

WPLYW PARAMETRÓW WYTŁACZANIA NA ZIMNO OLEJU RZEPAKOWEGO W PRASIE ŚLIMAKOWEJ NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE PRODUKTU JAKO PALIWA SILNIKOWEGO

Jarosław Osiak

Wydział Ekologii, Wyższa Szkoła Zarządzania i Ekologii w Warszawie

Marek Klimkiewicz, Remigiusz Mruk, Henryk Roszkowski, Jacek Słoma, Janusz Wojdalski

Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Badano wpływ parametrów technologicznych wytłaczania na zimno ziaren rzepaku w prasie ślimakowej na ilość pozyskanego oleju oraz zawartość zanieczyszczeń w postaci związków fosforu. Parametry procesu wytłaczania mają istotny wpływ na właściwości użytkowe oleju rzepakowego jako paliwa. Wyniki badań pozwalają na sformułowanie wniosku, że istnieje konieczność oznaczania zawartości fosforu w wytłaczanym oleju. Badania takie powinny uwzględniać odmianę rzepaku, stosowane zabiegi agrotechniczne, miejsce i termin zbiorów, sposób przechowywania oraz wstępnego przygotowania ziaren rzepaku. Niewłaściwy dobór parametrów wytłaczania może skutkować znacznym wzrostem zawartości związków fosforu w uzyskanym paliwie, co będzie mieć bardzo niekorzystny wpływ na pracę i trwałość silnika.

Słowa kluczowe: biopaliwo, fosfor, olej rzepakowy, prasa ślimakowa, wytłaczanie na zimno

Wstęp

Skład mineralny nasion rzepaku ocenia się przede wszystkim pod kątem zawartości azotu, fosforu, magnezu, siarki i wapnia (Markiewicz i in., 1993). Zawartość składników mineralnych w nasionach poszczególnych odmian rzepaku jest zróżnicowana zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym, a także zależy od warunków klimatycznych, czynników agrotechnicznych, technologii zbiorów, przechowywania i przeróbki (Markiewicz i in., 1992; Tys i in., 2011). Według Rotkiewicz i in. (2001) i Cartera (2000) pobieranie składników mineralnych przez roślinę uprawną w określonych warunkach siedliskowych i agrotechnicznych może być hamowane lub stymulowane przez herbicydy.

Wprawdzie oleje roślinne charakteryzują się odmiennymi właściwościami w porównaniu do oleju napędowego, lecz istnieją możliwości ich zastosowania jako paliw silnikowych. Właściwości te w dużej mierze zależą od doboru odmian rzepaku, terminu zbioru, przechowywania ziarna, technologii wytlaczania oraz efektywności oczyszczania. Do wytłaczania oleju rzepakowego na zimno stosowane są prasy o różnej konstrukcji i parametrach wytłaczania (prędkość obrotowa ślimaka, średnica dyszy, podgrzewanie głowicy) (Savoire i in., 2012). Ograniczenia w stosowaniu oleju rzepakowego jako paliwa wynikają zwłaszcza z szybkiego tworzenia się nagaru na powierzchni ściany komory spalania silnika oraz wysokiej lepkości ok. 10-krotnie wyższej od oleju napędowego (Podkówka, 2004). Po wyższym zagadnieniu są poświęcone liczne publikacje (Calisir i in., 2005; Demirbas, 2008; Dmitrieva i in., 2004; Farkas, 2009; Guderjan i in., 2007; Hossain i Davies, 2010; Józwiak i Szlęk, 2006; Kachel-Jakubowska, 2009; Karaosmanoglu i in., 2000; Kartika i in., 2006; Leśniak i Ustasz, 2006; Nwafor, 2004; Osiak i Wojdalski, 2006; Panasiewicz i in., 2009; Ramadhas i in., 2004; Shahid i Jamal, 2008; Shkatov i in., 2008; Vadke i in., 1988; Weisło, 2005, 2006). Ilość energii uzyskana z zastosowania oleju rzepakowego jako paliwa do silnika o zapłonie samoczynnym czy jako paliwa opałowego jest wyższa od energii włożonej na jego wyprodukowanie (Drosio i in., 2011a, 2011b). Technologia wytłaczania oleju roślinnego i zastosowania go jako paliwa silnikowego na użytek własny powinna być prosta, a koszt produkcji niski.

