

Józef Grochowicz, Dariusz Andrejko, Jacek Mazur *

WPLYW WILGOTNOŚCI I STOPNIA ROZDROBNIENIA NA ENERGIĘ ZAGĘSZCZANIA I WYTRZYMAŁOŚĆ BRYKIETÓW ŁUBINOWYCH

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu wilgotności i stopnia rozdrobnienia śruty łubinowej na energię konieczną do zagęszczenia jej do stałej objętości. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że wraz ze wzrostem wilgotności i stopnia rozdrobnienia nakłady energetyczne niezbędne do zagęszczenia materiału do stałej objętości maleją.

Słowa kluczowe: Brykiety, energia zagęszczania, łubin, stopień rozdrobnienia, wilgotność

WSTĘP

Granulowanie, czyli ciśnieniowa aglomeracja w formę stałą sypkich lub rozdrobnionych składników mieszanek, jest jednym z kluczowych zabiegów technologicznych we współczesnym przemyśle spożywczym [2, 10].

Podczas granulowania czy brykietowania materiał roślinny pod działaniem nacisków prasujących ulega zagęszczeniu do żądanej gęstości, dając trwały produkt o określonych wymiarach geometrycznych [4, 6, 9].

Kondycjonowanie jest jednym z najważniejszych czynników, od których zależy trwałość granulatu. Efekt kondycjonowania uzależniony jest od właściwego doboru relacji między trzema parametrami tego procesu, tj. wilgotnością, temperaturą i czasem obróbki, a cechami mieszanki (głównie wilgotnością i podatnością na granulowanie). Kondycjonowanie wpływa na jakość granulatu w taki sposób, że rozpulchnione, nawilżone cząstki paszy zgmatane są łącznie ze skleikowanymi skrobiami, co sprzyja aglomeracji, a w następstwie poprawia trwałość granul [2].

Wilgotność mieszanki sypkiej po zmieszaniu, zależnie od różnych czynników, zwykle zawiera się w granicach 10–13%, podczas gdy do granulowania najlepiej nadają się mieszanki o wilgotności od 15 do 18% i temperaturze w granicach 80°C [8].

Energochłonność procesu oraz jakość produktu końcowego uzależnione są od parametrów techniczno-technologicznych realizacji procesu granulacji czy brykietowania.

* Prof. dr hab. Józef Grochowicz, dr Dariusz Andrejko, dr inż. Jacek Mazur, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Akademii Rolniczej w Lublinie

Do najważniejszych parametrów należą: wilgotność materiału, temperatura procesu, rodzaj materiału, powierzchnia robocza, długość, średnica i geometria otworów matrycy [3, 5, 7].

Do surowców, które granulują się dobrze należą: śruty zbożowe o niskiej zawartości włókna oraz większość śrut poekstrakcyjnych. Gorzej podatne na proces aglomeracji ciśnieniowej są surowce zawierające duże ilości włókna. Już przy zawartości 4% włókna w mieszance następuje obniżenie jakości granulatu [10].

Stopień rozdrobnienia surowców użytych do produkcji mieszanek granulowanych ma również istotny wpływ zarówno na sam proces technologiczny, jak i na jakość granulatu. Generalnie uważa się, że surowce w mieszankach do granulowania są właściwie rozdrobnione, gdy maksymalna wielkość cząstek nie przekracza 1,6 mm. Zbyt małe rozdrobnienie surowców w mieszance powoduje zwiększenie zużycia energii, ponieważ duże cząstki surowca są rozgmatane przez rolki dociskowe i matryce, a jednocześnie pogarsza się jakość granulatu. Staje się on bardziej kruchy, a na granicy przelomu widoczne są poszczególne surowce. Przy zbyt małym rozdrobieniu surowców nie wykorzystuje się efektu skleikowania skrobi w trakcie kondycjonowania, co również powoduje obniżenie trwałości granulatu [10].

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było określenie wpływu wilgotności i stopnia rozdrobnienia śruty łubinowej na energię konieczną do zagęszczenia jej do stałej objętości. Dodatkowo wyznaczano zmiany objętości i wytrzymałości uzyskanych brykietów po 24 godzinnym przechowywaniu w kontrolowanych warunkach.

MATERIAŁY I METODY

Do badań wybrano dwie odmiany nasion łubinu żółtego powszechnie uprawiane na terenie naszego kraju, tj.: Juno i Amulet. Surowiec pochodził z SHR Przebędowo.

