

PRODUKCJA I WYKORZYSTANIE WYSŁODZIN BROWARNIANYCH

Streszczenie

Wraz ze wzrostem produkcji piwa rośnie również ilość odpadów i pozostałości poprodukcyjnych. Celem pracy było przedstawienie kierunków wykorzystania wysłodzin browarnianych. W artykule opisano proces produkcji wysłodzin oraz ich wykorzystania jako paszy, biopaliwa stałego i substratu do biogazowni. Wykorzystanie wysłodzin jako substratu do biogazowni rolniczej może być konkurencyjne i pozwala na pozyskanie energii.

Słowa kluczowe: gospodarka odpadami, biogaz, przemysł piwny, wysłodziny

Wstęp

Poprawa statusu materialnego oraz warunków życia Polaków sprzyja wzrostowi konsumpcji w branży spożywczej. Wśród ludności obserwuje się zaspokojenie nie tylko podstawowych potrzeb żywieniowych, ale również spożywanie szerokiej gamy produktów z tzw. wyższej półki. Dotyczy to m.in. produktów branży piwnej, charakteryzującej się od wielu lat dynamicznym rozwojem, który wynika nie tylko ze wzrostu spożycia, ale także ze zwiększonego eksportu. Zwiększenie produkcji piwa w polskich browarach jest więc ściśle powiązane z jego konsumpcją i eksportem. Pamiętaj jednak należy, że wraz ze wzrostem produkcji piwa rośnie również ilość odpadów i pozostałości poprodukcyjnych.

Celem pracy było omówienie właściwości wysłodzin oraz przedstawienie kierunków ich zagospodarowania ze szczególnym uwzględnieniem odzysku energii. W artykule opisano proces produkcji wysłodzin oraz ich wykorzystanie jako paszy, paliwa stałego i substratu do biogazowni.

Powstawanie wysłodzin

Ocena nawet szacunkowa ilości powstających wysłodzin nie jest łatwa z dwóch powodów. Pierwszy to utajnianie danych przez koncerny zarówno te duże, jak i małe. Spowodowane jest to ochroną własności intelektualnej oraz obawami przed kontrolami organizacji odpowiedzialnych za gospodarkę odpadami. Drugi powód to zróżnicowany proces produkcyjny związany w głównej mierze z wykorzystywanymi technologiami i wielkością browaru. Przy założeniu, że na 100 hl piwa przypada średnio 15-19 kg produktu ubocznego w postaci wysłodzin o zawartości suchej masy na poziomie 35-40% [15] można stwierdzić, że w 2013 roku wyprodukowano od 600 do 760 tys. Mg omawianej pozostałości. Taką ilość wysłodzin należy uznać za dużą, co przyczynia się do określenia możliwości ich wykorzystania. W praktyce młóto browarniane można wykorzystać m.in. jako paszę do skarmiania krów mlecznych, przetworzyć na paliwo stałe (brykiety, pellety) lub wykorzystać jako substrat do biogazowni.

Wykorzystanie wysłodzin na cele paszowe

Wysłodziny mogą być wykorzystywane jako pasza dla zwierząt. Z danych literaturowych wynika, że zawierają one od 20 do 26% białka w suchej masie i do 60% błonnika [2].

Wysłodziny charakteryzują się właściwościami mleko-pędnymi oraz brakiem lub niewielką zawartością tłuszczu, co w przypadku skarmiania bydła w dużych ilościach może powo-

dować problemy zdrowotne krów. Do chorób można zaliczyć obniżenie płodności lub wystąpienie komplikacji w okresie około porodowym, co przyczynia się do negatywnego wpływu na hodowlę cieląt. Dlatego w trosce o zdrowie zwierząt zaleca się optymalną dawkę wysłodzin od 6 do 8 kg na krowę. Poza tym karmienie wysłodzinami powinno następować dopiero w początkowej i środkowej fazie laktacji, a karma powinna stanowić mieszankę z kiszonką kukurydzianą, z trawami lub z dodatkiem bogatych w białko roślin strączkowych. Dla młodziży nie powinno się przekraczać dawki 2-5 kg na cielaka, a dla opasów 2-3 kg na 100 kg masy ciała dziennie [14]. W związku z powyższym nie wskazane jest nadmierne dawkowanie wysłodzin jako paszy. Konieczne jest natomiast używanie innych wartościowych pasz, mając na uwadze zdrowotność zwierząt i wynikające z tego wymierne korzyści finansowe.