Cel i zakres pracy

Osiągnięcie wysokiego uzysku oleju w procesie wytłaczania nasion rzepaku na cele paliwowe jest ograniczone zawartością fosforu w wytłoczonym oleju (Jakubiec, 2006; Bocheńska, 2009). Duża zawartość fosforu z punktu widzenia wykorzystania oleju jako paliwa jest bardzo niekorzystna, gdyż związki fosforu mogą osadzać się w komorze spalania, co przyspiesza m.in. zużycie gładzi cylindrów (Bocheński, 2003). Celem pracy było oznaczenie zawartości fosforu w oleju przy różnych parametrach procesu wytłaczania. Do badań użyto różne odmiany rzepaku: nisko-oleinową i średnio-oleinowe. Badania oleju z nisko-oleinowej odmiany rzepaku przeprowadzono w celu określenia, czy wpływ parametrów tłoczenia na zawartość fosforu jest podobny jak dla odmian średnio-oleinowych.

Przedmiot i metodyka badań

Badania przeprowadzono przy użyciu prasy ślimakowej firmy Farmet – Duo. Proces wytłaczania oleju z nasion rzepaku odbywał się na zimno przy następujących parametrach:

- prędkość obrotowa ślimaka $n = 20, 30, 40, 50, 60 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$,
- średnica dyszy wylotowej – 6, 8, 10 mm.

Zmianę prędkości obrotowej uzyskiwano przy wykorzystaniu falownika.

Badania przeprowadzono na różnych odmianach rzepaku:

- odmiana nisko-oleinowa (zawartość kwasu oleinowego ok. 30%),
- odmiany średnio-oleinowe Kama i Bojan (zawartość kwasu oleinowego ok. 50%).

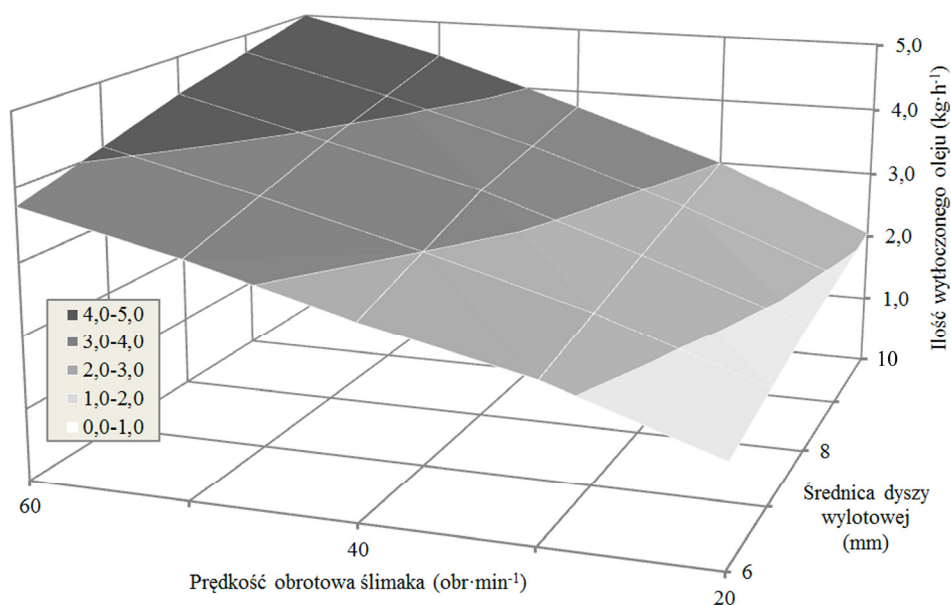
Przygotowanie próbek oleju rzepakowego do badań realizowano w następujący sposób:

- wytłaczanie wstępne w celu ustabilizowania warunków procesu,
- wytłaczanie oleju przy zmianie prędkości obrotowej ślimaka i dyszy wylotowej,
- sedymentacja oleju w czasie ok. 12 godzin,
- filtracja oleju rzepakowego po sedymentacji.

