

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **236347**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **417160**

(22) Data zgłoszenia: **11.05.2016**

(51) Int.Cl.
C02F 11/04 (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)
C12P 5/00 (2006.01)
C12P 1/04 (2006.01)
C12N 1/20 (2006.01)
C12N 9/14 (2006.01)

(54) **Sposób zwiększenia wydajności biogazowni wysłodków buraczanych i poprawy jakości biogazu oraz zastosowanie preparatu bakteryjno-enzymatycznego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
20.11.2017 BUP 24/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.12.2020 WUP 21/20

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII PRZEMYSŁU
ROLNO-SPOŻYWCZEGO
IM. PROF. WACŁAWA DĄBROWSKIEGO,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**BOŻENNA POŁEĆ, Błonie, PL
ANDRZEJ BARYGA, Łódź, PL
KRYSTYNA STECKA, Warszawa, PL
ANTONI MIECZNIKOWSKI, Warszawa, PL
KRYSTYNA ZIELIŃSKA, Warszawa, PL**

PL 236347 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób zwiększenia wydajności biogazowni wystodków buraczanych i poprawy jakości biogazu oraz zastosowanie preparatu bakteryjno-enzymatycznego.

Wystodki buraczane są produktem ubocznym otrzymywanym po procesie ekstrakcji cukru z buraków cukrowych. Stanowią cenny rodzaj biomasy ze względu na znaczną zawartość składników węglowodanowych, w tym celulozy i hemicelulozy, oraz niewęglowodanowych, głównie ligniny i białka.

LACTACEL-W jest biopreparatem bakteryjno-enzymatycznym zawierającym bakterie fermentacji mlekowej oraz enzymy celulolityczne o głównych aktywnościach endo-1,4-beta-glukanazy, ksylanazy i glukoamylazy, które w czasie kiszenia powodują częściowy rozkład włókna surowego wystodków i uwalniają cukry proste do poziomu stanowiącego wystarczającą ilość pożywki dla rozwoju bakterii fermentacji mlekowej. Wyniki analiz kiszonek z wystodków buraczanych sporządzonych z biopreparatem LACTACEL-W potwierdzają obniżenie poziomu włókna surowego dzięki działaniu enzymów, zawartych w preparacie oraz wytwarzanych przez bakterie w trakcie procesu zakiszania. Kiszonki wyprodukowane z wystodków buraczanych z dodatkiem preparatu LACTACEL-W uzyskują bardzo dobre oceny. Odnaczają się one zapachem świeżych wystodków, dobrze zachowaną strukturą kiszonki i są bardzo chętnie zjadane przez trzodę chlewną i bydło (Zielińska K. i in.: Lactacel – biopreparat przeznaczony do kiszenia i podniesienia strawności wystodków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 1996, 11, 209–210).

Aktualnie w cukrowniach tylko część wyprodukowanych wystodków buraczanych jest wykorzystywana jako cenna wysokoenergetyczna pasza dla bydła. Pozostające nadmierne ilości wystodków stanowią odpad, który powinien być w inny sposób zutilizowany.

Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że trwają badania nad wykorzystaniem wystodków buraczanych jako cennego źródła do otrzymywania wielu surowców mogących mieć zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu chemicznego, spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego.

Jednym ze sposobów utylizacji wystodków buraczanych, już stosowanych w cukrowniach, jest ich zbiogazowanie (Gancarz Z.: Alternatywne metody zagospodarowania wystodków, *Burak Cukrowy – Gazeta dla plantatorów*, 2007, 4, s. 37–38; Brooks L. et al.: Biogas from sugar beet press pulp as substitute of fossil fuel in sugar beet factories. *Water Science & Technology*, 2008, 58, (7) 1498–1504 oraz Połec B. i in.: Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wystodków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 2011, 4, 107–112). Jest to racjonalny, uzasadniony ekonomicznie sposób zagospodarowania nadmiernych ilości wystodków. Zapewnia bowiem unieszkodliwienie odpadu i uzyskanie wysokoenergetycznego biogazu, mogącego po odpowiednim przekształceniu stanowić dla cukrowni dodatkowe źródło energii elektrycznej lub ciepłej.

