

THE EFFECT OF INITIAL CRUSHING OF GRAIN IN THE PROCESS OF THE PRODUCTION OF OIL FROM THE SEED OF *CAMELINA SATIVA* L.

Summary

Camelina sativa is a fine-grained oleaginous plant. The small diameter of the seeds, is a big problem for the extrusion of oil by most often used screw presses. To solve this problem the Industrial Institute of Agricultural Engineering in Poznań in cooperation with the Poznań University of Life Sciences, worked out a new construction of the devices designed for the oil embossing from *Camelina sativa* seeds and other fine-grained oleaginous plants. This paper presents the comparative test data of oil extruding from not crushed and crushed seeds of *Camelina sativa* L.

EFEKT WSTĘPNEGO ZGNIATANIA ZIARNA W PROCESIE WYTWARZANIA OLEJU Z LNIANKI SIEWNEJ

Streszczenie

Lnianka siewna (*Camelina sativa* L.) jest droбноziarnistą rośliną oleistą. Mała średnica jej nasion stanowi duże utrudnienie przy wyłaczaniu z nich oleju najczęściej spotykanymi prasami ślimakowymi. Wychodząc naprzeciw temu problemowi w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu we współpracy z Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu, opracowano konstrukcję zestawu urządzeń przeznaczonych do wyłaczania oleju z nasion lnianki siewnej i innych oleistych roślin droбноziarnistych. Przedstawiono porównawcze wyniki badań wyłaczania oleju z całych i zgniecionych nasion lnianki siewnej.

1. Wprowadzenie

W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu w wyniku realizacji projektu INICJATYWA EUREKA – E!4018 CAMELINA - BIOFUEL pn. „Rozwój technologii wytwarzania biopaliw z olejów roślinnych, tłuszczów zwierzęcych z wykorzystaniem olejów z lnicznika siewnego, jako nowej bazy surowcowej” etapów pn. „Prace projektowe prasy do tłoczenia nasion lnicznika”, a szczególnie etapów „Wykonanie prototypu prasy do tłoczenia nasion lnicznika oraz przeprowadzenie badań testowych” zaprojektowano, wykonano i wstępnie przebadano zastaw maszyn przeznaczonych do efektywnego wyłaczania oleju z lnianki siewnej [1, 2]. Lnianka siewna (*Camelina sativa* L.), zwana dawniej lnicznikiem, jest jednoroczną rośliną oleistą z rodziny krzyżowych, posiadająca zarówno w formy jare jak i ozime. Zawartość tłuszczu w jej nasionach nie jest tak wysoka jak w innych roślinach oleistych, nawet hodowanych w Polsce, ale dochodzi do 33% w przypadku odmian jarych i 41% - ozimych [1, 3, 4]. Jednym z istotniejszych czynników ograniczających powszechne stosowanie oleju z nasion lnianki są ich stosunkowo niewielkie wymiary. Przeciętnie 1000 nasion waży 0,8 do 2 g [1, 4]. Tak mała średnica nasion, stanowi duże utrudnienie przy wyłaczaniu z nich oleju najczęściej spotykanymi prasami ślimakowymi, dlatego do tej pory do tego celu wykorzystywane były prasy tłokowe o pracy okresowej. Prasy tego typu charakteryzują się małą wydajnością i wymagają dużych nakładów robocizny [2, 5]. W pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań wyłaczania oleju prasą ślimakową z całych nasion lnianki oraz nasion zgniecionych przez gniotownik.

2. Cel pracy

Badania procesu wyłaczania oleju z całych i zgniecionych nasion lnianki siewnej miały na celu określenie wpływu sposobu przygotowania nasion lnianki siewnej na parametry procesu wyłaczania oleju.

3. Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań był proces wyłaczania oleju z całych (rys. 2a) i zgniecionych (rys. 2b) nasion lnianki siewnej przeprowadzany na prototypowym zestawie maszyn przeznaczonych do wyłaczania oleju z nasion droбноziarnistych roślin oleistych

W skład tego zestawu wchodzi (rys. 1):

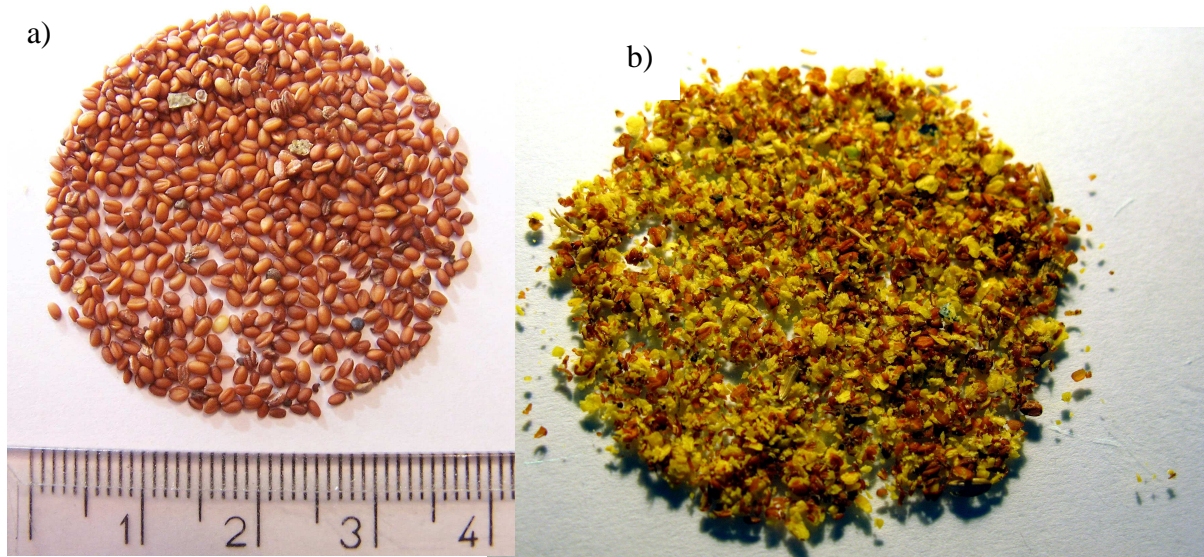
- prasa ślimakowa,
- gniotownik,
- przenośnik ślimakowy.

Badany zestaw maszyn umożliwia tłoczenie oleju z nasion roślin oleistych w sposób ciągły.



Rys. 1. Zestaw urządzeń przeznaczonych do wyłaczania oleju z nasion lnianki siewnej

Fig. 1. The set of devices intended to the oil extraction from seed of *Camelina sativa* L. and other fine-grained oleaginous plants



Rys. 2. Nasiona lnianki siewnej a) całe, b) zgniecione po przejściu przez gniotownik
 Fig. 2. *Camelina seeds a) not crushed, b) crushed by the crusher*

Badania przeprowadzono zgodnie z opracowanym szczegółowym programem i metodyką badań, które powstały w trakcie realizacji Projektu INICJATYWA EUREKA – E!4018 CAMELINA – BIOFUEL pn. „Rozwój technologii wytwarzania biopaliw z olejów roślinnych, tłuszczów zwierzęcych z wykorzystaniem olejów z lnicznika siewnego, jako nowej bazy surowcowej” [2].

W trakcie prowadzenia badań, dla każdej próby wyznaczano:

- wilgotność i masę przerabianych nasion,
- masę uzyskanego oleju,
- czas trwania próby,
- temperaturę uzyskiwanego oleju,
- zużycie energii elektrycznej,
- pobór mocy.

Po zakończeniu prób wyłaczania oleju, na podstawie uzyskanych danych, dokonano obliczeń następujących parametrów określających badany proces.

a) Pomiar wydajności tłoczenia

Wydajność tłoczenia oleju z lnianki siewnej obliczano z masy uzyskanego oleju, masy przerobionych nasion i rzeczywistej zawartości oleju w nasionach. Do obliczenia wydajności tłoczenia (W) stosowano następujący wzór [6]:

$$W = \frac{m_{ol} \cdot 100 \cdot 100}{z_{ol} \cdot m_n} \%, \quad (1)$$

gdzie:

- m_{ol} – masa uzyskanego oleju, w kg,
- m_n – masa przerobionych nasion, w kg,
- z_{ol} – zawartość oleju w nasionach, w %.