Z każdej odmiany rzepaku wytłoczono próbki oleju przy różnych prędkościach obrotowych ślimaka prasy i różnych średnicach dyszy wylotowej. Próbki olejów rzepakowych poddano badaniom zgodnie z obowiązującymi normami, w celu określenia zawartości związków fosforu metodą spektrometrii wg PN-EN 14107:2004.

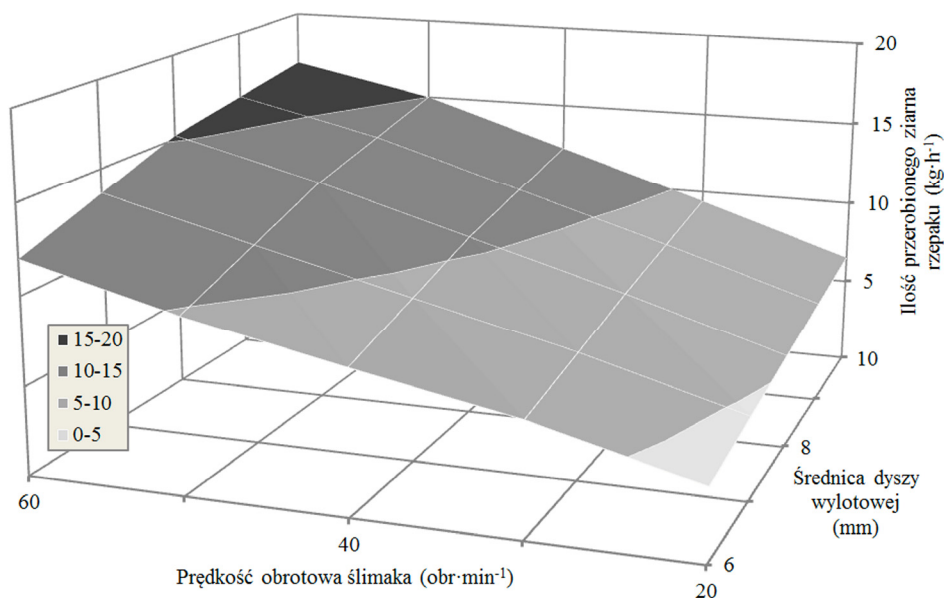
Wyniki badań

Wyniki badań wpływu parametrów wytłaczania na ilość pozyskanego oleju oraz ilość przerobionego ziarna rzepaku przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Natomiast w tabeli 1 prezentowany jest współczynnik uzysku zdefiniowany jako stosunek wagowy ilości wytłoczonego oleju do ilości ziarna zużytego do jego otrzymania. Wartość współczynnika skorelowana została z odpowiednimi parametrami procesu technologicznego tłoczenia.



Rysunek 1. Wpływ prędkości obrotowej ślimaka prasy i średnicy dyszy wylotowej na ilość wytłoczonego oleju

Figure 1. Effect of rotational speed of press worm and outlet nozzle diameter on amount of extruded oil



Rysunek 2. Wpływ prędkości obrotowej prasy ślimakowej i średnicy dyszy wylotowej na ilość przerobionego ziarna rzepaku

Figure 2. Effect of rotational speed of press worm and outlet nozzle diameter on the amount consumed rape seed

Tabela 1

Współczynnik uzysku oleju przy różnych parametrach technologicznych prasy ślimakowej

Table 1

The coefficient of oil yield at different technological parameters of screw press

Współczynnik uzysku	Średnica dyszy (mm)								
	6			8			10		
	prędkość obrotowa (obr·min ⁻¹)								
	20	40	60	20	40	60	20	40	60
	0,35	0,33	0,31	0,34	0,32	0,29	0,32	0,31	0,30

