

## Sposób przetwarzania biomasy

Przedmiotem wynalazku jest sposób przetwarzania biomasy w procesie obróbki temperaturowej skierowany na otrzymywanie surowców do biopaliw.

Globalizacja rolnictwa prowadzi do monokulturowego wykorzystywania ziemi uprawnej i eliminacji naturalnych procesów cyrkulacyjnych biomasy i w konsekwencji wyjąławiania gleby i utraty żyzności. Rośliny przemysłowe (kukurydza, trzcina cukrowa, bagassa trzciny cukrowej, zboża, burak cukrowy) oraz uprawy leśne służące do pozyskiwania drewna uprawiane są z nastawieniem na maksymalny uzysk produktów głównych (ziarno, cukier, skrobia, alkohol, drewno) pomijając produkty uboczne co prowadzi do konkurencji między uprawami roślinnymi dla potrzeb żywieniowych i energetycznych ( OZE).

Po zebraniu ziarna kukurydzy na polach zostają równoważne wagowo ilości słomy kukurydzianej. Ziarno zbiera się w stadium wysokiej dojrzałości co skutkuje pozostawieniem na polach trudno przyswajalnej słomy kukurydzianej o zróżnicowanej wilgotności, wysokim stopniu zdrewnienia i wysokiej zawartości celulozy. Nie przetworzona słoma kukurydziana czy też bagassa z trzciny cukrowej z powodu niskiej przyswajalności rzędu 10%-15% mają znikomą wartość żywieniową dla zwierząt i są nieprzydatne jako substraty w biogazowniach (czasy retencji > 3-4 miesięcy).

Słoma kukurydziana z racji wysokiej i zmiennej wilgotności uzależnionej od pory zbioru i pozyskiwanej części rośliny (górną lub przyziemną) ma ograniczoną możliwość zastosowania energetycznego. Słomę kukurydzianą z bezpośredniego przetwarzania na brykiety paliwowe eliminuje wysoka energochłonność suszenia oraz wysokie koszty transportu do odbiorcy docelowego.

Zgłoszenie patentowe P.410969 przedstawia sposób ekstruzji produktów rolnych prowadzący do zwiększenia ich przyswajalności, ograniczenia strat składowania i zapobiegania emisji gazów cieplarnianych. Sposób ten wykorzystuje ekstruzję z podgrzewaniem wsadu do temperatury dającej jedynie zwiększoną przyswajalność bez osiągnięcia warunków wylewania przetwarzanej biomasy. Zgłoszenie patentowe P.410970 przedstawia sposób suszenia i sterylizacji biomasy w celu ograniczenia strat związanych z jej przechowywaniem. Opis nie przedstawia jednak sposobów późniejszego wykorzystania otrzymanego produktu.

Zgłoszenie patentowe P.410971 opisuje sposób wykorzystania ciepła odpadowego do procesu suszenia biomasy.

Zgłoszenie patentowe P.415276 przedstawia sposób wytworzenia innowacyjnych emulsji paliwowych w których podczas spalania wywołuje się zjawiska mikro eksplozji zwiększające sprawność spalania emulsji z jednoczesnym eliminowaniem zjawisk powstawania niedopalonych cząstek pyłów odpowiedzialnych za postawanie smogu. Źródłem nośników energii do takich paliw są źródła nieodnawialne.

Zgłoszenie patentowe P.400268 przedstawia sposób wytworzenia innowacyjnych nawozów w procesie niskotemperaturowego przetwarzania biomasy z wykorzystaniem substancji alkalicznych oraz substancji ograniczających czasowo zdolność wyłukiwania i rozkładu mikrobiologicznego rozpuszczalnych składników. Wynalazek ten nie opisuje sposobu przetworzenia biomasy lecz nadania im cech spowolnionego przekazywania do gleby substancji nawozowych wykorzystywanych przez rośliny.