Przygotowanie surowca do badań

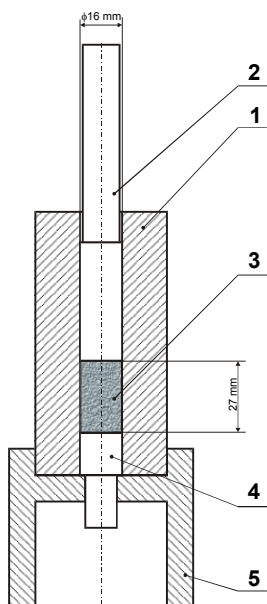
Przyjęte do badań nasiona podzielono na dwie części, jedną część rozdrobniono w rozdrabniaczu bijakowym o średnicy oczek sita $\phi = 2,0$ mm, drugą zaś rozdrobniono w tym samym urządzeniu stosując sita o średnicy oczek $\phi = 3,0$ mm. Uzyskane średnie średnice cząstek wynosiły odpowiednio: Juno – 0,907, 1,386 mm; Amulet – 0,862, 1,363 mm.

Rozdrobnione próbki surowców były kondycjonowane do poziomu czterech różnych wilgotności, tj.: 9,7, 11,5, 13,5 i 15,0 % ($\pm 0,2$ %). Odchylenia w wilgotności uwzględniają jej ubytki w trakcie rozdrabniania i pomiarów. Wilgotność kondycjonowanych surowców regulowano przez suszenie lub dodatek wody. Suszenie odbywało się w suszarce laboratoryjnej w temperaturze ok. 45°C aż do uzyskania żądanej wilgotności. W przypadku próbek o małej wilgotności dodawano odpowiednią ilość wody. W celu wyrównania wymaganej wilgotności w całej masie, kondycjonowane próbki przechowywano w komorze chłodniczej w stałej temperaturze, poddając je wielokrotnemu

utrząsaniu w ciągu dnia. Wyjmowano je z komory godzinę przed pomiarem, celem wyrównania temperatury z temperaturą otoczenia.

Badania procesu zagęszczania

Odważone próbki surowca ($m = 4 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$) wsypywano do cylindra, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. Następnie, za pośrednictwem tłoka, materiał ścisano między dwiema płytami uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej firmy Instron model 4302. Proces prowadzono przy prędkości przesuwu tłoka $v = 10 \text{ mm/min}$ do stałej wysokości brykietów $h = 27 \text{ mm}$ (objętość brykietów wynosiła 5426 mm^3). Przyjętą w pomiarach wartość wysokości h wyznaczono na podstawie wyników badań wstępnych. Większa wysokość, a tym samym mniejszy stopień zagęszczenia materiału nie zapewniał przy małych jego wilgotnościach odpowiedniej trwałości uzyskiwanych brykietów (brykiety rozsypywały się). Dalsze zagęszczanie materiału (obniżenie wysokości brykietów poniżej 27 mm) było ograniczone zakresem pracy głowicy maszyny wytrzymałościowej (10 kN).



Rys.1. Zespół brykietujący: 1 – cylinder, 2 – tłok górny (ruchomy), 3 – brykietowany materiał, 4 – trzpień, 5 – podstawa

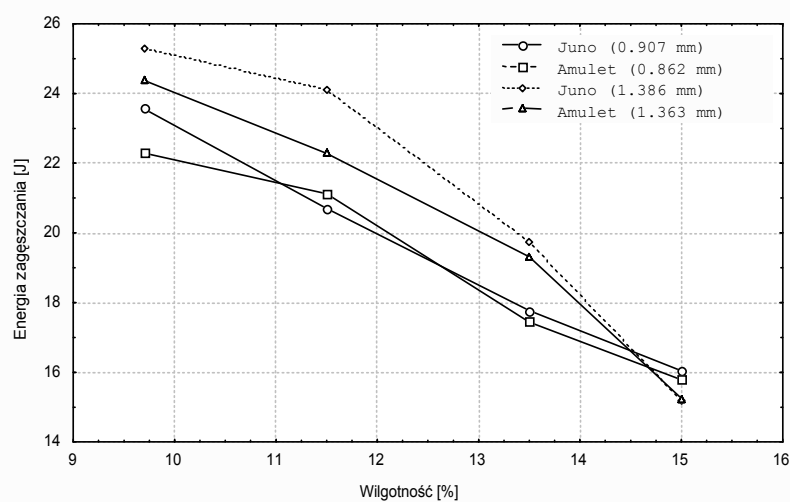
Fig. 1. Briquetting unit 1 – cylinder, 2 – upper piston, 3 – briquetting material, 4 – arbor, 5 – base