Masę oleju m_{ol} oraz masę przerobionych nasion m_n określano ważąc na wadze WPT 150.3C najpierw nasiona przeznaczone do wyłaczania, a po ich wyłoczeniu uzyskany z nich olej. Zawartość oleju w nasionach została określona w Laboratorium Działu Kontroli Jakości Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” S.A. w Kruszwicy.

b) Określanie przepustowości prasy ślimakowej

Przepustowość prasy ślimakowej określano jako stosunek przerobionej masy nasion do czasu trwania procesu. Do obliczenia przepustowości (Q) stosowano następujący wzór:

$$Q = \frac{m_n}{t} \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}, \quad (2)$$

gdzie:

- Q – przepustowość, w $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$,
- m_n – masa przerobionych nasion, w kg,
- t – czas trwania procesu, w h.

Masę przerobionych nasion m_n określano ważąc na wadze WPT 150.3C nasiona przeznaczone do wyłaczania. Czas trwania procesu mierzono sekundomierzem z dokładnością co do minuty.

c) Pomiar parametrów energetycznych procesu wyłaczania oleju

W ramach pomiarów parametrów energetycznych obliczano, w zależności od wykorzystywanego aktualnie wariantu ustawienia, jednostkowe zużycie energii całego zestawu gniotownika i prasy ślimakowej (dla całych nasion) lub samej tylko prasy ślimakowej (dla nasion zgniecionych).

Jednostkowe zużycie energii określano jako stosunek zużytej w zrealizowanym procesie energii elektrycznej do przerobionej masy nasion. Do obliczenia jednostkowego zużycia energii (e_{jedn}) stosowano następujący wzór:

$$e_{jedn} = \frac{E_{cała}}{m_n} \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}, \quad (3)$$

gdzie:

- e_{jedn} – jednostkowe zużycie energii, w $\text{kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$,
- $E_{cała}$ – całkowite zużycie energii, w kWh,
- m_n – masa przerobionych nasion, w kg.

Całkowite zużycie energii maszyny tłoczącej dla każdej próby odczytywano z trójfazowego licznika energii elektrycznej C52 3×220/380V 10/40A.

4. Przebieg badań i analiza ich wyników

Do badań wykorzystano lniankę siewną odmiany jarej „Borowska” o wilgotności nasion rzędu 8-9%. Wilgotność nasion była oznaczana wg PN-EN ISO 665:2002 [7].

Badania miały następujący przebieg. Po wykonaniu próby rozruchowej, mającej na celu doprowadzenie prasy do stałej temperatury pracy, zasypywano kosz zasypowy

przenośnika ślimakowego odważoną porcją nasion (50 kg). Następnie, w zależności od tego czy wyłaczano olej z całych czy z zgniecionych nasion, uruchamiano przenośnik ślimakowy i zasypywano odpowiednio albo kosz zasypowy gniotownika lub prasy ślimakowej. Równocześnie z przenośnikiem ślimakowym uruchamiano prasę i gniotownik, jeśli był używany, oraz rozpoczynano pomiar czasu trwania próby. W czasie wyłaczania oleju kontrolowano pobór mocy na walizie pomiarowej QN-10 oraz cyklicznie termometrem elektronicznym „Ebro” TLC 1598 mierzono temperaturę uzyskiwanego oleju (rys. 3).