Na podstawie wyników badań (rysunki 1 i 2) można stwierdzić, że zwiększenie prędkości obrotowej ślimaka oraz średnicy dyszy wylotowej powoduje wyraźny kilkukrotny wzrost ilości wytłoczonego oleju (kg oleju·h⁻¹) oraz ilości zużytego ziarna rzepaku (kg rzepaku·h⁻¹). Przykładowo dla dyszy o średnicy 10 mm wzrost prędkości obrotowej z 20 do 60 obr·min⁻¹ powoduje około 2,5-krotny wzrost ilości wytłoczonego oleju, z 2 do około 5 kg·h⁻¹. Dla prędkości obrotowej prasy ślimakowej równej 60 obr·min⁻¹ zwiększenie średnicy dyszy z 6 do 10 mm spowodowało wzrost ilości wytłoczonego oleju z 3,75 do 5 kg·h⁻¹.

Analizując wyniki zawarte w tabeli 1 można stwierdzić, że w rozpatrywanym zakresie parametrów pracy, najwyższy uzysk oleju z jednego kilograma ziarna osiągnięto dla dyszy o średnicy 6 mm i prędkości obrotowej ślimaka wynoszącej 20 obr·min⁻¹. Pod tym względem najgorszy rezultat zanotowano dla średnicy 8 mm i prędkości 60 obr·min⁻¹.

Badania zawartości fosforu w oleju uzyskanym z nisko-oleinowej odmiany rzepaku

Związki fosforu w postaci fosfolipidów są rozpuszczalne w wodzie i tłuszczach, powodując odkładanie szlamów i emulsji. Oleje zawierające związki fosforu mają pod wpływem temperatury skłonność do tworzenia osadów. Przykładowe wyniki badań zawartości fosforu w oleju uzyskanym z nisko-oleinowej odmiany rzepaku przy zmiennych parametrach tłoczenia przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Zawartość fosforu w oleju uzyskanym z nisko-oleinowej odmiany rzepaku

Table 2

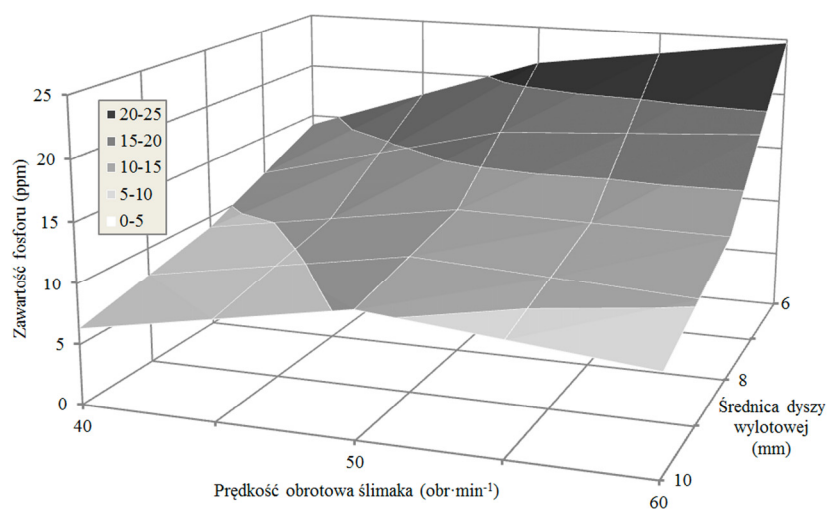
Phosphorus content in oil obtained from low-oil rapeseed variety

Zawartość/jednostka	Średnica dyszy (mm)								
	6			8			10		
	prędkość obrotowa (obr·min ⁻¹)								
	20	40	60	20	40	60	20	40	60
Zawartość fosforu (μg·g ⁻¹)	22,8	26,8	29,4	11,3	11,3	17,2	10,2	10,0	15,0

