

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODPADÓW POPRODUKCYJNYCH Z RZEPAKU OZIMEGO NA CELE ENERGETYCZNE*

Magdalena Kachel-Jakubowska, Artur Kraszkiewicz, Mieczysław Szpryngiel
Katedra Eksploatacji i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Ignacy Niedziółka

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przeprowadzono analizę możliwości oraz zdolności wykorzystania wszelkich pozostałości poprodukcyjnych pochodzących z upraw, tłoczenia nasion rzepaku oraz produktów powstających w wyniku produkcji paliw odnawialnych. Zebrane informacje umożliwiają dalszą pracę nad opracowaniem innowacyjnych metod utylizacji powyższych produktów zapobiegając ewentualnym problemom z jego nadprodukcją oraz przyczynią się do obniżenia kosztów pozyskiwania biopaliw.

Słowa kluczowe: produkty uboczne, rzepak ozimy, słoma, makuchy, gliceryna, MONG

Wstęp

Rosnące zbiory nasion rzepaku na przełomie lat 2000-2010 osiągają wynik od 958,1 do 1621,7 tysięcy ton w całym kraju powodują, że roślina ta w dalszym ciągu pozostaje jedną z podstawowych roślin wykorzystywanych do produkcji olejów jadalnych oraz biopaliw [GUS 2010].

W związku z rosnącym zainteresowaniem uprawy roślin oleistych spowodowanym, między innymi produkcją paliw ekologicznych (biodiesla), należy zwrócić szczególną uwagę na sposób zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych, do których możemy zaliczyć wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia nasion, słomę rzepakową, śrutę i makuchy (z wyciskanego oleju), oraz glicerol zanieczyszczony metanolem w ilości 200-300 tys. ton [Dach i in. 2009] jak i określane mianem MONG produkt uboczny powstający w wyniku procesu jej oczyszczania. Problem zagospodarowania powyższych substratów będzie narastał wraz z rozwojem infrastruktury produkcji biopaliw powodując szereg problemów zarówno logistycznych jak i technologicznych.

Słomę z powodzeniem możemy wykorzystać na przeoranie jako nawóz dostarczający podstawowych substancji organicznych dla utrzymania dodatniego bilansu w glebie lub jako surowiec na cele energetyczne przy zachowaniu odpowiednich parametrów wilgotno-

* *Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011-2014 jako projekt badawczy nr NN 313 757540.*

ści (tab.1.) oraz płyt izolacyjnych w budownictwie [Józwiak 2006; Wiślicki 1993]. Inne sposób wykorzystania w rolnictwie to zastosowanie jej do zabezpieczenia kopców z ziemniakami, a w ogrodnictwie do produkcji pieczarek.

Znaczny wzrost ilości makuchu oraz śruty w kraju zmusza nas również do poszukiwania alternatywnych metod ich wykorzystania. Z powodzeniem mogą one być stosowane w żywieniu zwierząt jako wysokobiałkowe pasze roślinne, jako składnik do produkcji kiszonki z kukurydzy (śruta) z przeznaczeniem dla krów wysokowydajnych celem wzbogacenia jej w białko [Rzepiński 2009], surowiec do utylizacji lub jako nawóz organiczny bogaty w składniki mineralne (Ca, Mg, P, Fe i Mn) oraz związki organiczne biochemicznie czynne (białko i tłuszcz) jak i celów energetycznych [Strzebiński 2006; Wojciechowski 2009].

Glicerol występująca w dwóch postaciach jako gliceryna destylowana (farmaceutyczna) oraz techniczna (tab.4.). Gliceryna destylowana znalazła zastosowanie w surowcach technicznych (płyny eksploatacyjne, farby, lakiery, rozpuszczalniki, manometry), produkcji polioli, w przemyśle paszowym, w chemii gospodarczej oraz do produkcji materiałów wybuchowych. Gliceryna techniczna wykorzystywana jest w produkcji epichlorohydryny, do zastosowań technicznych przy produkcji środków antyzamrażających, antyzbrylających, antyadhezyjnych, płynów do chłodziw w biogazowniach, oraz spalania w energetyce zawodowej [Rafineria 2011; Roszkowski 1998].

