

Sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu

Przedmiotem wynalazku jest sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu.

5 Biomasa roślinna, w tym na przykład kiszonka z kukurydzy, wytloki owocowo-warzywne czy wysłodki buraczane, jest często wykorzystywana jako substrat do produkcji biogazu. Ze względu na złożony skład chemiczny, w którym znaczny udział mają celuloza i hemicelulozy, biomasa ta trudniej ulega biodegradacji w porównaniu do substratów ciekłych takich jak gnojowica, wywar
10 gorzelniany czy serwatka, w których składzie przeważają proste związki organiczne. W efekcie, czas potrzebny na jej skuteczne przetworzenie do biogazu ulega wydłużeniu, co w praktyce przekłada się na zwiększenie objętości komór fermentacyjnych i kosztów inwestycyjnych biogazowni. Dlatego też, aby zwiększyć produkcję biogazu bez konieczności wydłużania czasu zatrzymania
15 wsadu w komorze stosuje się różne zabiegi obróbki wstępnej biomasy, których celem jest depolimeryzacja złożonych związków organicznych zwiększająca podatność biomasy na biodegradację.

Dotychczas znane są różne sposoby intensyfikowania produkcji biogazu z biomasy roślinnej trudno biodegradowalnej. Wiele z nich opiera się na wstępnej
20 obróbce mającej na celu rozdrobnienie materiału roślinnego i zwiększenie powierzchni jego kontaktu z mikroorganizmami lub przeprowadzenie hydrolizy złożonych związków polimerycznych do łatwo biodegradowalnych monomerów. Obróbka taka ma miejsce przed wprowadzeniem substratu do bioreaktora fermentacji, w odrębnych urządzeniach, i może wykorzystywać działanie
25 czynników fizycznych, chemicznych, biologicznych/biochemicznych lub łączyć je z sobą w różnych konfiguracjach.

Z opisu ochronnego nr PH22018000849 Y1 znane jest poddawanie obróbce wstępnej biomasy pochodzenia rolniczego przeznaczonej do produkcji biogazu polegające na działaniu fal ultradźwiękowych oraz 3% roztworu NaOH i gorącej
30 wody.

W zgłoszeniu patentowym nr CN104862340 A przedstawiono natomiast sposób wstępnej obróbki słomy, kierowanej do rektora fermentacji, polegający na jej mieszaniu z elektrolizowaną kwaśną wodą mającą właściwości utleniające.

Ze zgłoszenia patentowego nr CN111172198 A znany jest sposób wstępnej obróbki biomasy lignocelulozowej polegający na tym, że wstępnie wysuszoną i rozdrobnioną biomasę lignocelulozową, np. słomę, miesza się z pofermentem pobranym z komory fermentacyjnej, dodaje się wody i tak przygotowaną mieszaninę pozostawia na 24 godziny w temperaturze pokojowej, mieszając mechanicznie przy pomocy mieszadła szybkoobrotowego, a następnie poddaje się fermentacji.

Natomiast z opisu patentowego nr CN106929539 B znany jest wieloetapowy sposób przygotowania biomasy łodyg kukurydzy, w którym wstępnie pokruszona i poddana działaniu wysokiego ciśnienia i temperatury przez 10-20 min. biomasa jest następnie moczona w roztworze NaOH 7 g/L przez 3 godz. w temp. 35°C, następnie jest moczona w pofermencie przez 2-4 doby również w temp. 35°C. Po takiej obróbce biomasa jest mieszana z krowim obornikiem, doprowadzana do odpowiedniego pH oraz wilgotności i poddawana jest fermentacji.

Biologiczną metodę obróbki wstępnej biomasy przeznaczonej do produkcji biogazu zaproponowano w zgłoszeniu patentowym nr EP3710559 A1. W rozwiązaniu tym użyto mikroorganizmów termofilnych beztlenowych *Caldicellulosiruptor bescii* do zwiększenia podatności na rozkład biomasy odpadów zielonych oraz odpadów papierniczych.

Natomiast w zgłoszeniu patentowym nr US2009162913 A1 przedstawiono sposób zwiększenia produkcji biogazu poprzez zastosowanie wstępnej obróbki fermentowanej biomasy w postaci kiszzonek za pomocą bakterii kwasu mlekowego *Lactobacillus buchneri*. Bakterie te są zdolne do wytwarzania enzymu esterazy ferulanowej dzięki czemu modyfikują właściwości kiszzonek i zwiększają biodegradowalność biomasy roślinnej.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu przygotowania biomasy roślinnej bogatej w lignocelulozę zwiększającego jej podatność na rozkład mikrobiologiczny w warunkach beztlenowych i wspomagającego produkcję biogazu.