Sposób przetwarzania biomasy według wynalazku polega na tym, że biomasę składającą się z produktów ubocznych z roślin uprawianych w skalach wielkoprzemysłowych, takich jak produkty uboczne z przetwórstwa i wykorzystania roślin uprawianych w skalach wielkoprzemysłowych, takich jak kukurydza, trzcina cukrowa, liście okrywowe i bagassa trzciny cukrowej, zboża, burak cukrowy, miskant olbrzymi, rośliny wodne, liście paulowni, słoma kukurydziana pozyskana po zbiorze kukurydzy na ziarno, wytloki z przetwórstwa palmy olejowej, skorupy palmy kokosowej oraz produkty uboczne z pozyskiwania drewna, rozdrobnionych do wymiarów poniżej 5 cm, korzystnie 1 do 2 cm, w przypadku biomasy o naturalnej wysokiej wilgotności ewentualnie poddaje się wstępnemu suszeniu. Do tak przygotowanej biomasy dodaje się tlenki i/lub wodorotlenki metali alkalicznych, korzystnie wapno palone mielone i/lub roztwór mleka wapiennego, w ilości 1% do 5 % wagowych, korzystnie 1 do 2 % wagowych w stosunku do masy biomasy i suszy przeciwprądowo w suszarni pionowej lub poziomej w warunkach intensywnego mieszania przedmuchując gorącymi, korzystnie wcześniej osuszonymi gazami spalinowymi, korzystnie wytwarzanymi w trakcie spalania biogazu w generatorach prądu zasilanego biogazem ze współpracującej biogazowni. W trakcie tego procesu dodatek tlenków metali alkalicznych wiąże wodę i powstają hydraty w postaci hydratu wapnia. Opuszczająca węzeł suszenia biomasa ma postać rozdrobnionej zhomogenizowanej pasty lub bryłek,

w zależności od użytego surowca. Tak uzyskany wsad podawany jest w sposób ciągły do komory reakcyjnej gdzie podgrzewany jest w trzech etapach: najpierw metodą ogrzewania konwencjonalnego do temperatury 100 - 120°C w czasie 10 minut – 2 godzin a następnie stosując metodę ogrzewania konwencjonalnego zintegrowanego z mikrofalowym do temperatury 120-150°C w czasie 10 minut – 1 godzina w celu zainicjowania procesów autogenicznego rozkładu termicznego pod wpływem tlenu uwalnianego z tlenowych związków organicznych zawartych w przetwarzanej biomacie. W trzecim etapie ogrzewania doprowadza się wsad do temperatur 150<sup>o</sup>-350<sup>o</sup>C w czasie do 5 do 15 minut ciepłem generowanym przez zestaw co najmniej trzech głowic mikrofalowych. Podczas wszystkich etapów procesu komorę reaktora przedmuchuje się gazem obojętnym lub dwutlenkiem węgla. Powstałe produkty gazowe, ciekłe i stałe rozdziela się. W wyniku procesu powstają trzy rodzaje produktów: biowęgiel i bioolej jako surowce do paliw emulsyjnych oraz gazy palne, wykorzystywane do generowania energii elektrycznej dla potrzeb instalacji technologicznych. Korzystnie ogrzewanie mikrofalowe prowadzi się w systemie wirującego pola mikrofalowego poprzez stosowanie rozmieszczonych obwodowo wokół komory reaktora głowic emitujących mikrofałe włączanych naprzemiennie i nierównocześnie.

Strumień gazów opuszczających instalację po schłodzeniu wykorzystuje się jako paliwo gazowe do instalacji produkującej energię elektryczną dla potrzeb modułu zasilania generatora mikrofal, korzystnie będącej turbiną gazową, jako strumień dodatkowego gazu do biogazu wytwarzanego we współpracującej biogazowni lub po oczyszczeniu i schłodzeniu jako strumień gazów palnych dodawanych do komory fermentacyjnej, korzystnie drugiego stopnia, we współpracującej biogazowni. Dzięki takiemu sposobowi postępowania rozwiązuje się problem oczyszczania gazów odlotowych z procesu wylewania i jednocześnie jego zagospodarowania.