Rys. 3. Pomiar temperatury wytłoczonego oleju wypływającego ze szczelin obudowy ślimaka tłoczącego prasy
Fig. 3. Measurement of the temperature of the effluent oil from the gap in a perpetual screw segments assembly housing

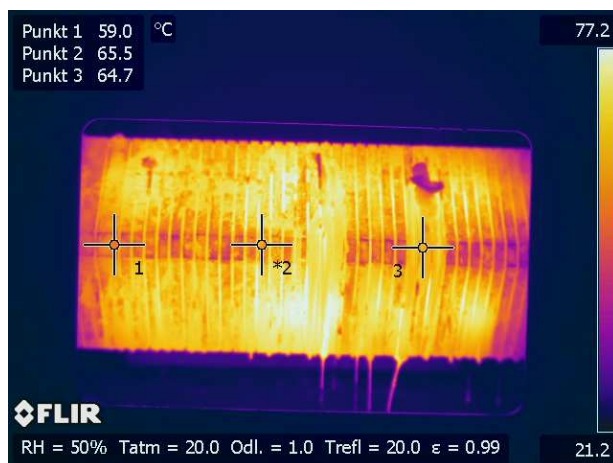
W czasie kilku prób dokonano także kontroli zmian temperatury elementów prasy ślimakowej używając kamery termowizyjnej (rys. 4) [2, 5].

Po zakończeniu próby ważono zarówno uzyskany olej jak i wytloki (makuchy). Z licznika energii odczytywano wielkość zużycia energii oraz notowano czas trwania próby. Na podstawie tych wielkości obliczano z wzorów 1-3 przepustowość prasy ślimakowej i gniotownika, wydajność tłoczenia oleju oraz jednostkowe zużycie energii [2, 5].

Proces rozdrabniania nasion przeprowadzono dla szczeliny roboczej gniotownika 0,2 mm. Średnia przepustowość gniotownika w całym okresie badań wyniosła 60 kg·h⁻¹. Najwyższa przepustowość badanego gniotownika podczas badań wyniosła 75 kg·h⁻¹. Średnie wartości zmierzonych w czasie badań i obliczonych parametrów pracy prasy ślimakowej zamieszczono w tab. 1.

Najwyższa wydajność tłoczenia oleju, jaką odnotowano podczas wyłaczania oleju z całych nasion, to 78,9%, a podczas wyłaczania oleju ze zgniecionych nasion – 87,1%.

Badania potwierdziły korzystny wpływ wstępnego



Rys. 4. Zdjęcie termograficzne obudowy ślimaka tłoczącego prototypu prasy - 32 min po uruchomieniu
Fig. 4. The thermographic photo of the perpetual screw of prototype press - 32 minutes after the start

zgniatania nasion na wydajność tłoczenia. Uzyskana podczas badań średnia wydajność tłoczenia zgniecionych nasion jest podobna do wydajności uzyskiwanych przy wyłaczaniu tego typu prasami oleju z nasion rzepak.

Średnia wydajność tłoczenia oleju dla całych i rozgniecionych (spłatkowanych) nasion lnianki siewnej różniła się o ok. 2% (tab. 1). Wyższą wydajność tłoczenia uzyskiwano przy przeróbce rozgniecionych nasion. Jednak rozgniatanie nasion powodowało, że w otrzymanyim oleju znajdowało się więcej osadu, niż w oleju z całych nasion. Osad ten tworzą drobne cząstki nasion. Zgniatanie nasion lnianki siewnej powoduje tworzenie większej ilości takich cząstek. Zaobserwowano także wolniejszą niż w przypadku oleju z całych nasion sedimentację tego osadu.

Pomiary i obliczenia przepustowości prasy ślimakowej pokazały, że różnica pomiędzy średnimi wartościami przepustowości dla procesu wyłaczania oleju z całych i z rozgniecionych nasion lnianki wyniosła 24,4% (tab. 1). Większe wartości przepustowości uzyskiwano w czasie tłoczenia całych nasion lnianki siewnej. Maksymalna wartość przepustowości prasy ślimakowej uzyskana podczas wyłaczania oleju z całych nasion wyniosła 66,4 kg·h⁻¹, a podczas wyłaczania oleju ze zgniecionych nasion - 56,2 kg·h⁻¹. Różnice w przepustowości prasy pomiędzy wyłaczaniem całych i zgniecionych nasion należy tłumaczyć różnymi właściwościami fizycznymi obrabianego materiału, jak np. różna ściśliwość całych i rozgniecionych nasion.