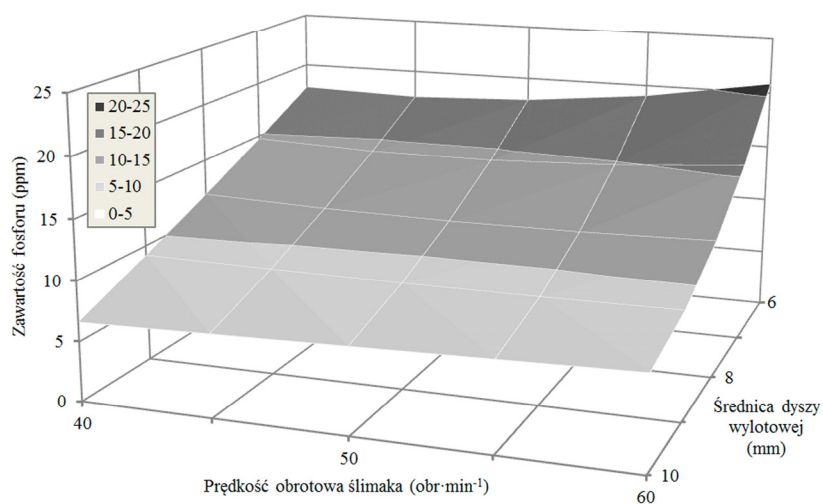
Badania zawartości fosforu w oleju ze średnio-oleinowych odmian rzepaku

Na podstawie wyników przedstawionych na rysunkach 3 i 4 można stwierdzić silny wpływ średnicy dyszy wylotowej prasy na zawartość fosforu w wyciążanym oleju. Zmniejszenie średnicy dyszy z 10 do 6 mm spowodowało około trzykrotne zwiększenie zawartości związków fosforu w badanym oleju. Prędkość obrotowa prasy ślimakowej również wpływała na zawartość fosforu, jednak w znacznie mniejszym stopniu. Zwiększenie prędkości obrotowej skutkowało nieznacznym wzrostem zawartości fosforu w wytłoczonym oleju.

Zmniejszenie średnicy dyszy wylotowej powoduje wzrost zawartości fosforu w postaci fosfolipidów w wytłoczonym oleju. Podobny wpływ ma zwiększenie prędkości obrotowej ślimaka. W przypadku największej efektywności tłoczenia (w zakresie pomiarowym), tj. przy najwyższym współczynniku uzysku (dla odmiany nisko-oleinowej), zawartość fosforu wynosi 22,8 μg·g⁻¹. Najwyższą zawartość fosforu zanotowano dla dyszy wylotowej o średnicy 6 mm i prędkości obrotowej ślimaka 60 obr·min⁻¹. Efekt wzrostu ilości fosforu w postaci związków lipidowych można tłumaczyć zwiększoną destrukcją organelli komórkowych tkanek ziarna, w szczególności błon komórkowych oraz membran rozdzielających sferozomy (organella zapasowe roślin wypełnione trójglicerydami), których fosfolipidy są głównym składnikiem budulcowym. Ponadto na uwalnianie fosfolipidów z błon komórkowych wpływa m.in. sposób zbioru, suszenia i przechowywania, wilgotność oraz wstępna obróbka ziarna. Jednak zastosowana technologia wyciążania oleju jest w tym wypadku kluczowa (Rotkiewicz i Konopka, 1998).



Rysunek 3. Wpływ prędkości obrotowej prasy ślimakowej oraz średnicy dyszy wylotowej na zawartość fosforu w oleju uzyskanym z odmiany Bojan (próbki po sedymentacji)
 Figure 3. Effect of rotational speed of press worm and outlet nozzle diameter on phosphorus content in oil obtained from Bojan variety (samples after sedimentation)



Rysunek 4. Wpływ prędkości obrotowej prasy ślimakowej oraz średnicy dyszy wylotowej na zawartość fosforu w oleju uzyskanym z odmiany Kama (próbki po sedymentacji)
 Figure 4. Effect of rotational speed of press worm and outlet nozzle diameter on phosphorus content in oil obtained from Kama variety (samples after sedimentation)