Tab. 1. Zawartość składników odżywczych ogółem w paszach pochodzenia roślinnego [13]

Table 1. Nutrient content in selected feeds of plants origin [13]

Pasza	Zawartość suchej masy (%)	Całkowita zawartość składników odżywczych (% s.m.)	Skrobia i inne cukry (% s.m.)	Białka ogółem (% s.m.)
Ziarna soi	90	85	22	38
Mączka sojowa	90	75	32	54
Łupiny soi	91	75	14	14
Ziarna pszenicy	89	86	70	14
Śruta pszenna	89	80	36	19
Otręby pszenne	89	70		17
Ziarna jęczmienia	88	80	60	12
Wysłodziny browarniane	21 lub 82	66	14	26
Śruta kukurydziana	88	87	75	10
Wysłodziny gorzelniane	25 lub 91	89	14	29
Gluten kukurydziany	30 lub 90	82	30	20
Mamałyga	90	92	52	12
Ziarna bawełny	90	87	55	22
Wytłoki bawełniane	92	77	15	44

W tabeli 1 zestawiono wybrane rodzaje pasz roślinnych i ich skład procentowy, z uwzględnieniem wysłodzin browarnianych.

Z przedstawionych danych wynika, że zawartość substancji odżywczych w wysłodzinach browarnianych podana w suchej masie jest stosunkowo niska. Niewielka zawartość cukrów, które w większości zostały uwolnione do brzeczki oraz średnia ilość białek powoduje, że w stosunku do pozostałych pasz roślinnych wysłodziny stanowią raczej paszę objętościową w ogólnym żywieniu zwierząt gospodarskich. Wysłodziny zawierają ponadto tłuszcz i nienasycone kwasy tłuszczowe w granicach od 6,5 (przy 92% s.m.) do 7,5% (przy 29% s.m.) [2].

W odniesieniu do karmienia drobiu (na przykładzie kur) stosowanie wysłodzin jako paszy wpływa w sposób istotny na produkcję, gdyż zwiększają one wyraźnie wskaźnik wyklucć z zapłodnionych jaj. To z kolei może przekładać się w produkcji kurcząt, polepszając tym samym produkcję drobiu, na co wskazują dane zaprezentowane w tabeli 2.

Tab. 2. Wpływ karmienia suchymi wysłodzinami browarnianymi na produkcję drobiu kurzego [6]

Table 2. Effect of feeding dried brewer's spent grains on breeder chickens performance [6]

Wyszczególnienie	Zawartość wysuszonych wysłodzin (%)			
	0	10	20	30
Przeciętna dzienna produkcja jaj w stosunku do kur obecnych w kurniku (%)	56,2	56,88	56,65	50,59
Średnia waga jajka (g)	60,76	62,3	62,51	63,95
Średnie spożycie/kura/dzień (g)	100,71	111,69	122,97	130,51
Stosunek wagi skorupki do masy jajka (%)	9,59	9,87	9,88	9,40
Zawartość białka (jednostka Haugha)	101,68	101,15	102,39	104,87
Produkcja spermy/kogut (ml)	1,41	1,01	1,05	1,13
Płodność (%)	58,51	59,33	58,81	58,94
Wyklucia z zapłodnionych jaj (%)	67,2	75,84	80,93	81,32

W powyższych badaniach liczba kur wynosiła 120 sztuk, na którą przypadało 12 kogutów, a całkowity okres badawczy wyniósł 120 dni. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że zwiększona zawartość wysłodzin w paszy przeznaczonej dla kur spowodowała wzrost udanych zapłodnień jaj, wyrażonych procentowym udziałem wyklucć do jaj znoszonych. Ponadto zauważono wzrost spożycia paszy, wagi jajka i zawartości białek. Jednocześnie wykazano spadek produkcji spermy przy stosunkowo nie zmienionej płodności drobiu. Podsumowując, autorzy stwierdzili, że karma zawierająca 30% wysłodzin zalecana jest przy produkcji chowu kurcząt, gdyż zanotowano największy wskaźnik wzrostu, w porównaniu do pozostałych badanych parametrów.

Nowym kierunkiem paszowego wykorzystania wysłodzin może być skarmianie larw hodowlanych [8], w których wybrane owady charakteryzują się bardzo szybkim przyrostem w cyklu rozwojowym. Kierunek ten od kilku lat staje się popularny ze względu na dobre wykorzystanie pokarmu przez larwy, przy szerokiej gamie substratów organicznych. Wysłodziny browarniane zawierające zarówno materię organiczną, jak i stosunkowo wysoką zawartość wody stają się odpowiednim substratem do wykorzystania jako pasza.