Tabela 1. Wartość opałowa wybranych rodzajów słomy w zależności od wilgotności
Table 1. Calorific value of selected types of straw, depending on the humidity

Rodzaj biomasy	Wilgotność biomasy [%]	Wartość opałowa w stanie świeżym [MJ·kg ⁻¹]	Wartość opałowa w stanie suchym [MJ·kg ⁻¹]
Słoma jęczmienna	15–22	12,00–13,90	16,10
Słoma rzepakowa	30–40	10,30–12,50	15,00
Słoma pszenna	15–20	12,90–14,10	17,30
Słoma kukurydziana	45–60	5,300–8,200	16,80

Źródło: Niedziółka i in. 2006

Metodyka oraz cel analizy

Niniejszej analiza została przeprowadzona na podstawie zgromadzonej literatury naukowej oraz szeregu informacji pochodzących z zakładów produkcyjnych (Zakłady Tłuszczowe w Bodaczowie, Rafinerii Trzebinia) zajmujących się przetwarzaniem nasion rzepaku ozimego lub produktów powstających po jego przetworzeniu.

Celem niniejszej pracy była analiza możliwości oraz zdolności wykorzystania wszelkich pozostałości poprodukcyjnych pochodzących z upraw, tłoczenia nasion rzepaku oraz produktów powstających w wyniku produkcji paliw odnawialnych.

Zanieczyszczenia nasion, słoma rzepakowa, śruta oraz makuchy

Przeprowadzona przez Rzepińskiego [2009] analiza badań dotycząca zawartości zanieczyszczeń nasion rzepaku czyszczonych bezpośrednio po zbiorze, wykazała iż ogólny poziom zanieczyszczeń wynosił około 3% (tab. 2.), gdzie Zakłady Tłuszczowe dopuszczają

2% udział zanieczyszczeń w postaci nasion niedojrzałych i porośniętych [Kachel-Jakubowska 2008]. Niezagospodarowanie niniejszej frakcji prowadzi do skażenia środowiska oraz zatrucia zwierząt mikotoksynami i toksycznie działającymi nasionami chwastów. Sytuacja ta, może skłaniać nas do wykorzystania tych pozostałości w energetyce zawodowej, eliminując z ekosystemu poważne zagrożenie. Wartość opałowa w zależności od przebadanej frakcji nasion składających się głównie z uszkodzonych nasion rzepaku i chwastów wynosiła od $13,70 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $20,89 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ co stanowi 83,6% wartości opałowej węgla ($25,00 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) średniej jakości [Rzepiński 2009].

Plon słomy znacznie wzrasta, co jest związane ze zwiększeniem się powierzchni zasiewów rzepaku, przy jednocześnie większym plonowaniu tej rośliny. Oceniając możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne, należy ilość zebranej biomasy pomniejszyć o jej wykorzystanie w rolnictwie, gdzie zakłada się, iż wynosi ono około 25% pozyskiwanej słomy [Ludwicka i in., 2010].