Powstające w procesie produkty stałe i ciekłe miesza się ze sobą, korzystnie po schłodzeniu, i poddaje operacjom rozdrabniania i homogenizacji wykorzystując w tym celu znane metody mielenia hydrodynamicznego i/lub zjawiska kawitacji. Jednorodną fazę ciekłą zawierającą nanocząstki węgla organicznego i biooleju uzupełnia się znanymi metodami wodą i detergentami tak aby łączna zawartość fazy ciągłej nie przekraczała 28-30%, detergentów 1-3% i fazy rozproszonej jako pozostałości. Tak uzyskany produkt wykorzystuje się jako wyjściowy surowiec do wytwarzania paliw zawieszinowych nowej generacji.

Mokre surowce roślinne praktycznie nie nadają się do generacji energii i muszą być wstępnie wysuszone. Stosowanie konwencjonalnej metody suszenia umożliwia co prawda wysuszenie surowca jednak w dalszym etapie możliwe byłoby wyłącznie prowadzenie ogrzewania konwencjonalnego. Ogrzewanie konwencjonalne powoduje nagrzewanie najpierw warstw wierzchnich i konwekcję ciepła do wnętrza masy. Tak prowadzony proces powoduje, że powierzchnia biomasy ma inną temperaturę niż jej wnętrze i w efekcie powierzchniowo jest przegrzana a wewnątrz niedogrzana. Proces przebiega odmiennie w każdej warstwie biomasy. Dodanie do wilgotnej biomasy tlenków i wodorotlenków metali alkalicznych prowadzi do powstania hydratów umożliwiając skuteczną aplikację ogrzewania mikrofalowego w kolejnych etapach procesu. Mikrofały wprawiają cząsteczki wody oraz cząsteczki hydratów znajdujące się w nagrzewanym ciele w drgania rotacyjne. Energia drgających cząsteczek wody w wyniku silnego tłumienia drgań rozprasza się i jest przekazywana cząsteczkom podgrzewanego ciała – tym samym rośnie jego energia termiczna i w konsekwencji temperatura. Ogrzewanie dzięki zastosowaniu innowacyjnego mikrofalowego pola wirowego zachodzi jednocześnie i równomiernie w całej masie surowca przemieszczanego przez strefę napromieniowania.

Powstające w procesie pirolizy niskotemperaturowej biomasy wspomaganą mikrofalami produkty ciekłe i frakcje olejowe (bio olej) bogate w kwasy w tym kwas octowy poddaje się znanymi metodami separacji na frakcje olejowe kierowane do produkcji paliw zawieszinowych a wodne roztwory kwasów, korzystnie kwasu octowego, wprowadzane są korzystnie po dodatkowym oczyszczeniu do roztworów fermentacji metanowej w biogazowniach wykorzystując je jako substraty zwiększające skalę wytwarzania biogazu.

Zaletą produktu uzyskanego sposobem według wynalazku jest to, że paliwo jest w 100% paliwem odnawialnym, produkt ma formę płynną nadającą się do bezpiecznego transportu, składowania i przed wykorzystaniem w procesach spalania nie wymaga kosztownych operacji suszenia a także zabezpieczania przed zapłonem i wybuchem w trakcie składowania. Dodatkowo do wytwarzania paliw zawieszinowych wykorzystuje się dużą część biooleju będącego mieszaniną różnych ciekłych produktów termicznej obróbki biomasy. Nieoczekiwanie, zgodnie z wynalazkiem obecność w produktach procesu hydratu wapnia powoduje, iż wytwarzane paliwo zawieszinowe, posiadające w swoim składzie hydrat wapnia, w temperaturach spalania

przekraczających 527°C rozkładają się termicznie wywołując zjawiska mikroeksplozji ograniczając powstawanie smogu i podwyższając skuteczność spalania.

Dotychczasowe procesy zabezpieczania biomasy przed rozkładem opierały się na poddawaniu jej hydrolizie kwasowej (kwasem siarkowym lub solnym), kiseniu lub zabezpieczanie na drodze suszenia. Lepsze efekty daje zgodnie z wynalazkiem obróbka rozdrobnionej biomasy tlenkami i/lub wodorotlenkami metali alkalicznych. Tak zabezpieczoną biomasę można składować bez obaw o utratę wartości energetycznych w procesach wytwarzania paliw zawieszinowych zgodnie z wynalazkiem nawet do 12 miesięcy i traktować jako pełnowartościowe całoroczne źródło substratów. Produkty procesu obróbki temperaturowej zależą od rodzaju biomasy i warunków procesu. Przykładowy skład chemiczny i zmiany tego składu podaje poniższa Tablica.