Po procesie zagęszczania obliczano zużytą na ten cel energię. Uformowane brykiety przechowywano przez 24 h w temperaturze 20°C w szczelnie zamkniętych pojemnikach, po tym czasie mierzono zmiany ich objętości, wykorzystując komputerowy system analizy obrazu. Pomiary prowadzono wg metodyki podanej przez Grochowicza [1]. Następnie brykiety poddawano testowi na ścisnienie, który przeprowadzono pomiędzy dwiema równoległymi płytami maszyny wytrzymałościowej INSTRON 4302 (prędkość głowicy ruchomej wynosiła 10 mm/min). Próbki zgniatano aż do momentu ich zniszczenia, reje-

strując powstające w tym czasie siły. Badania przeprowadzono w 10 powtórzeniach, jako wynik przyjmowano średnią arytmetyczną z tych powtórzeń (współczynniki zmienności pojedynczych wyników pomiarów kształtowały się w granicach od 5 do 10%).

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki badań, po obróbce statystycznej, przedstawiono w formie graficznej (rysunki 2-5) oraz zapisu matematycznego (tabela 1).



Rys. 2. Wpływ wilgotności surowca na energię zagęszczania rozdrobnionych nasion łubinu

Fig. 2. Influence of moisture content on the energy compression of lupine seeds grind

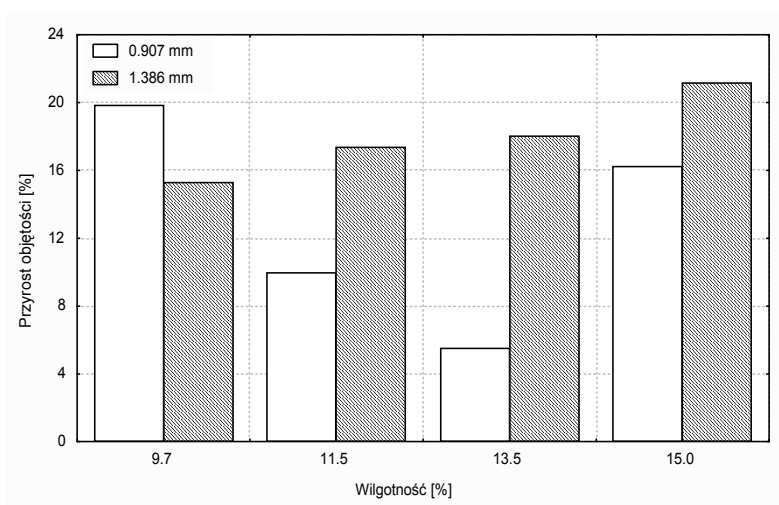
Na rysunku 2 zaprezentowano zależności między energią zagęszczania a wilgotnością surowca o różnym stopniu rozdrobnienia. Ogólnie należy stwierdzić, że wilgotność materiału odgrywała decydującą rolę w przebiegu procesu zagęszczania. Wzrost wilgotności od 9,7 do 15,0 % przyczynił się do obniżenia wartości energii potrzebnej do zagęszczenia rozdrobnionych nasion łubinów do stałej objętości przyjętej w programie badań. Największy spadek energii zagęszczania, wynoszący ok. 40%, zanotowano w procesie zagęszczania rozdrobnionych nasion (średnica oczek sita $\phi = 3$ mm) odmiany Juno. Ponadto zauważono, że na zagęszczenie materiału o mniejszym średnim wymiarze cząstek potrzebne były mniejsze nakłady energetyczne. Zależność ta była widoczna tylko w zakresie wilgotności od 9,7 do 13,5 %. Nie stwierdzono wpływu odmiany użytych w badaniach nasion łubinów na wartości energii zagęszczania. W tabeli 1 przedstawiono równania regresji zmian energii zagęszczania w zależności od wilgotności surowca. Wysokie wartości współczynników determinacji (od 0,937 do 0,996) mogą świadczyć o dobrym dopasowaniu opisu matematycznego do danych eksperymentalnych.

