

*Bogusław Cieślikowski**, *Tadeusz Juliszewski***, *Bogusława Łapczyńska-Kordon**
**Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki*
***Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa*
Akademia Rolnicza w Krakowie

UTYLIZACJA NA CELE ENERGETYCZNE PRODUKTÓW UBOCZNYCH TECHNOLOGII BIOPALIWOWEJ

Streszczenie

Kalorymetryczną metodą oznaczono ciepło spalania i wartość opałową makuch rzepakowych i odpadu glicerynowego w procesie transestryfikacji oleju roślinnego. Uzyskane wyniki porównano z wartością opałową słomy i drewna, także węgla kamiennego. Uzyskane wyniki mogą być przydatne przy analizach wykorzystania makuch i odpadu glicerynowego do celów grzewczych.

Słowa kluczowe: makuch, faza glicerynowa, ciepło spalania i wartość opałowa

Wykorzystanie produktów odpadowych na cele energetyczne

Przyjmuje się, że biopaliwem są surowce pochodzenia biologicznego, jakie można spalać, np. do celów grzewczych [Gradziuk i in. 2003; Mokrzycki i in. 2005]. Postępujący wzrost produkcji rzepaku i innych roślin oleistych podyktowany, między innymi, wdrażaniem technologii biopaliwowych, implikuje problem zagospodarowania wyłoków inaczej makuchów. W małych rafineriach upowszechniona została technologia tłoczenia nasion „na zimno”. Jest to najtańsza metoda wytłaczania oleju z nasion i jednocześnie najmniej energochłonna. Wadą tej metody jest niższy stopień pozyskania oleju, co ma wpływ na efektywność produkcji. Średnio z 1 tony rzepaku uzyskuje się ok. 650 kg makuch, natomiast przy tłoczeniu i ekstrakcji uzyskuje się 600 kg śrutu. Poprawę efektywności tłoczenia można uzyskać przez dobór odmian roślin oleistych cechujących się dobrymi własnościami tłoczonymi.

Dodatkowym problemem jest niska trwałość oleju uzyskanego tą metodą (do 3-ech miesięcy), co znacznie komplikuje terminowość składowania i dystrybucji.

Podobny problem występuje w odniesieniu do przechowywania makuchów. Wykorzystanie ich jako dodatku do pasz dla zwierząt może być ograniczone przy małej koncentracji stad zwierząt, a dużej skali produkcji oleju rzepakowego na biopaliwo [Bogusz 2006]. Wykorzystanie makuchów na cele energetyczne pozwoli poprawić bilans kosztów przy produkcji biopaliw. Powstaje zatem propozycja utylizacji i wykorzystania ich jako surowca energetycznego.

Dotychczasowe badania nad współspalaniem biomasy (drewna odpadowego, roślin odpadowych, wierzby energetycznej) z paliwem kopalnianym, pyłem węglowym lub torfem lub zgazowanej biomasy z gazem ziemnym pokazują, że istnieje możliwość wykorzystania dużych jej ilości do produkcji energii elektrycznej, przy jednoczesnym obniżeniu emisji CO₂, NO_x, SO₂ i zmniejszenie zawartości pierwiastków śladowych [Balista et al. 2000; Houghes 2000, Heller i in. 2004]. W przypadku współspalania z torfem zwiększa się też wartość opałowa [Wahlund i in. 2002]. W wyniku takiego spalania powstaje jednak znacznie więcej popiołu zawierającego związki alkaliczne, które stanowią zagrożenie dla naturalnego środowiska [Tillman 2000].

Makuchy cechują się dużą różnorodnością związków organicznych łatwo rozkładalnych termicznie takich jak: białka, związki siarki i trójglicerydy. Praktyka poprawności spalania tych substancji musi uwzględniać możliwość powstawania produktów smolistych w trakcie pirolizy przed zapłonem jak również tworzącą się sadzę.