Dlatego przy ustalaniu parametrów tłoczenia oleju z konkretnego rodzaju ziarna rzepaku, należy dokonać optymalizacji parametrów technologicznych wycłaczania. Uzyskanie optymalnej wydajności procesu oraz ilości wycłoczonego oleju jest zależne od zawartości fosforu w wycłoczonym oleju, którego wysoka zawartość, z punktu widzenia wykorzystania produktu jako paliwa, jest bardzo niekorzystna. Określenie ostatecznych parametrów pracy tłoczni, wycłaczającej olej z przeznaczeniem na paliwo, powinno być poprzedzone m.in. oznaczeniem zawartości fosforu przy różnych parametrach wycłaczania. Badania takie należy przeprowadzać nie tylko w zależności od odmiany rzepaku, ale również od stosowanych zabiegów agrotechnicznych, miejsca i terminu zbioru, sposobu przechowywania oraz wstępnej obróbki rzepaku, także w różnych latach. Niewłaściwe dobranie parametrów tłoczenia nasion rzepaku może bowiem spowodować znaczny wzrost zawartości fosforu w uzyskanym biopaliwie. To z kolei może powodować awarie oraz przyspieszone zużycie silników spalinowych, zasilanych olejem rzepakowym.

Wnioski

W badaniach właściwości oleju rzepakowego uzyskanego z trzech różnych odmian rzepaku (dwie odmiany średnio-oleinowe i jedna nisko-oleinowa) stwierdzono, że parametry wycłaczania rzepaku mają istotny wpływ na zawartość fosforu w uzyskanym oleju:

- zmniejszenie średnicy dyszy wylotowej powodowało 2–3 krotny wzrost zawartości fosforu w wycłaczanym oleju,
- wzrost prędkości obrotowej prasy ślimakowej powodował zwiększenie (ok. 50%) zawartości związków fosforu w oleju,
- proces doboru parametrów technologicznych prasy ślimakowej przy tłoczeniu na zimno oleju rzepakowego na cele paliwowe wymaga szczegółowego opracowania wyników badań zawartości związków fosforu, które należy uwzględnić w optymalizacji.

Literatura

- Bocheńska, A. (2009). *Wpływ parametrów procesu tłoczenia oraz dodatków na właściwości oleju rzepakowego jako paliwa do silników o zapłonie samoczynnym*. Płock, Politechnika Warszawska, rozprawa doktorska.
- Bocheński, C. (2003). *Biodiesel – paliwo rolnicze*. Warszawa, Wydawnictwo SGGW, ISBN 83-7244-412-9.
- Calisir, S.; Marakoglu, T.; Ogut, H.; Ozturk, O. (2005). Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). *Journal of Food Engineering*, 69, 61-66.
- Carter, A.D. (2000). Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. *Weed Research*, 40, 113-122.
- Drosio, A.; Klimkiewicz M.; Mruk R. (2011a). Energetic and technical analysis of winter rapeseed production technology. *MOTROL*, 13, 100-110.
- Drosio, A.; Klimkiewicz M.; Mruk R. (2011b). Energetic and technological analysis of the process of oil pressing from winter rape. *TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 11C, 23-57.
- Farkas, F. (2009). Plant oil derivatives as fuels. *Polish Journal of Chemical Technology*, 11, 1, 4-7.
- Guderjan, M.; Elez-Martinez, P.; Knorr, D. (2007). Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 55-62.