Kampania cukrownicza i produkcja wystodków trwa tylko około 3 miesięcy, a biogazownia powinna pracować cały rok, aby inwestycja była opłacalna. Jeśli zakłada się całoroczną eksploatację biogazowni istnieje konieczność odpowiedniego przygotowania wystodków buraczanych przed ich zmagazynowaniem jako substratu do produkcji biogazu. Świeże wystodki mogą stanowić substrat dla biogazowni jedynie w okresie kampanii cukrowniczej. Przerób wystodków w okresie międzykampanijnym wymaga ich zakonserwowania.

Powszechnie w tym zakresie stosuje się zakiszanie wystodków polegające na odizolowaniu ich od powietrza w celu stworzenia warunków beztlenowych do przebiegu fermentacji mlekowej. Zakiszanie wystodków prowadzone może być w silosach, rękawach foliowych lub baletach.

Z badań własnych i przeglądu piśmiennictwa (Nowak J.: Technika kiszenia pasz w dużych workach foliowych, *Rolniczy Przegląd Techniczny*, 2002, 10, 64–65; Kowalska M. et al.: Zakiszanie wystodków o zawartości suchej substancji powyżej 18%, 1999, Warszawa, wyd. IPC oraz Kowalska M.: Zagadnienia mikrobiologiczne procesu produkcji cukru z buraka cukrowego, 2006, Warszawa: Ośrodek Wydawniczo-Poligraficzny „SIM”) wynika, że najkorzystniejszą, sprawdzoną i skuteczną metodą jest zakiszanie prasowanych wystodków buraczanych w rękawach foliowych. Można w nich zakonserwować w zależności od wymiarów rękawa od 150 do 1000 t paszy. Do zakiszania w rękawach foliowych wykorzystuje się odpowiednie prasy, na których można montować urządzenia dozujące, wprowadzające, do paszy preparaty mikrobiologiczne, które sterują procesem fermentacji podczas ich kiszenia.

Dotychczasowe badania wykazują, że kiszonka przechowywana w długich rękawach jest wyższej jakości niż przechowywana w silosach.

Alternatywną technologią w stosunku do zakiszania wystodków buraczanych w rękawach foliowych, uzasadnioną względami ekonomicznymi, organizacyjnymi i technicznymi może być technologia zakiszania wystodków w balotach tzw. belach cylindrycznych owiniętych folią (Dulcet E. et al.: Zakiszanie wystodków buraczanych w belach cylindrycznych. Inżynieria Rolnicza, 2008, 4, 241–248). Należy jednak podkreślić, że można w nich zakiszyć mniej wystodków buraczanych niż w rękawach foliowych (tylko ok. 1,2 MG), co ogranicza zastosowanie tego rozwiązania w dużych biogazowniach.

Kolejnym rozwiązaniem znanym ze stanu techniki jest patent PL 180314 B1 pt.: „Biopreparat do zakiszania wystodków buraczanych”, przedstawiający biopreparat do zakiszania wystodków buraczanych przeznaczonych na pasze dla zwierząt gospodarskich. Preparat taki stosuje się tylko do zakiszania wystodków w celu konserwowania paszy dla bydła.

Ze stanu techniki najbliższy merytorycznie przedmiotowi zgłoszenia jest patent PL 197595 B1 pt.: „Sposób i układ wytwarzania metanu i energii elektrycznej i cieplnej”, ujawniający sposób wytwarzania metanu i energii elektrycznej i cieplnej zwłaszcza z surowców roślinnych pozyskiwanych z upraw przeznaczonych do tego celu np. buraków pastewnych i kiszonki z traw. Przedstawiony sposób jest bardzo skomplikowany. Wykorzystywane są aż 4 procesy: hydrolizy, fermentacji psychrofilowej, mezofilowej i termofilowej.