W ostatnim czasie zaobserwowano zmniejszenie zużycia słomy na ściółkę dla zwierząt, spowodowane między innymi spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich, w tym bydła wynoszące około 30% [Gradziuk 1995; 1999]. Szacowane zapotrzebowanie na słomę w rolnictwie w latach 2007–2009 kształtowało się na poziomie 4,4–4,5 mln t. Według danych statystycznych w Polsce corocznie uzyskuje się około 30 mln t słomy, z czego około 20 mln t zużywa się na cele rolnicze, a pozostałe 10 mln t można wykorzystać dla celów energetycznych [Niedziółka i in. 2006]. Pełne wykorzystanie nadwyżek produkcji słomy może pokryć aż 4% zapotrzebowania Polski na energię pierwotną. Ponadto słoma w porównaniu do węgla zawiera jedynie śladowe ilości organicznej siarki i tlenków azotu, substancji szkodliwych dla środowiska. Dodatkową korzyścią ze spalania słomy może być popiół, który po niej zostaje. Popiół pochodzący ze spalania słomy bogaty jest w potas i wapń, w związku z tym stanowi doskonały nawóz mineralny. Ogólnie przyjmuje się, że wartość opałowa słomy rzepakowej w stanie świeżym wynosi około $12,50 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ zaś w stanie suchym $15,00 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Uzyskane wyniki wskazują, że jest ona niższa od wartości opałowej węgla oraz gazu ziemnego. Słoma charakteryzuje się również małą gęstością usypową, co podnosi koszty związane z transportem i przechowywaniem. Aby zmniejszyć te uciążliwości stosuje się jej zagęszczanie przez prasowanie, brykietowanie lub granulację. Na podstawie badań Denisiuka [2007] wartość opałowa brykietu z czystej słomy rzepakowej wynosi $20,10 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ natomiast ciepło spalania $21,40 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, a $15,90$ - ciepło spalania i $13,10$ - wartość opałowa $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla brykietów stanowiących mieszaninę słomy rzepakowej, makuchu i paździerzy.

Śruta rzepakowa jest jednym z najważniejszych źródeł białka do produkcji pasz treściwych, zawierając w suchej masie do 40% białka, które ma wysoką wartość biologiczną dzięki dużej zawartości aminokwasów egzogennych (tab.3.). Śruta ta zawiera również włókna oraz szkodliwe glukozytolany alkanowe, których produkty rozkładu mają działanie goitrogenne (wolotwórcze) i pogarszające efekty żywieniowe [Muśnicki 2003]. Poekstrakcyjna śruta rzepakowa lub wytloki pochodzące z obecnie uprawianych odmian podwójnie ulepszonych charakteryzują się znacznie obniżoną zawartością glukozytolanów do $18 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ nasion wobec około $160 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ nasion u odmian tradycyjnych. W śrucie rzepakowej dopuszcza się następujący poziom glukozytolanów w przypadku żywienia zwierząt od 5 do $30 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ [Bartkowiak-Broda 2005].

Tabela 2. Wymagania jakościowe dla nasion rzepaku
Table 2. Qualitative requirements for the rapeseeds

Wskaźniki jakościowe	Zawartość [%]
Maksymalna zawartość zanieczyszczeń	4
Zanieczyszczenie użyteczne:	
- nasiona niedojrzałe	1
- nasiona porośnięte	1
Zanieczyszczenie nieużyteczne:	
- nasiona obce szkodliwe	0,1
- nasiona przypalone	1
- nasiona zbutwiałe	0,4
- zanieczyszczenie nieorganiczne	0,5

Źródło: Katalog Polskich Norm: Rośliny przemysłowe oleiste – ziarno rzepaku podwójnie ulepszanego, PN-90/R-66151.

Tabela 3. Skład chemiczny śruty poekstrakcyjnej i makuchów rzepaku [%]
Table 3. The chemical composition of extracted meal and rapeseed cake [%]

Wyszczególnienie	Śruta	Makuchy
Sucha masa	88	93
Białko	38,1	28,9
Tłuszcz surowy	2,4	8,0 – 21,3
Włókno surowe	11,2	11,3
Strawność białka	70	84

Źródło: [Muśnicki 2003]

Poekstrakcyjna śruta rzepakowa może być również stosowana jako zamiennik śruty sojowej, ze względu na zbliżony poziom wielu aminokwasów. Po wprowadzeniu do uprawy podwójnie ulepszonych odmian rzepaku (zawierających śladowe ilości kwasu erukowego i glukozynolanów), śruta stała się w pełni wartościową paszą białkową, charakteryzującą się korzystnym składem aminokwasów.

Wzrost zainteresowania energetyki zawodowej produktami po produkcji oleju rzepakowego sprzedawanych przez zakłady produkujące biodiesel lub te, które zostały skażone mikotoksynami będącymi przyczyną uszkodzeń wątroby i nerek u zwierząt powodujących wykluczenie ich jako składnik pasz wciąż rośnie [Rzepiński 2009; Grajewski 2005]. Sytuacja ta spowodowała to, iż śruta poekstrakcyjna może być dobrym komponentem do produkcji paliw formowanych z odpadów.

W małych rafineriach rozpowszechniona została metoda tłoczenia nasion na zimno w wyniku czego, przyjmuje się, że średnio z 1 tony rzepaku uzyskuje się około 650 kg makuch, natomiast przy tłoczeniu i ekstrakcji uzyskuje się 600 kg śruty [Cieślakowski 2006; Dzieniszewski 2009]. Poprawę powyższych wyników można oczywiście uzyskać poprzez zastosowanie odpowiednich odmian roślin oleistych. Wykorzystanie powstałych makuchów na cele energetyczne, może umożliwić poprawę bilansu kosztów przy produkcji biopaliw. Należy jednak pamiętać iż makuchy cechują się dużą różnorodnością związków

organicznych łatwo rozkładalnych termicznie (białka, związki siarki), dlatego też poprawność spalania tych substancji musi uwzględniać możliwość powstawania produktów smolistych w trakcie pirolizy przed zapłonem jak również tworzenie się sadzy. Przeprowadzone badania wskazują na stosunkowo wysoką wartość opałową makuchów, przy zawartości popiołów niższej w porównaniu ze spalaniem węgla kamiennego. Szacuje się iż ciepło spalania makuch rzepakowych może wynosić około $27 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, a wartość opałowa około $26 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ porównywana ze średnią wartością opałową węgla kamiennego wynoszącą również około $26 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Cieślakowski 2006].

Gliceryna i MONG

W Polsce na obecną chwilę produkuje się około 1,5 do 2,0 mln ton rocznie biodiesla. Produktem ubocznym niniejszej produkcji jest gliceryna, zwana też najprostszym alkoholem trójwodorotlenowym ($\text{CH}_2 \text{ OHCHOHCH}_2 \text{ OH}$) to gęsta, oleista, bezbarwna ciecz o słodkim smaku, bardzo dobrze rozpuszczalna w wodzie (w każdym stosunku) i alkoholu, nierozpuszczalna w eterze ($\text{C}_2 \text{ H}_5\text{-O-C}_2 \text{ H}_5$) i w chloroformie. W odróżnieniu od metanolu i etanolu jest związkiem nietoksycznym. Wytwarzana faza glicerynowa w procesie transestryfikacji składa się z 50-65% czystej gliceryny, metanolu, mono i diglicerydów, wolnych kwasów tłuszczowych, fosfolipidów, tokoferoli, substancji barwnych oraz mydła. Zawartość tych składników zależy oczywiście od składu surowca wejściowego jak i samego procesu transestryfikacji [Kotowski 1994; Gaca 2002].