**Piroliza mikrofalowa biomasy kukurydzianej i celulozy – wpływ mocy promieniowania na skład produktów :**

	Moc promieniowania mikrofalowego 300 W		Moc promieniowania mikrofalowego 1000 W
	Biomasa kukurydziana	Celuloza	Biomasa kukurydziana
Produkty gazowe (%)	14,36	7,52	46,88
Produkty ciekłe (%)	16,34	13,76	30,16
Produkty stałe (%)	69,3	79,72	23,98

Własności fizykochemiczne biooleju:

Cecha	Wartość
pH	2,87
Wilgotność w % wagowych	15,2
Gęstość w g/ml	1,25
Lepkość dynamiczna mPa*s w temperaturze:	

20°C	1260
40 °C	185
60 °C	60
80 °C	34
Górna wartość opałowa HHV MJ/kg	17,51
Skład pierwiastkowy: % wagowych	
Węgiel	60,66
Wodór	7,70
Azot	2,02
Siarka	0,15

#### Przykład 1:

Wsad słomy kukurydzianej w ilości 200 Mg o wilgotności 55% pozyskanej po zbiorze kukurydzy na ziarno ze 100 hektarów upraw kukurydzy zawiera 90 Mg suchej masy rozdrobniony znanymi metodami do wymiarów 1 do 2 cm dostarcza się na miejsce bezpośredniego przetworzenia gdzie miesza się go z 6 tonami hydratu wapnia suszy się go znanymi metodami do wilgotności 9%. Biomasa po wysuszeniu zawiera 90 Mg suchej biomasy, 4 Mg hydratu wapnia i do 9 Mg wilgoci. Wysuszoną mieszaninę homogenizuje się w celu równomiernego rozmieszczenia dodanego hydratu wapnia między cząstkami biomasy. Wsad podawany jest w sposób ciągły przez kolejne strefy komory reakcyjnej gdzie najpierw jest suszony metodą ogrzewania konwencjonalnego w temperaturze 110°C w czasie 20 minut w celu dokończenia procesu suszenia a następnie do kolejnej strefy reaktora gdzie wykorzystując metodę ogrzewania konwencjonalnego zintegrowaną z mikrofalowym zwiększa się temperaturę do 150°C i wygrzewa przez 10 minut w celu zainicjowania procesów autogenicznego rozkładu termicznego pod wpływem tlenu uwalnianego z tlenowych związków organicznych zawartych w biomacie. Na kolejnym etapie ogrzewania wsad podgrzewany jest od 150°C do 350°C w strefie oddziaływania mikrofal gdzie czynnikiem generującym ciepło do nagrzania wsadu jest promieniowanie mikrofalowe którego intensywność kontroluje się układem sterowania sprzężonym z układem pomiaru temperatur panujących w strefie mikrofalowej reaktora. Zadaniem tej strefy jest zapewnienie na drodze regulacji prędkości wędrowki wsadu przez strefę mikrofalową oraz

intensywności promieniowania mikrofalowego stworzenie warunków pozwalających na uzyskanie pożądanego składu produktów pirolizy. Promieniowanie wytwarzane przez system pięciu głowic emitujących mikrofałe skonfigurowanych tak aby wytworzone mikrofałe doprowadzane falowodami do strefy grzewczej reaktora omiatały wędrujący przez jej centrum wsad biomasowy. W systemie stosuje się kilka następujących po sobie stref promieniowania aby zapewnić ścisłą kontrolę warunków temperaturowych panujących w procesie. Podczas prowadzenia całego procesu komorę reakcyjną przedmucha się dwutlenkiem węgla. Otrzymane produkty stałe ciekłe i gazowe odpowiednio w ilościach 43% (biowęgiel), 16% (bioolej) i gazy wytłewne z parą wodną jako pozostałość oddziela się od siebie i poddaje dalszemu przetwarzaniu.