- Hossain, A.K.; Davies, P.A. (2010). Plant oils as fuels for compression ignition engines: A technical review and life-cycle analysis. *Renewable Energy*, 35, 1-13.
- Jakóbiec, J. (2006). *Ocena produktów z oleju rzepakowego przeznaczonych na paliwa silnikowe*. Kraków, WIGSMiE PAN, ISBN 83-8917-494-4
- Jóźwiak, D.; Szlęk A. (2006). Ocena oleju rzepakowego jako paliwa kotłowego. *Energetyka i Ekologia*, 6, 449-451.
- Kachel-Jakubowska, M. (2009). Influence of acid number and peroxide number content on the quality rape seeds for consumption and biofuel industry. *TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 9, 114-120.
- Karaosmanoglu, F.; Kurt G.; Ozaktas T. (2000). Long term CI engine test of sunflower oil. *Renewable Energy*, 19, 219-221.
- Kartika, A.; Pontalier, P.Y.; Rigal, L. (2006). Extraction of sunflower oil by twin screw extruder: Screw configuration and operating condition effects. *Bioresource Technology*, 97, 2302-2310.
- Leśniak, A.; Ustasz, L.; (2006). Zmiany właściwości fizykochemicznych oleju rzepakowego poddanego obróbce termicznej i ich kinetyczna analiza. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 710, 81-96.
- Markiewicz K.; Zadernowski R.; Markiewicz E. (1992). Zawartość wybranych mikro- i makropierwiastków w nasionach rzepaku uprawianego w Polsce północnowschodniej. *Rośliny Oleiste*, 14, 2, 207-211.
- Markiewicz, K.; Zadernowski, R.; Nowak-Polakowska, H.; Lossow, B.; Markiewicz, E. (1993). Wybrane składniki mineralne w oleju rzepakowym. *Postępy Nauk Rolniczych*, 40/45, 6, 157-160.
- Nwafor, O.M.I. (2004). Emission characteristics of diesel engine running on vegetable oil with elevated fuel inlet temperature. *Biomass & Bioenergy*, 27, 507-511.
- Osiak, J.; Wojdalski, J. (2006). Wybrane technologiczno-energetyczne aspekty tłoczenia nasion lnu. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 16, 2, 30-31.
- Panasiewicz, M.; Mazur, J.; Zawisłak, K.; Sobczak, P.; (2009). An influence of preliminary rapeseed processing on oil extrusion. *TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 9, 217-222.
- Podkówka, W. (2004). *Biopaliwo, gliceryna, pasza z rzepaku*. Bydgoszcz, WUAT-R, ISBN 83-89334-16-X.
- Rotkiewicz, D.; Konopka, I. (1998). Związki fosforu w nasionach i w oleju rzepakowym. *Rośliny Oleiste*. 19, 1, 61-70.
- Rotkiewicz, D.; Konopka, I.; Murawa, D.; Warmiński, K. (2001). Wpływ wybranych kombinacji środków ochrony roślin na zawartość związków fosforu w nasionach i oleju rzepakowym. *Biuletyn Naukowy UWM*, 12, 391-397.
- Savoire, R.; Lanoisellé, J-L.; Vorobiev, E. (2013). Mechanical Continuous Oil Expression from Oilseeds: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1, 1-16.
- Tys, J.; Rusinek, R.; Olejarski, P.; Korbas, M.; Jajor, E.; Gadkowski, K. (2011). *Teraz rzepak, teraz olej. Tom 5. Suszenie i Przechowywanie Rzepaku*. Warszawa, PSPO, ISBN 83-92754-17-4.
- Vadke, V.S.; Sosulski, F.W.; Shook, C.A. (1988). Mathematical Simulation of an Oilseed Press. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 10, 1610-1616.
- Wcisło, G. (2005). Determination of rapeseed oils combustion heat in calorimeter bomb and an assessment of the heat value. *TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 5, 233-239.
- Wcisło, G. (2006). Application of the cold stamping method for rapeseed oil extraction. *TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 6, 175-181.
- PN-EN 14107:2004. *Produkty przetwarzania olejów i tłuszczów - Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) - Oznaczanie zawartości fosforu metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP)*.

IMPACT OF RAPESEED OIL COLD EXTRACTION IN A SCREW PRESS ON THE SELECTED PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF A PRODUCT AS ENGINE FUEL

Abstract. The influence of the technological parameters of rape seed cold extrusion process with screw press on the amount of oil and contents of contaminants phosphorus compounds was investigated. The process parameters have a significant impact on the performance of rapeseed oil as a fuel. The results of investigations point out at necessity of phosphorus content determination in the extruded oil. Such investigations should be carried out depending on the variety of rape seed, used agricultural practices, site and date of harvesting storage and pre-treatment of seed. The incorrect selection of pressing parameters can result in considerable increase in the content of phosphorus compounds in the obtained fuel; that can affect very disadvantageously the engine operation and life.

Key words: biofuel, phosphorus, rape seed oil, screw press, cold pressing process

Adres do korespondencji:

Marek Klimkiewicz; e-mail: marek_klimkiewicz@sggw.pl
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa