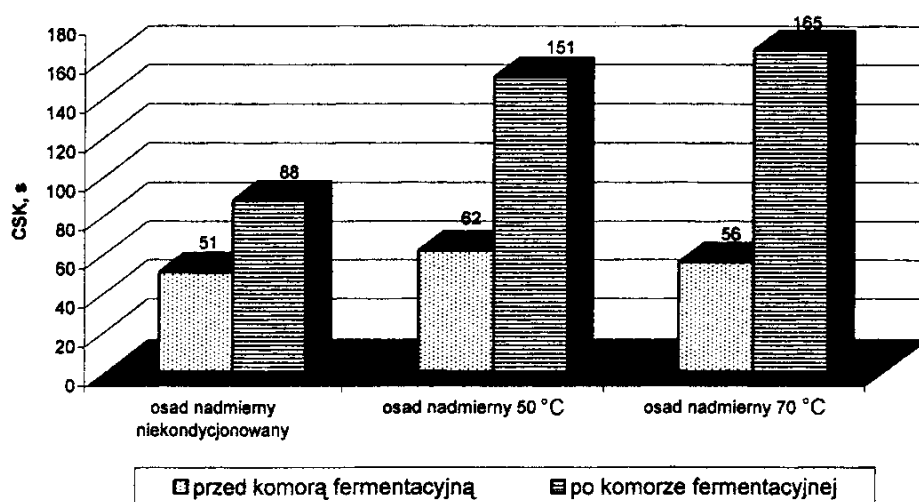


Rys. 2. Wpływ czasu fermentacji na zagęszczanie osadów nadmiernych kondycjonowanych termicznie po 30 minutach sedimentacji

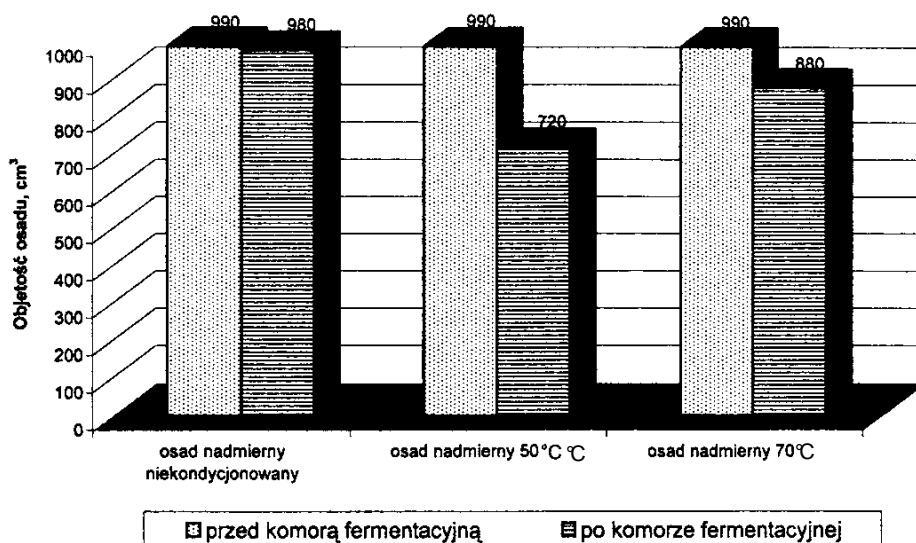


Rys. 3. Wpływ czasu fermentacji na suchą masę osadów nadmiernych kondycjonowanych termicznie

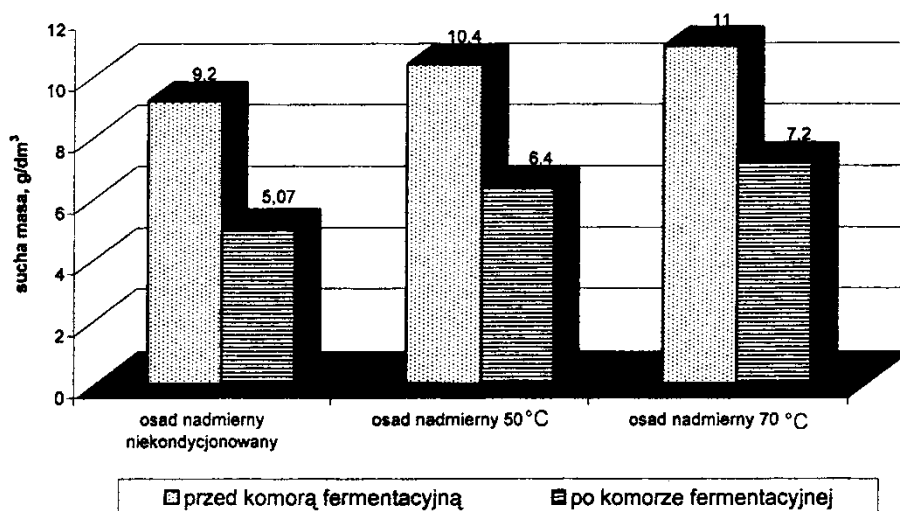
Poddając osad nadmierny fermentacji w bioreaktorze, odnotowano podobne zależności jak w przypadku osadów stabilizowanych w kolbach laboratoryjnych. Osad nadmierny wstępnie kondycjonowany termicznie, a następnie poddany fermentacji wraz ze wzrostem temperatury kondycjonowania posiadał wyższe wartości CSK (rys. 4). Wstępne termiczne kondycjonowanie wpływało na efektywność zagęszczania oraz na zawartość suchej masy (rys. rys. 5, 6).



Rys. 4. Wpływ fermentacji na CSK osadów nadmiernych kondycjonowanych termicznie



Rys. 5. Wpływ fermentacji na zagęszczanie osadów nadmiernych kondycjonowanych termicznie po 30 minutach sedymentacji



Rys. 6. Wpływ fermentacji na zawartość suchej masy w osadach nadmiernych kondycjonowanych termicznie

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że wstępne kondycjonowanie termiczne osadów nadmiernych wpływa na obniżenie ich zdolności do odwadniania, co stwierdzono na podstawie zwiększenia wartości CSK. Proces stabilizacji osadów powodował natomiast w kolejnych dniach obniżenie CSK, a także zwiększenie efektywności zagęszczenia oraz obniżenie zawartości suchej masy w osadach. Zmiany te odnotowano zarówno dla osadów badanych w kolbach laboratoryjnych, jak i w komorze fermentacyjnej. Czas ssania kapilarnego osadów przefermentowanych w bioreaktorze przyjmował wartości wyższe w porównaniu z osadami niepoddanymi stabilizacji.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- 1) wstępne kondycjonowanie termiczne osadów nadmiernych niepoddanych stabilizacji, w wyniku zwiększenia ich podatności na biodegradację, powodowało wzrost wartości CSK;
- 2) stabilizacja badanych osadów w kolbach laboratoryjnych w pierwszych dniach prowadzenia procesu powodowała wzrost, a następnie po 2 dniu spadek wartości CSK;
- 3) osady poddane stabilizacji w bioreaktorze po 25 dniach odznaczały się wyższymi wartościami CSK w odniesieniu do osadu nieprzefermentowanego.
- 4) stabilizacja osadów miała wpływ zarówno na poprawę zdolności sedymentacyjnych osadów, jak i obniżenie zawartości suchej masy w każdym dniu prowadzenia procesu.

Badania finansowane z projektu badawczego BW-401/202/07/P oraz BS 401/301/04/R.

Literatura

- [1] Zawieja I., Wolny L., Wolski P., Influence of excessive sludge conditioning on the efficiency of anaerobic stabilization process and biogas generation, *Desalination* 2008, 222, 374-381.
- [2] Zawieja I., Wolny L., Wolski P., Influence of sewage sludge dual pretreatment on the disintegration degree, European Conference on Sludge Management "Dewatering, drying and thermal valorization", Liège, Belgium 2008, CD.
- [3] Zawieja I., Wolski P., Tomska A., Połączone metody kondycjonowania osadów ściekowych w aspekcie zmiany ich struktury, [w:] Energetyczne aspekty odprowadzania i oczyszczania ścieków, praca zbiorowa pod redakcją Ł. Fukas-Płonki i K. Kusia, Politechnika Śląska, Gliwice 2008, 239-250.
- [4] Bień J., Osady ściekowe - teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
- [5] Zielewicz-Madej E., Szwabowska E., Fukas-Płonka Ł., Kawczyński A., Zmiany odwadnialności osadu w procesie fermentacji, Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Problemy gospodarki osadowej w oczyszczalniach ścieków, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1993, 69-77.
- [6] Bień J.B., Matysiak B., Bień J.D., Charakterystyki reologiczne osadów ściekowych kondycjonowanych polielektrolitami, Mat. Konf. nt. Osady ściekowe - problem aktualny, Częstochowa-Ustroń 2001, 30-39.
- [7] Lee C.H., Liu J.C., Sludge dewaterability and floc structure in dual polymer conditioning, *Advances in Environmental Research* 2001, 5, 129-136.
- [8] Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków, Arkady, Warszawa 1999.
- [9] Bień J., Wolny L., Zawieja I., Barański M., Worwąg M., Wpływ termicznej dezintegracji osadów nadmiernych na generowanie lotnych kwasów tłuszczowych, [w:] Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych, Monografia pod red. Z. Sadeckiej, Zielona Góra 2010, 63-69.

Impact of Thermal Conditioning on the Effectiveness of Sewage Sludge Dewatering after Anaerobic Stabilization

The presented investigations were the preliminary stage of research. The general aim was the determination of dependences between thermal conditioning of excess sewage sludge and its susceptibility to final dewatering after anaerobic stabilization. The excess sewage sludge mixed with fermented sludge (10%) from the municipal wastewater treatment plant was used to the tests. The investigations were carried out in two stages. In the first stage, the both excess sludges, unconditioned and conditioned at the temperatures 50°C and 70°C, were stabilized through 10 days. In the second stage, the unconditioned and thermal conditioned excess sludges were fermented in the bioreactor under mesophilic conditions for 25 days.

The capillary suction time (CST), the thickening degree and dry matter content were determined for the sludge before and after fermentation. The preliminary thermal conditioning of excess sewage sludge resulted in the CST increase. During sludge stabilization in the glass flasks, CST decreased, as well the increase of thickening efficiency and the dry mass content decrease were observed. CST values measured for the sludge after fermentation in the bioreactor were higher than before fermentation.

Keywords: excess sludge, methane fermentation, thermal conditioning, dewatering