Przy przewidywanym wzroście produkcji biopaliw w znacznym stopniu wzrośnie również ilość pozostającej do rozdysponowania gliceryny oraz związku powstającego z jej oczyszczania – MONG'u, nad którego wykorzystaniem w obecnej chwili prowadzone są badania, a sprawiającym duże problemy Zakładom produkującym biodiesel. Z tony przereobionego oleju pozostaje się około 100 kg gliceryny [Kijora i in. 1995], zaś z 1 tony oczyszczonej gliceryny pozyskujemy około 0,12 ton MONG'u [Karta 2009]. Możliwość wzrostu wykorzystania fazy glicerynowej w gałęzi kosmetycznej, farmaceutycznej, chemicznej oraz spożywczej jest jednak ograniczona, dlatego też należy poszukiwać innych możliwości zastosowania. Do jednych z takich rozwiązań może być użycie tego związku jako dodatku energetycznego lub też smakowego w żywieniu zwierząt gospodarskich. W wyniku przeprowadzenia doświadczeń prowadzonych od wielu lat niezależnie od produkcji biopaliw glicerol okazał się związkiem nieszkodliwym w ilościach 110 g w pożywieniu dodawanym ochotnikom oraz zwierzętom przez okres 50 dni. Przy spożyciu jednak większych dawek możemy mieć do czynienia z objawami bólu i zawrotów głowy, nudności oraz wymiotów [Konieczko 2003]. Obiecujące okazują się badania dotyczące dodatku glicerolu w żywieniu krów wysokomlecznych, u których po wycieleniu trudno zaspokoić zapotrzebowanie na energię.

Problemem staje się zagospodarowanie odpadów w postaci surowej gliceryny w małych rolniczych wytwórniach, gdzie destylacja oraz rafinacja, wymaga dużych nakładów pieniężnych, lub staje się niemożliwe ze względu na jej odczyn i używanie w produkcji alkoholu metylowego, dlatego też najprostszym sposobem pozbycia się gliceryny to wykorzystanie jej jako nawozu, lub utylizacja tego odpadu poprzez spalanie w piecu c.o. [Gaca 2006; Golimowska 2010].

Wartość opałowa surowej gliceryny w zależności od zastosowanego surowca może mieścić się w przedziale 18,6-25,2 MJ·kg⁻¹, a zawartość zanieczyszczeń takich jak siarka i metale są niskie i mogą wynosić od kilku do około 200 ppm [Thompson 2006; Karta 2009].

Przeprowadzone badania przez Golimowską [2010] dotyczące oceny wartości opałowej fazy glicerynowej z produkcji biodiesla pochodzących z różnych zwierzęcych tłuszczów odpadowych oraz jej mieszanin z biomasą stwierdzają, że największą wartością opałową charakteryzowała się gliceryna uzyskana z tłuszczu wieprzowo-wołowego (GTWW) wynosząca 28,78 MJ·kg⁻¹, zaś najmniejszą suchy brykiet słomy 17,18 MJ·kg⁻¹. Spośród mieszanek fazy glicerynowej z biomasą najwyższą wartość opałową charakteryzuje się słoma i pelety z makuchu rzepakowego nasączonego fazą glicerynową (28,78 MJ·kg⁻¹) pochodząca z tłuszczu wieprzowo-wołowego, a najmniejszą 26,9 MJ·kg⁻¹ faza glicerynowa uzyskana po estryfikacji oleju posmażalniczego metanolem. Faza glicerynowa pochodząca z produkcji biopaliwa z tłuszczu drobiowego miała największą zawartość popiołu 0,078 mg·kg⁻¹, tj. największą masę popiołu po spaleniu jednostki próby, a najmniejszą zawartością popiołu charakteryzowała się sucha słoma 0,018 mg·kg⁻¹.

Tabela 4. Właściwości fizyczne i chemiczne gliceryny
Table 4. Physical and chemical properties of glycerin

Wyszczególnienie	Zawartość gliceryny [% (m·m ⁻¹)]	Zawartość popiołu siarczanowego [% (m·m ⁻¹)]	Wartość opałowa [MJ·kg ⁻¹]
Gliceryna techniczna	91,02	3,06	17,06
Gliceryna farmaceutyczna	99,9	0	18,42
MONG	37,44-55,00	21,7	11,35-21,70

Źródło: Karta charakterystyki - Gliceryna. 2009. Rafineria Trzebinia S.A.