5 Istotą sposobu przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu, według wynalazku, jest to, że do zamkniętego zbiornika do homogenizacji i wstępnej hydrolizy dodaje się biomasę roślinną zawierającą celulozę w ilości co najmniej 30% w suchej masie organicznej. Do biomasy roślinnej dodaje się
10 odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* w ilości co najmniej 5% wagowych biomasy roślinnej w przeliczeniu na suchą masę organiczną. Następnie doprowadza się za pomocą cieczy biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do wilgotności wagowej co najmniej 85%, stosunku C:N w zakresie od 20 do 35:1 i pH w zakresie od 6 do 8. Całość miesza się w zbiorniku w temperaturze od 25 do 35°C za pomocą mieszadła
15 mechanicznego z prędkością obrotową od 50 do 100 obr./min w czasie od 10 do 24 godz. Następnie mieszaninę przepompowuje się ze zbiornika do komory fermentacyjnej i poddaje się procesowi fermentacji metanowej.

Korzystnie jest, gdy do biomasy roślinnej dodaje się odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* w ilości od 8 do 15% wagowych biomasy roślinnej
20 w przeliczeniu na suchą masę organiczną.

Korzystnie jest, gdy doprowadza się za pomocą cieczy biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do stosunku C:N w zakresie od 25 do 30:1 i pH w zakresie od 6,8 do 7,2.

Opcjonalnie odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* jest
25 wydzielona frakcja odchodów drewnojadów *Zophobias morio* albo mieszanina odchodów, nieużytej karmy i martwych osobników drewnojadów *Zophobias morio*.

Opcjonalnie cieczą jest gnojowica albo serwatka kwaśna albo wywar gorzelniany.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że przez dodanie odpadu po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do biomasy roślinnej przed procesem fermentacji zwiększa się o 10-30% stopień rozkładu materii organicznej zawartej w biomacie roślinnej poddawanej procesowi fermentacji metanowej bez konieczności
5 wydłużania czasu zatrzymania wsadu w komorze fermentacji. Kolejnym korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że zwiększa się wydajność biogazowa wsadu wynikająca z wysokiego potencjału biogazowego odpadu po hodowli drewnojadów *Zophobias morio*.

Przykład 1

10 Sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu polegał na tym, że do zamkniętego zbiornika cylindrycznego o obj. 5 m³ do homogenizacji i wstępnej hydrolizy, wyposażonego w system ogrzewania w postaci łaźni wodnej z termostatem umożliwiającym regulację temperatury wsadu dodano 1000 kg biomasy roślinnej w postaci kiszonki kukurydzianej zawierającej
15 celulozę w ilości 35% suchej masy organicznej. Do biomasy roślinnej dodano odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio*, którym była wydzielona frakcja odchodów drewnojadów *Zophobias morio*, w ilości 21,6 kg, co stanowiło 8% wagowych biomasy roślinnej w przeliczeniu na suchą masę organiczną obu składników. Następnie doprowadzono, za pomocą dodatku 2,6 m³ gnojowicy
20 bydłowej, biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do wilgotności wagowej 85%, stosunku C:N 25:1 i pH 7,2. Całość mieszano w zbiorniku w temperaturze 35°C za pomocą mieszadła mechanicznego śmigłowego z prędkością obrotową 100 obr./min. w czasie 24 godz. Następnie mieszaninę
25 przepompowano za pomocą pompy wirowej ze zbiornika do komory fermentacyjnej o obj. czynnej 150 m³ i poddano procesowi fermentacji metanowej w temperaturze 37°C, uzyskując zwiększenie produkcji biogazu o 30%.

Właściwości poszczególnych substratów podano w Tabeli 1.

Przykład 2

Sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu polegał na tym, że do zamkniętego zbiornika cylindrycznego do homogenizacji i wstępnej hydrolizy, o obj. 5 m³, wyposażonego w system ogrzewania w postaci 5 łaźni wodnej z termostatem umożliwiającą regulację temperatury, dodano 800 kg biomasy roślinnej w postaci odpadów zielonych, ogrodowych, zawierających celulozę w ilości 33% suchej masy organicznej. Do biomasy roślinnej dodano odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio*, którym była mieszanina odchodów, niezużytej karmy i martwych osobników drewnojadów *Zophobias morio*, w ilości 8,3 kg, co stanowiło 5% wagowych biomasy roślinnej 10 w przeliczeniu na suchą masę organiczną obu składników. Następnie doprowadzono, za pomocą dodatku 2,0 m³ gnojowicy świńskiej, biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do wilgotności wagowej 88%, stosunku C:N 30:1 i pH 8. Całość mieszano w zbiorniku w temperaturze 25°C 15 za pomocą mieszadła mechanicznego łopatkowego z prędkością obrotową 50 obr./min w czasie 10 godz. Następnie mieszaninę stanowiącą dobową porcję substratu wykorzystywanego w biogazowni przepompowano za pomocą pompy wirowej ze zbiornika do komory fermentacyjnej o obj. czynnej 150 m³ i poddano procesowi fermentacji metanowej w temperaturze 35°C, uzyskując zwiększenie 20 produkcji biogazu o 10%.

Właściwości poszczególnych substratów podano w Tabeli 2.