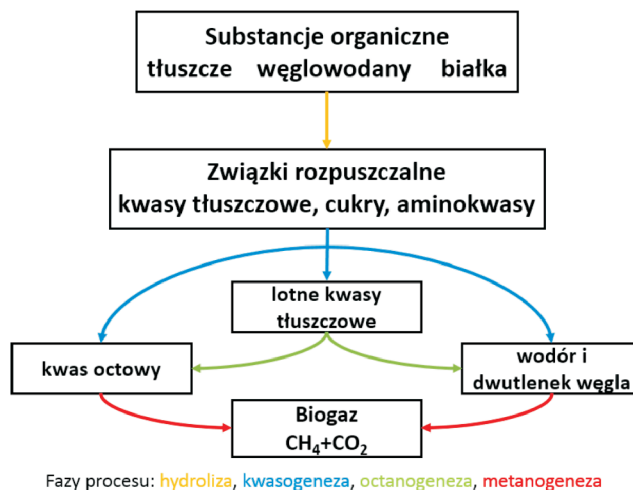
Produkcja biopaliw stałych z wysłodzin

Obok paliw kopalnych wyróżnia się biopaliwa stałe. Pod tym pojęciem rozumiane są te nośniki energii, które powstały

z organizmów żywych i mają postać stałą. Ze względu na formę wyróżnia się pellety oraz brykiety. Biopaliwa stałe są najpopularniejszym źródłem produkcji energii odnawialnej w Polsce, wynika to z faktu szerokiej dostępności możliwych do wykorzystania substratów. W odniesieniu do produkcji pelletów z wysłodzin, to jest ona możliwa, jednak nieopłacalna. Wynika to w głównej mierze z konieczności odparowania wody w substracie oraz wykorzystania energii elektrycznej w procesie formowania. Poza tym zakup samego surowca byłby kosztowny ze względu na jego konkurencyjne wykorzystanie na rynku paszowym. Niezależnie od tego należy zaznaczyć, że ciepło spalania dla wysuszonych wysłodzin jest wysokie i wynosi ok 20 MJ·kg⁻¹ [3].

Wysłodziny jako substrat do biogazowni

Proces fermentacji metanowej składa się z czterech etapów: hydrolizy, kwasogenezy, octanogenezy i metanogenezy. W każdym etapie dochodzi od rozkładu wielkocząsteczkowych substancji organicznych (węglowodany, białka, lipidy) do finalnej postaci metanu, ditlenku węgla, amoniaku, siarkowodoru, wodoru, pary wodnej i mieszaniny innych gazów występujących w śladowej ilości [8, 9]. Proces ten w uproszczeniu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat fermentacji metanowej [5]

Fig. 1. Methane fermentation scheme [5]

Produkcja metanu w biogazowniach umożliwia produkcję energii elektrycznej i ciepłej z wykorzystaniem agregatu kogeneracyjnego [5, 10]. Kogeneracja pozwala na szerokie wykorzystanie produkowanej energii zarówno na cele własne (zasilanie oraz ogrzewanie urządzeń i/lub budynków zakładu produkcyjnego, np. browaru), jak i komercyjne (sprzedaż energii). W świetle obowiązującego prawa możliwe jest uzyskanie dofinansowania do takiej produkcji w postaci błękitnych certyfikatów w wysokości 385,35 PLN·MWh⁻¹ energii elektrycznej (cena średnia z czerwca 2017 r.) [7]. Innymi sposobami zagospodarowania biogazu jest bezpośrednie spalanie i wykorzystanie ciepła bądź wtłoczenie oczyszczonego gazu do lokalnej sieci dystrybucyjnej [9].

Wysłodziny browarniane charakteryzują się porównywalną wydajnością biogazową i zawartością metanu w biogazie z innymi materiałami roślinnymi, np. kiszonkami z traw [1]. Pulpe pofermentacyjną można z kolei wykorzystać jako wartościowy nawóz w produkcji rolnej [4].

Można stwierdzić, iż wysłodziny powinny stanowić dodatek do biogazowni, tym bardziej, że młoto browarniane stosuje się głównie w celu zagęszczenia i zwiększenia

wydajności biogazowej mieszanki substratów stosowanych jako wślad do biogazowni. Poza tym wśladziny staję się konkurencyjne wobec innych substratów ze względu na ich duże ilości powstajęce w trakcie produkcji piwa. Łącząc kogenerację z wykorzystaniem wśladzin przez browary z innymi źródłami OZE możliwe jest znaczne uniezależnienie się od dostaw energii. To z kolei skutkować może oszczędnościami lub nawet zyskami, gdy zostaną uwzględnione certyfikaty i aukcje OZE. Z tego względu szczególnie zainteresowanymi adresatami powinny być duże browary.

Podsumowanie

Wśladziny browarniane są biomasę, która może być wykorzystywana na wiele sposobów. Pod uwagę należy brać kilka możliwości zagospodarowania omawianej pozostałości, tak aby kierunek był korzystny dla browaru jak i środowiska. Najczęstszym ze sposobów zagospodarowania wśladzin jest wykorzystanie paszowe. Pewną interesującą alternatywą może być użycie wśladzin jako substratu do produkcji biogazu rolniczego. Takie działanie może pozwolić na uzyskanie energii oraz wartościowego nawozu jakim jest pulpa pofermentacyjna.