Coraz powszechniejsze stają się prace nad rolniczym wykorzystaniem gliceryny jako dodatek służący do generowania energii w biogazowniach rolniczych. Spośród podstawowych surowców do produkcji biogazu jak gnojowica, kiszonka z kukurydzy oraz innych pozostałości rolniczych i przemysłu rolno-spożywczego zastosowanie gliceryny staje się jak najbardziej celowe w celu uzyskania wzrostu potencjału biogazowego oraz zawartości metanolu w uzyskanej mieszance [Dach 2009]. Przeprowadzone badania wskazały iż 15% dodatek nieczyszczonej gliceryny ma bardzo silny wpływ na wzrost ilości wytwarzanego biogazu (480 m³ z 1 t substratu) zaś oczyszczonej (1000-1100 m³), ale również podniesienie stężenia metanolu. Efekt ten uzyskujemy dzięki temu, że gliceryna nie jest tylko materiałem o bardzo wysokiej produktywności biogazowej, ale także wytwarza biogaz o znacznie wyższej zawartości metanu niż stosowane obecnie substraty rolnicze. Tak więc 5% dodatek gliceryny (1,85 tony dziennie wobec 37 ton dziennie wsadu bazowego) pozwala na wyprodukowanie o ponad 55% więcej energii elektrycznej, a 10% dodatek powyższego substratu umożliwia 81% wzrost produkcji energii powodując wzrost agregatu kogeneracyjnego z 183 kW w podstawowej mieszance do 331 kW w mieszance z 10% dodatkiem glicerolu.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy możemy stwierdzić iż:

1. Konieczne są dalsze badania mające na celu znalezienie prawidłowych proporcji współspalania biomasy z produktem ubocznym oczyszczonej gliceryny określanej mianem MONG.
2. Zanieczyszczenie nasion rzepaku stanowią dobry materiał mogący posłużyć celom energetycznym ze względu na wysoką wartość opałową wynoszącą do $20,89 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wykorzystanie tych odpadów może przyczynić się do ograniczenia skażenia środowiska.
3. Wysoka wartość opałowa słomy, makuch jak i fazy glicerynowej porównywalna z parametrami paliw kopalnych przyczynia się do stosowania ich jako paliwa stałe do zasilania kotłów grzewczych.
4. Wykorzystanie fazy glicerynowej jako dodatek wsadu w biogazowniach rolniczych jest doskonałym sposobem generowania energii mającym na celu uzyskania wzrostu potencjału biogazowego oraz zawartości metanolu w uzyskanej mieszance.

Bibliografia

- Bartkowiak-Broda I., Walkowski T., Ogródowczyk M.** 2005. Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku. Pamiętniki Puławskie. Zeszyt 139. s. 7-25.
- Cieślakowski B., Juliszewski T., Łapczyńska-Kordon B.** 2006. Utylizacja na cele energetyczne produktów ubocznych technologii biopaliw. Inżynieria Rolnicza. Nr 12. s. 51-57.
- Dach J., Zbytek Z., Pilarski K., Adamski M.** 2009. Badania efektywności wykorzystania odpadów z produkcji biopaliw jako substrat w biogazowni. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna. Nr 6. s. 6-8.
- Denisiuk W.** 2007. Brykiety/ pelety ze słomy w energetyce. Inżynieria Rolnicza. Nr 9(97). s. 41-47.
- Dzieniszewski G.** 2009. Wybrane aspekty ekologiczne i ekonomiczne zasilania silników diesla paliwami roślinnymi. Inżynieria Rolnicza. Nr 6(115). s. 45-52.
- Gaca J.** 2002. Environmental aspects of production of biofuels. 3 International Conference Oil Pollution. Gdańsk 08.02.2002
- Gaca J.** 2006. Faza glicerynowa – odpad czy cenny surowiec? Czysta Energia. 11. s. 34.
- Główny Urząd Statystyczny.** 2010. Rocznik branżowy. Rocznik statystyczny rolnictwa. Warszawa. ISSN 2080-8798.
- Golimowska R., Golimowska W.** 2010. Ocena wartości opałowej fazy glicerynowej oraz jej mieszaniny z biomasy. Problemy Inżynierii Rolniczej. 3. s. 103-109.
- Gradziuk P.** 1995. Możliwości energetycznego wykorzystania słomy. Postępy Nauk Rolniczych, 5. s. 31-39.
- Gradziuk P.** 1999. Możliwości wykorzystania surowców pochodzenia rolniczego na cele energetyczne. Roczniki Naukowe Seria. T. 1, Z.3. s. 233-238.
- Jóźwiak D., Szlęk A.** 2006. Ocena oleju rzepakowego jako paliwa kotłowego. Energetyka, 6. s. 449-451.
- Kachel-Jakubowska M.** 2008. Ocena jakości nasion rzepaku ozimego pod względem stopnia zanieczyszczeń. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(100). s. 75-81.
- Karta charakterystyki - Gliceryny farmaceutycznej.** 2009. Rafineria Trzebinia S.A.
- Karta charakterystyki - Gliceryny technicznej.** 2009. Rafineria Trzebinia S.A.
- Konieczko K., Czerczak S.** 2003. Glicerol. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Podstawy i metody oceny środowiska pracy. CIOP-PIB. 3(37).