W odmianie sposobu przetwarzania 200 Mg biomasy z roślin wodnych o naturalnej wilgotności 80% poddaje się na miejscu pozyskania wstępnemu podsuszeniu do wilgotności 30%, rozdrabnia do rozmiarów poniżej 5 cm i dostarcza na miejsce bezpośredniego przetworzenia gdzie po uprzednim wymieszaniu z wapnem palonym mielonym w ilości 5% wagowych jako dodatkiem intensyfikującym suszenie poddaje dalszemu suszeniu do wilgotności < 15% a następnie wysuszeniu docelowemu korzystnie w suszarni przeciwprądowej pionowej wielo - półkowej w warunkach intensywnego mieszania przedmuchując jednocześnie przesypującą się z półki na półkę masę gorącymi, wcześniej osuszonymi gazami spalinowymi, bogatymi w dwutlenek węgla wytwarzanymi w trakcie spalania biogazu w generatorach prądu zasilanego biogazem ze współpracującej biogazowni lub ze spalania gazów wytłewnych powstających w instalacji pirolizy. Opuszczająca węzeł suszenia biomasa ma postać rozdrobnionej zhomogenizowanej sieczki i wilgotność nie przekraczającą 5%.

Tak uzyskany wsad podawany jest w sposób ciągły do komory reakcyjnej korzystnie poziomej gdzie podgrzewany jest najpierw metodą ogrzewania konwencjonalnego do temperatury od 100°C do 120°C w czasie 30 minut w celu dokończenia procesu suszenia a następnie wykorzystując metodę ogrzewania konwencjonalnego zintegrowanego z mikrofalowym do temperatury od 120°C do 150°C w czasie 40 minut w celu zainicjowania procesów autogenicznego rozkładu termicznego pod wpływem tlenu uwalnianego z tlenowych związków organicznych zawartych w przetwarzanej biomacie. Na kolejnym etapie ogrzewania od 150°C do 220°C czynnikiem generującym ciepło do nagrzania wsadu jest promieniowanie

mikrofalowe wytworzone korzystnie przez system trzech głowic emitujących mikrofałe kierowane następnie falowodami do stref nagrzewania mikrofalowego w reaktorach. Głowice emitujące mikrofałe są rozmieszczone obwodowo wokół komory reaktora i włączane naprzemiennie i nierównocześnie w sposób sekwencyjny zapewniający nadanie promieniowaniu charakteru wirowego zapewniającego stworzenie stabilnych warunków pirolizy w strefie wylewania. Podczas prowadzenia procesu komorę reakcyjną przedmuchuje się azotem. Otrzymane produkty gazowe, ciekłe i stałe oddziela się.

#### Przykład 2

W odmianie sposobu według wynalazku jako wsad biomasowy stosuje się liście okrywowe trzciny cukrowej w mieszaninie 50%:50% z bagassą pozostałą po wytłoczeniu syropu cukrowego z łodyg trzciny cukrowej. Mieszaninę rozdrabnia do wymiarów poniżej 1 do 2 cm i miesza z 4% zawiesiną mleka wapiennego do uzyskania zhomogenizowanej masy. Tak uzyskany wsad poddaje się suszeniu znanymi metodami korzystnie metodą INNODRYING do wilgotności poniżej 10% a następnie podaje bezzwłocznie i w sposób ciągły do komory reakcyjnej gdzie podgrzewa się go metodami ogrzewania konwencjonalnego do temperatury 120°C w czasie 30 minut w celu pełnego wysuszenia a następnie wykorzystując metodę ogrzewania konwencjonalnego zintegrowaną z mikrofalowym do temperatur od 120°C do 150°C w czasie 15 minut w celu w celu zainicjowania procesów autogenicznego rozkładu termicznego pod wpływem tlenu uwalnianego z tlenowych związków organicznych zawartych w biomacie. Na etapie dalszego ogrzewania od 150°C do 350°C czynnikiem generującym niezbędne ciepło do nagrzania wsadu oraz kontrolującym profil temperaturowy wsadu podczas wędrówki wsadu przez strefę wylewania jest promieniowanie mikrofalowe realizowane przez system sześciu głowic emitujących mikrofałe. Czynnikiem generującym ciepło do nagrzania wsadu jest promieniowanie mikrofalowe realizowane przez system pięciu głowic emitujących mikrofałe absorbowane w całej masie reakcyjnej przez polarne cząstki dodanego wcześniej hydratu wapnia. Podczas prowadzenia całego procesu komorę reakcyjną przedmuchuje się azotem. Otrzymane produkty gazowe, ciekłe i stałe oddziela się od siebie.