Celem rozwiązania stanowiącego przedmiot zgłoszenia jest zwiększenie wydajności biogazowni wystodków buraczanych i poprawy jakości biogazu przez odpowiednie przygotowanie substratu przed skierowaniem do biogazowni.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że przed zbiogazowaniem substratu stosuje się preparat enzymatyczno-bakteryjny (Lactacel-W), zawierający bakterie fermentacji mlekowej oraz enzymy celulolityczne o głównych aktywnościach endo-1,4-beta-glukanazy, ksylanazy i glukoamylazy, w dawce 1–1,2 kg/Mg wystodków i prowadzi się proces ciągłej mezofilowej fermentacji metanowej, przy czym proces ciągłej mezofilowej fermentacji metanowej prowadzi się przy obciążeniu biogazowni wystodkami $2,0\text{--}2,2 \text{ kg sm/m}^3 \times \text{d}$, czasie retencji 20–22 dób, zaszczepieniu reaktora materiałem biologicznym bogatym w bakterie metanowe w ilości 30 kg sm/m^3 , utrzymaniu temperatury optymalnej dla procesu mezofilowego tj. $37 \pm 1^\circ\text{C}$ i regulacji odczynu do poziomu 6,8–7,4 pH. W procesie zgodnym z niniejszym wynalazkiem zgazowanie prowadzone jest wyłącznie w jednym procesie fermentacji mezofilowej, a zadowalające efekty fermentacji substratu polegające na zwiększeniu wydajności biogazowni wystodków buraczanych i poprawę jakości biogazu uzyskiwane są dzięki odpowiedniemu przygotowaniu wystodków do fermentacji: zakiszeniu z dodatkiem preparatu enzymatyczno-bakteryjnego oraz odpowiedniemu rozdrobnieniu fermentowanego substratu.

Korzystnie, gdy wystodki buraczane po wyjściu z ekstraktora podaje się na prasy wysokiego wyżęcia, które umożliwią odwodnienie wystodków 18–30% suchej substancji, następnie dozuje się do nich za pomocą pompki perystaltycznej preparat enzymatyczno-bakteryjny i kieruje się wystodki do rękawa foliowego przy pomocy specjalistycznej prasy, bez strat energii i suchej masy dzięki bardzo szybkiemu odcięciu dostępu powietrza do zakiszanej masy i równomiernemu jej ugnieceniu.

Korzystnie, gdy wystodki buraczane zakiszone w rękawie foliowym są po 6–8 tygodniach rozdrabniane do średnicy cząstek $2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ i rozcieńczane odciekiem pofermentacyjnym do 16–20% suchej masy i dozowane w sposób ciągły do reaktora fermentacji metanowej w biogazowni.

Kolejną istotą przedmiotowego wynalazku jest zastosowanie preparatu enzymatyczno-bakteryjnego (Lactacel-W), zawierającego bakterie fermentacji mlekowej oraz enzymy celulolityczne o głównych aktywnościach endo-1,4-beta-glukanazy, ksylanazy i glukoamylazy, do zwiększenia wydajności biogazowni wystodków buraczanych i poprawy jakości biogazu uzyskanego sposobem określonym powyżej.

Zastosowanie tego typu preparatów do konserwowania wystodków buraczanych jako substratu dla biogazowni stanowi nowy i nieoczywisty sposób w stosunku do innych rozwiązań.

Wystodki buraczane będą zakiszone w rękawach foliowych z zastosowaniem prasy wysokiego wyżęcia, na której będzie zamontowane urządzenie dozujące do wystodków roztwór wodny preparatu Lactacel-W w dawce 1,0–1,2 kg suchej masy preparatu na 1 MG suchej masy wystodków prasowanych. Załadowane rękawy foliowe będą składowane na terenie lub w pobliżu biogazowni i przechowywane przez okres minimum 6 tygodni, optimum 2 miesiące, przed ich podaniem do biogazowni.