- Kotowski W., Lucke B., Tietze B., Petrach A.** 1994. Reestryfikacja i fluidalny kraking katalityczny oleju rzepakowego. „Przemysł Chemiczny”. Nr (4)128. s. 128-131.
- Ludwicka A., Grzybek A.** 2010. Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2. s. 101-111.
- Muśnicki Cz.** 2003. Szczegółowa uprawa roślin. Praca zbiorowa Tom II, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu. ISBN 83-89189-17-8
- Niedziółka I., Zuchniarz A.** 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. Motrol, 8A. s. 232–237.
- Rafineria Trzebinia** [online] Lublin [dostęp 01.08.2011]. Dostępny w internecie: http://www.rafineria-trzebinia.pl/?page=glyceryna_techniczna
- Roszkowski A.** 1998. Płynne paliwa roślinne – ocena stanu badań i perspektywy. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4. s. 93-106.
- Rzepiński W.** 2009. Koncepcja zagospodarowania produktów ubocznych i zanieczyszczeń powstających przy przerobieniu nasion rzepaku. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1. s. 145-151.
- Strzebiński J.** 2006. Możliwości wykorzystania w żywieniu bydła produktów ubocznych powstających przy głębokim tłoczeniu oleju z nasion roślin oleistych i produkcji bioetanolu. Wiadom. Zootech. Nr 44(3). s. 56-66.
- Thompson J.C., He B.B.** 2006. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. „Applied Engineering in Agriculture”. Nr 22(2). s. 262.
- Wiślicki B., Wolański M.** 1993. Możliwości zastosowania estrów metylowych kwasów oleju rzepakowego jako proekologicznych paliw dla celów energetycznych. Rzepak -stan obecny i perspektywy. Konf. Naukowa, Radzionków. Nr 3-4 czerwca. s. 113-117.
- Wojciechowski A.**, 2009. Wykorzystanie poekstrakcyjnej śruty rzepakowej oraz makuchu rzepakowego w żywieniu kur nieśnych. Polskie Drobniarstwo. Nr 9. s. 46-47.

THE POSSIBILITIES OF USING WASTE PRODUCTS FROM WINTER RAPE FOR ENERGY PURPOSES

Abstract. The paper presents the analysis of the possibility and the ability to use any post-production remains from crops, winter rape and products resulting from the production of renewable fuels. The information collected will allow for further work on development of innovative methods of disposal of these products in order to prevent possible problems with its over-production and will contribute to lower acquisition costs of biofuels.

Key words: by-products, winter rape, straw, oil cake, glycerol, Mong

Adres do korespondencji:

Magdalena Kachel-Jakubowska; e-mail: magdalena.kacheljakubowska@up.lublin.pl
Katedra Eksploatacji i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 13
20-950 Lublin