Tabela 1. Równania regresji opisujące zależności energii zagęszczania (E) od wilgotności rozdrobnionych nasion (w)

Table 1. Regression equation describing relationship between energy compression (E) and moisture content of lupine seeds grind (w)

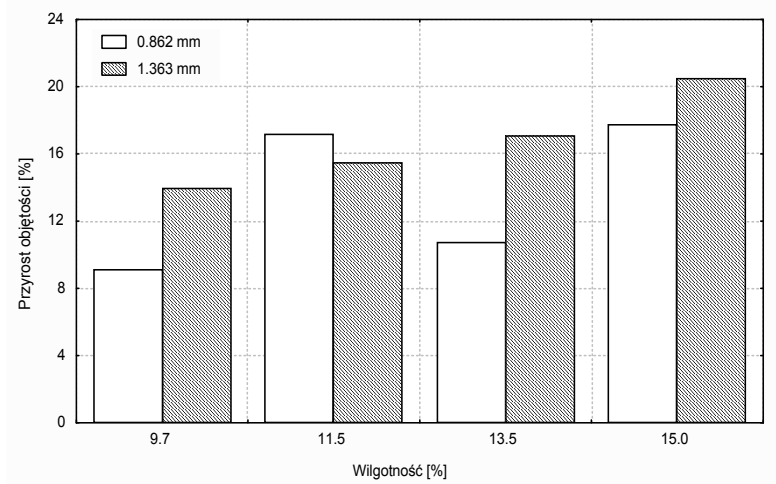
Odmiana	Śr. oczek sita [mm]	Równanie	R^2
Juno	2	$E = -1,43w + 37,3$	0,996
Amulet	2	$E = -1,30w + 35,3$	0,969
Juno	3	$E = -1,91w + 44,8$	0,937
Amulet	3	$E = -1,68w + 41,2$	0,965

Na rysunkach 3-4 zaprezentowano procentowe zmiany objętości brykietów po 24 godzinnym przechowywaniu w hermetycznych warunkach. Po tym czasie wszystkie brykiety uległy swobodnemu rozprężeniu, o czym świadczą dodatnie zmiany ich objętości. Zakres tych przyrostów objętości kształtował się w granicach od 5,5 do 21,2%. Nie stwierdzono jednoznacznych zależności między poziomem rozprężania brykietów a wilgotnością i wymiarami cząstek materiału, choć w większości przypadków zauważono nieco większe przyrosty objętości brykietów uformowanych z nasion rozdrobnionych w rozdrabniaczu z sitem o średnicy oczek $\phi = 3,0$ mm.



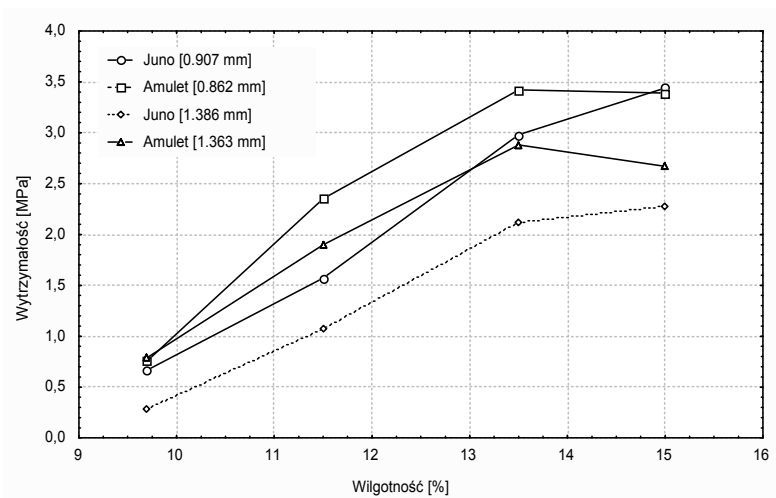
Rys. 3. Przyrost objętości brykietów z rozdrobnionych nasion łubinu odmiany Juno po 24 godzinach

Fig. 3. Increment of briquette volume from lupine seeds grind, cv. Juno after 24 hours



Rys. 4. Przyrost objętości brykietów z rozdrobnionych nasion łubinu odmiany Amulet po 24 godzinach

Fig. 4. Increment of briquette volume from lupine seeds grind, cv. Amulet after 24 hours