Tak przygotowana kiszonka wystodków buraczanych, po rozdrobnieniu do średnicy cząstek $2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ i rozcieńczeniu odciekiem pofermentacyjnym do 16–20% suchej masy, będzie dozo-

wana w sposób ciągły do reaktora fermentacji metanowej. Należy zachować następujące parametry fermentacji metanowej: obciążenie biogazowni wysłódkami $2,0-2,2 \text{ kg sm/m}^3 \times \text{d}$, czas retencji 20–22 dób, zaszczerpienie reaktora materiałem biologicznym bogatym w bakterie metanowe w ilości 30 kg sm/m^3 , utrzymanie temperatury optymalnej dla procesu mezofilowego tj. $37 \pm 1^\circ\text{C}$ i regulacja odczynu do poziomu 6,8–7,4 pH.

Porównanie efektywności pracy biogazowni z wykorzystaniem jako substratu wysłódków zakiszonych w sposób tradycyjny (bez dodatku preparatu) i zakiszonych z dodatkiem preparatu enzymatyczno-bakteryjnego Lactacel-W zestawiono w tabeli 1, a porównanie jakości biogazu uzyskiwanego z wykorzystaniem jako substratu wysłódków zakiszonych w sposób tradycyjny i zakiszonych z dodatkiem preparatu zestawiono w tabeli 2.

Tabela 1

Porównanie efektów procesu fermentacji metanowej wysłódków buraczanych wg aktualnego sposobu przygotowywania substratu i stanowiącego przedmiot wynalazku

Wskaźniki efektywności fermentacji	Jednostki	Sposób przygotowania substratu do	
		wysłódki buraczane zakiszone w sposób tradycyjny	wysłódki buraczane zakiszone z preparatem LACTACEL-W
Redukcja substancji organicznych w wysłódkach buraczanych	%	67,6	73,8
Zawartość substancji organicznych w wysłódkach buraczanych po fermentacji	%	40,4	37,9
Usuwany ładunek substancji organicznych w wysłódkach buraczanych podczas procesu fermentacji	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \times \text{d}}$	1,07	1,09
Wydajność biogazu	$\text{N m}^3/\text{m}^3 \times \text{d}$	0,82	0,92
Wydajność biogazu	$\text{N m}^3/\text{kg smo}$	0,76	0,78

Tabela 2

Porównanie jakości biogazu uzyskiwanego w procesie fermentacji metanowej wyśłodków buraczanych wg aktualnego sposobu przygotowywania substratu i stanowiącego przedmiot wynalazku

Wskaźniki jakości biogazu	Jednostki	Sposób przygotowania substratu do	
		Wyśłodki buraczane zakiszone w sposób tradycyjny	Wyśłodki buraczane zakiszone z preparatem LACTACEL-W
Zawartość CH ₄	% obj .	57, 6	56, 7
Zawartość węglowodorów C ₂ -	% obj .	< 0,001	< 0,001
Zawartość CO ₂	% obj .	40,4	42,5
Zawartość N ₂	% obj .	2,0	0,8
Zawartość H ₂	% obj .	0,01	0
Zawartość H ₂ S	mg/m ³	205	136
Gęstość	kg/ m ³	1,2348	1,2556
Ciepło spalania	MJ/ m ³	23,0	22,7
Wartość opałowa	MJ/ m ³	20,7	20,4

Liczba Wobbego górna	MJ/ m ³	23,58	23,00
----------------------	--------------------	-------	-------

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1, w sposobie według wynalazku możliwe jest, w stosunku do sposobu aktualnie stosowanego, uzyskanie wyższego o 6,2% efektu redukcji substancji organicznych w wyśłodkach buraczanych. W rezultacie zawartość substancji organicznych w wy-

słodkach buraczanych jest niższa o 2,5%, a usuwany ładunek substancji organicznych podczas procesu fermentacji jest wyższy o 0,02 kg smo z każdego m³ fermentora w ciągu doby.