Przykład 3

Sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu polegał na tym, że do zamkniętego zbiornika cylindrycznego do homogenizacji 25 i wstępnej hydrolizy, o obj. 8 m³, wyposażonego w system ogrzewania w postaci łaźni wodnej z termostatem umożliwiającą regulację temperatury, dodano 1000 kg biomasy roślinnej w postaci odpadów z przetwórstwa warzyw, zawierających celulozę w ilości 40% w suchej masie organicznej. Do biomasy roślinnej dodano odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio*, którym była wydzielona frakcja 30 odchodów drewnojadów *Zophobias morio*, w ilości 41,4 kg, co stanowi 18%

wagowych biomasy roślinnej w przeliczeniu na suchą masę organiczną obu składników. Następnie doprowadzono, za pomocą dodatku 1,4 m³ wywaru gorzelnianego, biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do wilgotności wagowej 86%, stosunku C:N 35:1 i pH 6,0. Całość mieszano w zbiorniku w temperaturze 30°C za pomocą mieszadła mechanicznego śmigłowego z prędkością obrotową 90 obr./min w czasie 20 godz. Następnie mieszaninę stanowiącą dobową porcję substratu wykorzystywanego w biogazowni przepompowano za pomocą pompy wirowej ze zbiornika do komory fermentacyjnej o obj. czynnej 100 m³ i poddano procesowi fermentacji metanowej w temperaturze 37°C, uzyskując zwiększenie produkcji biogazu o 20%.

Właściwości poszczególnych substratów podano w Tabeli 3.

Przykład 4

Sposób przygotowywania biomasy roślinnej do wytwarzania biogazu polegał na tym, że do zamkniętego zbiornika cylindrycznego do homogenizacji i wstępnej hydrolizy, o obj. 2,5 m³, wyposażonego w system ogrzewania w postaci łaźni wodnej z termostatem umożliwiającym regulację temperatury, dodano 1200 kg biomasy roślinnej w postaci wysłodków buraczanych, zawierającej celulozę w ilości 30% w suchej masie organicznej. Do biomasy roślinnej dodano odpad po hodowli drewnojadów *Zophobias morio*, którym była mieszanina odchodów, niezużytej karmy i martwych osobników drewnojadów *Zophobias morio*, w ilości 20,7 kg, co stanowi 15% wagowych biomasy roślinnej w przeliczeniu na suchą masę organiczną obu składników. Następnie doprowadzono, za pomocą dodania 0,5 m³ serwatki kwaśnej biomasę roślinną z odpadem po hodowli drewnojadów *Zophobias morio* do wilgotności wagowej 88%, stosunku C:N 20:1 i pH 6,8. Całość mieszano w zbiorniku w temperaturze 28°C za pomocą mieszadła mechanicznego śrubowego z prędkością obrotową 75 obr./min w czasie 15 godz. Następnie mieszaninę przepompowano za pomocą pompy membranowej ze zbiornika do komory fermentacyjnej o obj. czynnej 100 m³ i poddano procesowi fermentacji metanowej w warunkach 37°C, uzyskując zwiększenie produkcji biogazu o 15%.

Właściwości poszczególnych substratów podano w Tabeli 4.

Tabela 1. Właściwości poszczególnych substratów dla pierwszego przykładu wykonania.

Parametr	Substrat		
	Biomasa roślinna w postaci kiszonki kukurydzianej	Odpad po hodowli drewnojadów Zophobias morio	Gnojowica bydłęca
Zawartość suchej masy [% wag.]	30	87	9
Zawartość suchej masy organicznej [% suchej masy]	90	93	70
Wartość pH	5,4	6,7	7,6
Stosunek C:N	37:1	10.2:1	9:1

Tabela 2. Właściwości poszczególnych substratów dla drugiego przykładu wykonania.

Parametr	Substrat		
	Biomasa roślinna w postaci odpadów zielonych	Odpad po hodowli drewnojadów Zophobias morio	Gnojowica świńska
Zawartość suchej masy [% wag.]	25	87	6,5
Zawartość suchej masy organicznej [% suchej masy]	83	94	82
Wartość pH	5,8	6,8	8,4
Stosunek C:N	45:1	12:1	9:1

Tabela 3. Właściwości poszczególnych substratów dla trzeciego przykładu wykonania.

Parametr	Substrat		
	Biomasa roślinna w postaci odpadów z przetwórstwa warzyw	Odpad po hodowli drewnojadów Zophobias morio	Wywar gorzelniany
Zawartość suchej masy [% wag.]	25	87	5
Zawartość suchej masy organicznej [% suchej masy]	92	93	94
Wartość pH	6,9	6,7	5,5
Stosunek C:N	44:1	10.2:1	18:1

Tabela 4. Właściwości poszczególnych substratów dla czwartego przykładu wykonania.

Parametr	Substrat		
	Biomasa roślinna w postaci wysłodków buraczanych	Odpad po hodowli drewnojadów Zophobias morio	Serwatka kwaśna
Zawartość suchej masy [% wag.]	12	87	5,3
Zawartość suchej masy organicznej [% suchej masy]	96	94	86
Wartość pH	7,4	6,8	5,0
Stosunek C:N	23:1	12:1	9:1