Wstępne badania wskazują na stosunkowo wysoką wartość opałową makuchów, przy czym zawartość popiołu jest niższa niż przy spalaniu węgla kamiennego, natomiast charakteryzują się wyższą zawartością części lotnych. W Elektrociepłowni Rzeszów były podejmowane próby współspalania mieszanki makuchów z węglem na ruszcie łuskowym. Uzyskano moc kotła zbliżoną do nominalnej. Zaobserwowano jednak, że istnieje zagrożenie nadmiernej emisji tlenków azotu (NO_x) przy wyższym udziale masowym makuch w mieszance niż 15%. Stosowanie mieszanek o udziale masowym makuchu w ilości 10–15% pozwala na wywiązanie energii ze spalania biomasy na palenisku w udziale 7–10% całkowitej energii wywiązanej na palenisku.

Produktem ubocznym procesu transestryfikacji jest niejednorodna faza glicerynowa w ilości przewyższającej potrzeby przemysłu (farmaceutycznego i kosmetycznego) w zakresie jej zastosowań. Faza glicerynowa stanowi roztwór wodny min 85% gliceryny, zawiera niewielkie ilości związków tłuszczowych, zanieczyszczeń

białkowych pochodzących z surowca tłuszczowego oraz soli. Udziały masowe fazy glicerynowej zależne są od ilości trójglicerydów w tłuszczach i wynosi ok. 10% uzyskanych estrów metylowych w procesie transestryfikacji. Na Wydziale Agrotechnologii i Inżynierii AR w Krakowie podjęto wstępne próby wykorzystania fazy glicerynowej jako składnika mieszanki paliwowej dostarczanej do pieców. Wstępne wyniki wskazują na możliwość spalania mieszaniny koloidalnej: ok. 35% fazy glicerynowej i 65% zużytego oleju silnikowego-mineralnego. Rozwarstwienia składników unika się przez wstępne podgrzanie mieszaniny do temperatury 60°C.

Ocena wartości energetycznych związanych ze spalaniem makuchów i fazy glicerynowej wymaga przeprowadzenia badań podstawowych: wyznaczenia ciepła spalania i wartości opałowej produktów.

Metodyka badań

Oznaczenia ciepła spalania i wartości opałowej badanych produktów: makuchów rzepakowych i lnianych oraz gliceryny wykonano za pomocą kalorymetru KL-12Mn, zgodnie z obowiązującą normą PN-86/C-04062.

Pomiar polegał na całkowitym spalaniu próbek badanych produktów o masie 1 g (+/- 0,0002) w atmosferze tlenu pod ciśnieniem 3 MPa w bombie kalorymetrycznej zanurzonej w wodzie o objętości 2,7 dm³ w naczyniu kalorymetrycznym i wyznaczeniu przyrostu temperatury tej wody. Do zapłonu paliwa zastosowano drut oporowy z kantalalu.

Praca kalorymetru oparta jest na specjalistycznym układzie elektronicznym podłączonym do komputera PC odpowiedzialnym za wszystkie realizowane funkcje. Kalorymetr działa na zasadzie pomiaru charakterystycznych temperatur bilansu cieplnego układu: naczynie kalorymetryczne z wodą i bomba kalorymetryczna ze spalaniem paliwem. Praca tego kalorymetru podzielona jest na 5 cykli pokazanych na rysunku 2.

Ciepło spalania Q_s było obliczane automatycznie według następującego wzoru:

$$Q_s = K(T_3 - T_2 - k) \quad (1)$$

gdzie:

- K – stała kalorymetru, kJ/kg,
- T_2, T_3 – temperatury charakterystyczne bilansu, K,
- k – poprawka na wymianę ciepła kalorymetru z otoczeniem,

$$k = 0,5[0,2(T_2 - T_1) + 0,2(T_4 - T_3)]0,2(n-1)(T_4 - T_3) \quad (2)$$

gdzie:

- n – liczba minut w okresie głównym,
- T₁, T₄ – temperatury charakterystyczne bilansu, K.