### Przykład 3:

Proces realizuje się zgodnie z przykładem 1 z tą różnicą iż jako źródło nadmiarowej biomasy w procesie pirolizy niskotemperaturowej wspomaganej mikrofalami zamiast słomy kukurydzianej wykorzystuje się rozdrobnione do wymiarów poniżej 2 cm liście okrywowe z trzciny cukrowej pozyskane w operacji usuwania ich od łodyg bogatych w cukry mieszając je w proporcjach wagowych 50:50% z rozdrobnionymi wytłoczynami pozostałymi z wytlaczania oleju z owoców palmy olejowej, skorup orzechów kokosowych pestek owoców pestkowych. Pozyskaną biomasę rozdrabnia się na cząstki o wymiarach 1 do 2 cm następnie homogenizuje i z tak uśrednionego produktu formuje bryłki lub granulki o kształtach regularnych pudrując powierzchnię granulek pyłami mineralnymi korzystnie popiołem lub wapnem palonym w ilości 4 % wagowych w celu zmniejszenia tendencji bryłek biomasowych do sklejania podczas ich wędrówki przez komory niskotemperaturowej pirolizy wspomaganej mikrofalami i zwiększenia zdolności do absorbowania energii promieniowania mikrofalowego na etapach gdy wsad pozbawiony wilgoci traci zdolność absorpcji takiego promieniowania. Zgodnie z wynalazkiem obecność we wsadzie cząstek hydratu wapnia powstałych w reakcji wapna z wilgocią zawartą w biomacie lub popiołu o polarnej budowie cząstek umożliwia mimo braku wilgoci na kontynuowanie absorbowania energii fal mikrofalowych i w konsekwencji kontynuowanie procesu pirolizy wspomaganej mikrofalami w fazie gdy wsad nie zawiera wilgoci mogącej absorbować takie promieniowanie.

### Przykład 4:

Sposób zgodnie z przykładami 1 do 3 z tą różnicą, że jako substancję alkaliczną zamiast hydratu wapnia lub zawiesiny mleka wapiennego stosuje się wapno palone mielone wysokiej reaktywności. Podczas mieszania pulpy z wapnem występująca w ziarenkach wilgotnej pulpy biomasowej woda reagują z wapnem z utworzeniem hydratu zmniejszając wilgotność pulpy a dodatkowo cząsteczki powstałego hydratu wapnia dzięki wysokiej zdolności pochłaniania promieniowania mikrofalowego pozwalają na równoczesne i gwałtowne podgrzewanie biomasy do temperatur w których możliwa jest autogeniczna piroliza z udziałem związanego z biomasą tlenu. Temperaturę reguluje się intensywnością promieniowania mikrofalowego kontrolowaną w oparciu o pomiary temperatury panującej we wsadzie zgodnie z sygnałami systemu czujników temperatury w poszczególnych strefach reaktora.

### Przykład 5

W przypadku gdy wilgotność rozdrobnionej biomasy zwłaszcza biomasy drzewnej jest zbyt niska aby skutecznie absorbować promieniowanie mikrofalowe przez co utrudnione staje się efektywne i skuteczne dosuszanie a następnie podgrzewanie wsadu korzystnym jest dodanie do przetwarzanej biomasy 2 do 4 % roztworu mleka wapiennego który wprowadza niezbędne dla skutecznej absorpcji promieniowania mikrofalowego cząsteczki wody a po uzyskaniu przez biomasę stanu pełnego wysuszenia wysuszone z natury polarne cząstki hydratu wapnia spełniają funkcję absorberów promieniowania i w konsekwencji powodują wzrost temperatury do temperatur w których rozpoczyna się piroliza niskotemperaturowa .