Bibliografia

- [1] Al Seladi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finstelwalder T., Volk S., Janssen R.: Biogas Handbook, University of Southern Denmark Esbjerg, 2008. ISBN 978-87-992962-0-0.
- [2] Ben-Hamed U., Seighi H., Thomas K.: Economic Returns of Using Brewery's Spent Grain in Animal Feed. International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 2011, 5(2), 142-145.
- [3] Cook D.: Brewers' grains: opportunities abound. 2011. http://www.brewersguardian.com/files.php?force&file=/BG_Nov_Dec_2011_Grains_Feature_937040182.pdf.
- [4] Czekala W., Pilarski K., Dach J., Janczak D., Szymańska M.: Analiza możliwości zagospodarowania pofermentu z biogazowni. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2012, 4.
- [5] Czekala W., Szewczyk P., Kwiatkowska A., Kozłowski K., Janczak D.: Produkcja biogazu z odpadów komunalnych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2016, 5, 21-25.
- [6] Fombard R., Mafeni J.: The evaluation of Brewers Dried Grains (BDG) in poultry rations 1. Breeder chicken rations. Proceedings Of The Fourth Annual Workshop Held At The Institute Of Animal Research, Cameroon, 1987, 20-27.
- [7] <https://www.tge.pl/pl/536/ceny-okresowe-oze>.
- [8] Kim S.Y., Kim H.G., Lee K.Y., Yoon H.J., Kim N.J.: Effects of Brewer's spent grain (BSG) on larval growth of mealworms, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Int. J. Indust. Entomol., 2016, 32(1), 41-48.
- [9] Kozłowski K., Dach J., Lewicki A., Cieślak M., Czekala W., Janczak D.: Parametry środowiskowe oraz procesowe fermentacji metanowej prowadzonej w trybie ciągłym (CSTR). Inżynieria Ekologiczna, 2016, 50, 153-160.
- [10] Lewicki A., Kozłowski K., Pietrowski A., Zbytek Z.: Fermentacja metanowa pomiotu kurzego. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2016, 61(4), 28-30.
- [11] Peterson M., Kayser K., Bonhomme S., Majewski E., Amrozy M., Parola F., Bijnagte J. W., Gysen M.: Przewodnik do przygotowania projektu uruchomienia biogazowni. Darmstadt, 2015..
- [12] Shattauer A., Weiland P.: Powstawanie biogazu. Biogaz: Produkcja, Wykorzystywanie. Institut für Energetik und Umwelt, 2005.
- [13] Wahlberg M. L.: Alternative Feeds for Beef Cattle. Virginia Cooperative Extension, 2009.
- [14] Żorawowicz T.: Młóto w praktyce. Hodowla i Chów Bydła, 2012, 2, 31-32.
- [15] Związek Pracodawców Przemysłu Piwowarskiego w Polsce. Najlepsze dostępne techniki (BAT); Wytyczne dla przemysłu piwowarskiego. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005.

PRODUCTION AND MANAGEMENT OF BREWER'S GRAIN

Summary

With the increase in beer production, the amount of waste and post-production residues also increases. The aim of the study was to present directions of brewer's grains use. The article describes the brewer's grains production process and their use as feed, solid biofuel and substrate for biogas plants. The use of brewer's grains as a substrate for agricultural biogas is competitive and allows for energy production.

Key words: waste management, biogas, beer production, brewer's grains

Powyższa praca została zrealizowana w ramach projektu: „IN-OIL: Innowacyjna metoda biokonwersji produktów ubocznych przemysłu spożywczego”; finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Lider VII, wniosek 0148/L-7/2015.



Celem publikacji jest zapoznanie z zależnościami pomiędzy wybranymi procesami (drganiowymi, termicznymi i zużyciowymi) podczas smarowania układu tnącego pilarek łańcuchowych przy zastosowaniu biodegradowalnych środków smarnych, w tym określenie wielkości fizycznych najbardziej charakteryzujących badane środki smarne. W publikacji opisano stanowisko badawcze i wyniki badań eksperymentalnych podczas przerynki kłody z zastosowaniem wytypowanych olejów smarnych. Wyniki analiz zostały zilustrowane wykresami i przedstawione w zestawieniu tabelarycznym.

Efektom końcowym rozważań jest powstanie modelu diagnostycznego dla badań porównawczych środków smarnych.

Wydawca:
 Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej i Normalizacyjnej
 Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
 60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
 tel. 61 87-12-200; fax 61 879-32-62;
 e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>