Innym ważnym czynnikiem wpływającym na przepustowość jest czas przerobu materiału. Dla całych nasion czasy wyłaczania oleju były o kilkanaście procent krótsze aniżeli dla nasion rozgniecionych.

Tab. 1. Uśrednione wyniki mierzonych w trakcie badań i obliczonych wielkości
Table 1. The averaged results measured during tests and calculated parameters

Charakterystyka surowca	Średnia temperatura oleju	Średnia wydajność tłoczenia	Średnia przepustowość	Średni pobór mocy	Jednostkowe zużycie energii
	°C	%	kg/h	kW	kWh/kg
Całe nasiona lnianki siewnej	89	69,1	59,4	4,8	0,0815
Zgniecione nasiona lnianki siewnej	75	83,7	44,9	3,9	0,0948
Różnica %	15,7	14,6	24,4	18,8	14,0

Analizując parametry energetyczne procesu wyłaczania oleju z lniarki siewnej prasą ślimakową stwierdzono, że różnice w jednostkowym zużyciu energii podczas poszczególnych prób tłumaczą się różną ilości operacji technologicznych przeprowadzonych w tych próbach. W próbach wyłaczania oleju z rozgniecionych nasion zachodziła dodatkowa operacja zgniataania nasion przez gniotownik, która przekładała się na zwiększone jednostkowe zużycie energii przez badany zestaw maszyn w stosunku do prób, w których operację tę pomijano. Dla nasion rozgniecionych odnotowywano także, jak już wspomniano, dłuższe czasy trwania procesu wyłaczania takiej samej porcji nasion. Wszystkie te elementy wpływają na to, że różnica w uśrednionym jednostkowym zużyciu energii wyniosła – 14,0% (tab. 1).

Na podstawie wyznaczonych wartości stwierdzono także, że w czasie badań najwyższe jednostkowe zużycie energii przez zestaw maszyn uzyskane podczas wyłaczania oleju ze zgnięcionych nasion wyniosło 0,1105 kWh·kg⁻¹.

Badania pokazały również, iż w przypadku wyłaczania całych nasion średni pobór mocy był o 18,8% wyższy niż w przypadku nasion rozgniecionych (tab. 1). Spowodowane to było większymi oporami roboczymi podczas wyłaczania całych nasion lniarki, kiedy prasa musiała najpierw rozgniatać okrywę nasienną, aby później wyłaczać olej z nasion lniarki.

Określona podczas prób średnia temperatura oleju mierzona bezpośrednio pod płytami obudowy ślimaka tłoczącego, dla procesu wyłaczania oleju z całych nasion wyniosła 89°C, natomiast dla nasion zgnięcionych 75°C. Różnica pomiędzy tymi wartościami to 15,7%.

Temperatura wyłaczanego oleju ma znaczenie ze względu na sposób jego późniejszego wykorzystania. Temperatura oleju wyłaczanego w celach spożywczych nie powinna przekraczać 60°C. Przy wykorzystywaniu oleju w celach technicznych temperatura jego pozyskiwania może być wyższa.

Przygotowanie nasion poprzez ich zgnięcie gniotownikiem wpływało w znaczący sposób na korzystne obniżenie temperatury tłoczonego oleju średnio o 15%. Można to wytłumaczyć tym, że przez wcześniejsze zgniataanie nasion zmniejsza się współczynnik tarcia zewnętrznego nasion o elementy komory tłoczenia prasy ślimakowej, co przekłada się na niższe ciśnienie tłoczenia, i skutkuje obniżeniem temperatury tłoczonego oleju.

5. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że proces wyłaczania oleju z nasion przebiegał bez zakłóceń zarówno dla wyłaczania oleju z całych, jak i rozgniecionych nasion. Uzyskane w nich wyniki upoważniają do wyprowadzenia następujących stwierdzeń i wniosków:

1. Zaobserwowano wyraźne różnice w parametrach procesu wyłaczania oleju z całych i wstępnie rozgniecionych nasion lniarki siewnej.
2. Średnia wydajność tłoczenia oleju dla całych i rozgniecionych (spłatkowanych) nasion lniarki siewnej różniła się

o ok. 14,6%. Wyższą wydajność tłoczenia uzyskiwano przy przeróbce rozgniecionych nasion.

3. Różnica pomiędzy średnimi wartościami przepustowości dla całych i rozgniecionych nasion lniarki wyniosła 24,4%. Większe przepustowości uzyskiwano w czasie tłoczenia całych nasion lniarki siewnej.

4. W przypadku całych nasion wyłaczanych ze stałą prędkością obrotową, średni pobór mocy był o 18,8% wyższy niż w przypadku nasion rozgniecionych. Spowodowane to było większymi oporami roboczymi podczas obróbki całych nasion lniarki.

5. Przygotowanie nasion poprzez ich zgnięcie wpływało korzystnie na obniżenie temperaturę tłoczonego oleju. Średnia temperatura oleju mierzona bezpośrednio pod płytami obudowy ślimaka tłoczącego dla procesu wyłaczania oleju z całych nasion wyniosła 89°C, natomiast dla nasion zgnięcionych 75°C. Różnica pomiędzy tymi wartościami to 15,7%. Większa temperatura podczas wyłaczania oleju z całych nasion jest spowodowana większymi oporami roboczymi występującymi w czasie obróbki całych nasion. Temperatura wyłaczania oleju ma znaczenie ze względu na sposób jego wykorzystania. Temperatura oleju wyłaczanego w celach spożywczych nie powinna przekraczać 60°C. Przy wykorzystywaniu oleju w celach technicznych temperatura jego pozyskiwania może być wyższa. W trakcie badań wykonano 26 prób pomiarowych, w trakcie których przetłoczono 1346 kg nasion lniarki siewnej.

6. Literatura

- [1] Artyszak A.: Zastępca rzepaku. Farmer, nr 23/2006, s. 22-23.
- [2] Frąckowiak P., Adamczyk F.: Program i metodyka badań prototypu prasy do tłoczenia nasion lnicznika. PIMR/57/BG/2009, Poznań, 2009.
- [3] Ljubarskij B., Powiljajtis B.: Isledowanie technologii wozdjielivania smieszanych posiewow jačmienia i lniarki (*Camelina sativa*) w ekologicznom hozjajstwie. Referat na XI Konferencji Międzynarodowej nt.: "Rolnictwo ekologiczne - stan obecny i perspektywy rozwoju - techniki, technologie, produkcja żywności", Puszczykowo, 7-9 Październik 2009.
- [4] Stadnik M.: Wpływ obróbki termicznej na wybrane właściwości fizyczne nasion lniarki (*Camelina sativa* (L.) Crantz.). Praca doktorska, Wydział Inżynierii Produkcji, Akademia Rolnicza w Lublinie, Lublin, 2004.
- [5] Wojtkowiak R., Frąckowiak P., Jankowiak S., Adamczyk F., Tyszczyk K.: Rozwój technologii wytwarzania biopaliw z olejów roślinnych, tłuszczów zwierzęcych z wykorzystaniem olejów z lnicznika siewnego, jako nowej cennej bazy surowcowej. Zadanie: Wykonanie prototypu prasy do tłoczenia nasion lnicznika oraz przeprowadzenie badań testowych. PIMR/56/BG/2009, Poznań, 2009.
- [6] Trańska M., Czaplicki S., Bojarska J., Ogrodowska D.: Technologia żywności – technologia produktów roślinnych. Przewodnik do zajęć laboratoryjnych. Wnoś, UWM w Olsztynie 2010.
- [7] PN-EN ISO 665:2002 Nasiona oleiste. Oznaczanie wilgotności i zawartości substancji lotnych.