Rys. 5. Wytrzymałość na ściskanie brykietów przechowywanych przez 24 godziny

Fig. 5. Squeezing strength of the 24 – hours – stored briquettes

Końcowym etapem badań był test ściskania brykietów, przeprowadzony po 24 godzinach od czasu ich uformowania. Wyniki tych pomiarów przedstawiono na rysunku 5. Stwierdzono, że wzrost wilgotności w zakresie od 9,7 do 13,5 % powodował zbliżony do prostoliniowego, przyrost powstających w trakcie ściskania brykietów naprężeń. Dalsze dowlżenie surowca nie wpływało na wzrost naprężeń, a nawet było przyczyną obniżenie ich wartości. Nie znaleziono ścisłych zależności pomiędzy wytrzymałością brykietów a wymiarami cząstek materiału. Nieznacznie niższe wartości

wytrzymałości zanotowano tylko w trakcie ściskania brykietów uformowanych z nasion łubinu odmiany Juno o średnim wymiarze cząstek 1,386 mm.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników, jak również obserwacji dokonanych w trakcie badań sformułowano następujące wnioski:

1. Energia potrzebna do zagęszczenia rozdrobnionych nasion łubinu jest uzależniona od wilgotności oraz stopnia rozdrobnienia surowca. Wraz ze wzrostem wilgotności nakłady energetyczne niezbędne do zagęszczenia materiału do stałej objętości maleją (nawet o 40%). Niższe wartości energii zagęszczania są charakterystyczne dla śruty łubinowej o większym stopniu rozdrobnienia. Nie stwierdzono wpływu odmiany nasion (Juno, Amulet) na wartości energii zagęszczania.
2. Po 24-godzinnym przetrzymywaniu brykietów w hermetycznych warunkach i w stałej temperaturze następuje ich swobodne rozprężanie (wzrost objętości). Zakres przyrostów objętości brykietów nie był ściśle skorelowane z wilgotnością i wymiarami cząstek śruty łubinowej.
3. Wytrzymałość brykietów uzależniona jest od wilgotności materiału. Wzrost wilgotności w zakresie od 9,7 do 13,5% powoduje zbliżony do prostoliniowego przyrost wytrzymałości brykietów. Dalsze dowlżanie surowca nie wpływa na wzrost wytrzymałości, a nawet jest przyczyną jej spadku. Nie znaleziono ścisłych zależności pomiędzy odmianami i wymiarami cząstek śruty łubinowej, a wytrzymałością brykietów.

PIŚMIENNICTWO

1. **Grochowicz J.**, 1995: Badania fizycznych właściwości nasion łubinów jako podstawy ich obłuskiwania i uzdatniania na cele paszowe. Projekt badawczy nr S 306 014 05.
2. **Grochowicz J.**, 1998: Zaawansowane techniki wytwarzania przemysłowych mieszanek paszowych. Pagros, Lublin, s. 240.
3. **Hejft R.**, 1987: Wpływ prędkości prasowania mieszanki paszowej na wytrzymałość brykietów. Masz. Ciągn. Rol., 33/9, 10-11.
4. **Hejft R.**, 1991: Ciśnieniowa aglomeracja pasz i podstawy konstrukcji urządzeń granulująco-brykietujących. Politechnika Białostocka.
5. **Hejft R.**, 1992: Uniwersalne urządzenie do ciśnieniowej aglomeracji materiałów roślinnych. Przegląd Tech.Rol.Leś., 10, 24-26.
6. **Hejft R., Obrusiewicz T.**, 1997: Badania procesu brykietowania. Techniczno - technologiczne parametry wytwarzania brykietów paszowych z udziałem słomy. Post. Tech. Przetw. Spoz., 2, 1/2, 23-26.
7. **Laskowski J., Monredon de F. J., Skonecki S., Melcion J.P.**, 1994. Testing procedure of pelletability of ingredients and compound feeds. International Agrophysics, 8/4, 643-648.
8. **Laskowski J.**, 1989: Studia nad procesem granulowania mieszanek paszowych. Lublin: Rozprawa habilitacyjna. Akademia Rolnicza, Lublin.
9. **Wójcik S.**, 2002: Mieszanki granulowane z pełnym ziarnem. Pasze Przem., 2/3, 18-19.
10. **Zawiślak K.**, 1996: Czynniki wpływające na jakość granulatu. Pasze Przemysłowe, 2-3, 15-16.

MOISTURE CONTENTS AND DEGREE OF FINENESS INFLUENCE ON THE ENERGY
COMPRESSION AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF LUPINE BRIQUETTES

Summary. The study aimed at the determination of lupine grinds moisture content and degree of fineness influence on the energy compression to the constant capacity. The results of this study confirmed that an increase of moisture content is the cause of reducing energy consumption to the constant capacity.

Keywords: Briquettes, energy compression, lupine seed, degree of fineness, moisture content