Intensywniejsza fermentacja metanowa w sposobie według wynalazku w stosunku do sposobu aktualnie stosowanego gwarantuje zwiększenie wydajności biogazu z 0,82 do 0,92 m³/m³ × d i z 0,76 do 0,78 m³/kg smo.

W sposobie według wynalazku możliwe jest również uzyskanie biogazu o korzystniejszej jakości w zakresie zawartości azotu, wodoru i siarkowodoru w stosunku do sposobu aktualnie stosowanego (tabela 2).

Zastosowanie wsadu do biogazowni w postaci kiszonki z wyśłodków buraczanych sporządzonych z biopreparatem LACTACEL-W potwierdzają obniżenie poziomu włókna surowego dzięki działaniu enzymów, zawartych w preparacie oraz wytwarzanych przez bakterie w trakcie procesu zakiszania.

Wykorzystanie do zbiogazowania wyśłodków zakiszonych z preparatem Lactacel-W zapewnia unieszkodliwienie odpadu i uzyskanie wysokoenergetycznego biogazu, mogącego po odpowiednim przekształceniu stanowić dla cukrowni dodatkowe źródło energii elektrycznej lub ciepłej.

Zastosowanie preparatu enzymatyczno-bakteryjnego Lactacel-W gwarantuje zwiększenie wydajności biogazowni wyśłodków buraczanych i poprawę jakości biogazu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób zwiększenia wydajności biogazowni wyśłodków buraczanych i poprawy jakości biogazu, **znamienny tym**, że przed zbiogazowaniem substratu stosuje się preparat enzymatyczno-bakteryjny (Lactacel-W), zawierający bakterie fermentacji mlekowej oraz enzymy celulolityczne o głównych aktywnościach endo-1,4-beta-glukanazy, ksylanazy i glukoamylazy, w dawce 1–1,2 kg/Mg wyśłodków i prowadzi się proces ciągłej mezofilowej fermentacji metanowej, przy czym proces ciągłej mezofilowej fermentacji metanowej prowadzi się przy obciążeniu biogazowni wyśłodkami 2,0–2,2 kg sm/m³ × d, czasie retencji 20–22 dób, zaszczepieniu reaktora materiałem biologicznym bogatym w bakterie metanowe w ilości 30 kg sm/m³, utrzymaniu temperatury optymalnej dla procesu mezofilowego tj. 37 ± 1°C i regulacji odczynu do poziomu 6,8–7,4 pH.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyśłodki buraczane po wyjściu z ekstraktora podaje się na prasy wysokiego wyjęcia, które umożliwią odwodnienie wyśłodków 18–30% suchej substancji, następnie dozuje się do nich za pomocą pompki perystaltycznej preparat enzymatyczno-bakteryjny i kieruje się wyśłodki do rękawa foliowego przy pomocy specjalistycznej prasy, bez strat energii i suchej masy dzięki bardzo szybkiemu odcięciu dostępu powietrza do zakiszanej masy i równomiernemu jej ugnieceniu.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyśłodki buraczane zakiszone w rękawie foliowym są po 6–8 tygodniach rozdrabniane do średnicy cząstek 2 mm ± 1 mm i rozcieńczane odciekem pofermentacyjnym do 16–20% suchej masy i dozowane w sposób ciągły do reaktora fermentacji metanowej w biogazowni.
4. Zastosowanie preparatu enzymatyczno-bakteryjnego (Lactacel-W), zawierającego bakterie fermentacji mlekowej oraz enzymy celulolityczne o głównych aktywnościach endo-1,4-beta-glukanazy, ksylanazy i glukoamylazy, do zwiększenia wydajności biogazowni wyśłodków buraczanych i poprawy jakości biogazu uzyskanego sposobem określonym w zastrz. 1–3.