Wartość opałową Q_w określono z następującej zależności:

$$Q_w = Q_s - \frac{r}{100}(8,94H^a - W^a) \quad (3)$$

gdzie:

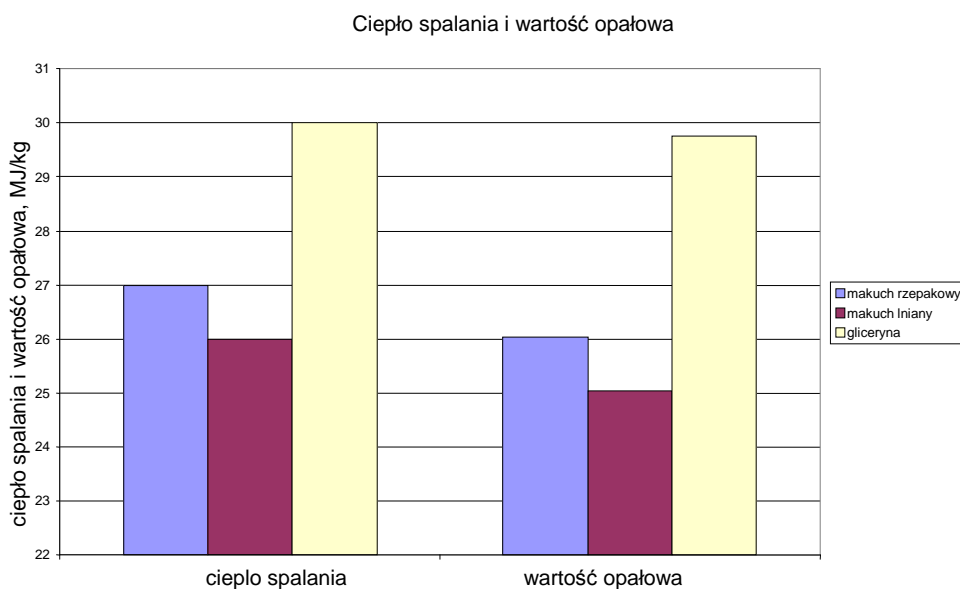
- W^a – zawartość wilgoci w próbce analitycznej, %,
- H^a – zawartość wodoru w próbce analitycznej, %,
- r – ciepło parowania wody, r=2454 kJ/kg.

Wyniki badań i podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że ciepło spalania makuch: rzepakowych i lnianych było porównywalne i wyniosło ok. 27 MJ/kg, zaś wartość opałowa ok. 26 MJ/kg. Wartość opałowa makuchów jest porównywalna ze średnią wartością opałową węgla kamiennego (średnia wartość opałowa węgla wynosi ok. 26 MJ/kg). Wykorzystanie tych produktów jako paliw wymaga jeszcze oceny pod względem zawartości składników chemicznych takich jak siarka i azot oraz popiołu i składników lotnych, które mogą mieć szkodliwy wpływ na środowisko oraz wymagać specjalnej konstrukcji pieców.

Wartość opałowa gliceryny wynosiła ok. 30 MJ/kg, co wskazuje na jej użyteczność energetyczną w mieszaninie z dodatkiem 65% zużytego oleju silnikowego klasy mineralnej. Wstępne badania wykazały pozytywny efekt bezdymnego spalania mieszaniny bez osadów na palenisku i w kominie.

Uzyskane wyniki, tj. ciepło spalania i wartość opałową makuchów i fazy glicerynowej przedstawia rys. 1.



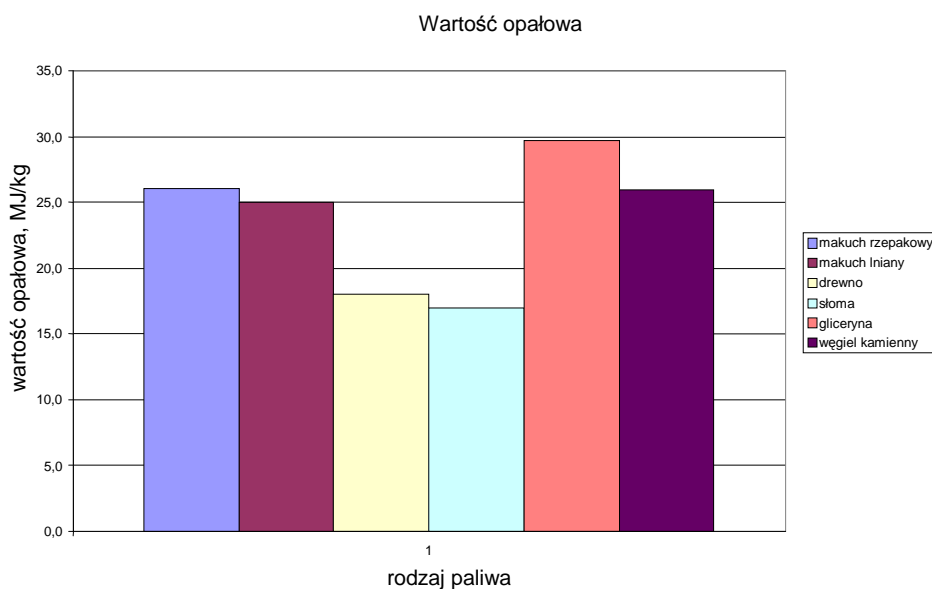
Rys. 1. Ciepło spalania i wartość opałowa makuchów rzepakowych, lnianych oraz fazy glicerynowej

Fig. 1. Combustion heat and calorific value of rapeseed and linseed cakes, and glycerine phase

Ciepło spalania fazy glicerynowej jest o 10% wyższe niż ciepło spalania makuchów. Wartość opałowa makuchów jest o ok. 1,5% mniejsza niż ciepło spalania. Wartość opałowa fazy glicerynowej jest o 12% wyższa niż wartość opałowa makuchów. Makuchy rzepakowe mają wyższą wartość opałową niż makuchy lniane.

Na rysunku 2 przedstawiono porównanie wartości opałowej makuchów i fazy glicerynowej z wybranymi innymi paliwami.

Z porównania wynika, że wartość opałowa makuchów rzepakowych i lnianych, jest porównywalna z wartością opałową węgla kamiennego, a przewyższa wartość opałową drewna i słomy. Wartość opałowa fazy glicerynowej przewyższa wartość opałową nawet węgla kamiennego.



Rys. 2. Wartość opałowa wybranych paliw

Fig. 2. Calorific value for selected fuels

Wnioski

1. Wysokie wartości opałowe makuchów i fazy glicerynowej stwarzają możliwość ich wykorzystania jako paliwa stałego do zasilania kotłów.
2. Wartość opałowa makuchów, a zwłaszcza fazy glicerynowej, przewyższa wartość opałową konwencjonalnych paliw stałych, węgla, a także słomy i drewna wykorzystywanych do celów grzewczych.

Bibliografia

Balista J. J. Jr, Hughes E. E., Tillman D. A. 2000. Biomass cofiring at Steward Station. Biomass Bioenergy, vol. 19, nr 6, s. 419-427.

Bogusz J. 2006. Rzepak w żywieniu zwierząt. Magazyn farmerski nr 1.

Gradziuk P. et al. Biopaliwa. 2003. Wydawnictwo „Wieś jutra” Sp. z o o. Warszawa.

Heller M. C., Keleian G. A., Mann M. K., Volk T. A. Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass. *Renewable Energy*, vol. 29, nr 7, s. 1023-1042.

Houghes E. 2000. Biomass cofiring: economics, policy and opportunities. *Biomass Bioenergy*, vol. 19, nr 6, s. 457-465.

Mokrzycki E. et.al. 2005. Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi. Uczelniane wydawnictwo naukowo-dydaktyczne AGH. Kraków.

Wahlund B., Yan J., Westermarck M. 2002. A total energy system of fuel upgrading by drying biomass feedstock for cogeneration: a case study of Skelleftea bioenergy combine. *Biomass Bioenergy*, vol. 23, nr 4, s. 271-281.

Tilmann D. A. Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequence. *Biomass Bioenergy*, vol. 19, nr 6, s. 365-384.

UTILISATION OF BIO-FUEL TECHNOLOGY BY-PRODUCTS FOR POWER PRODUCTION PURPOSES

Summary

Calorimetric method was used to determine combustion heat and calorific value for rapeseed cakes and glycerine waste in the vegetable oil transesterification process. Obtained results were compared with calorific value of straw and wood, and hard coal. These results may be useful for analyses regarding the use of rapeseed cakes and glycerine waste for heating purposes.

Key words: rapeseed cake, glycerine phase, combustion heat and calorific value