

WPŁYW PROCESU KONDYCJONOWANIA WYBRANYCH SUROWCÓW STRĄCZKOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GRANULATU

Ryszard Kulig

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu warunków prowadzenia procesu kondycjonowania surowców strączkowych (groch i łubin) na właściwości fizyczne granulatu. Porównano kondycjonowanie parowe z kondycjonowaniem z dodatkiem wody. Wykazano, iż niezależnie od zastosowanej metody kondycjonowania, otrzymany granulaty charakteryzowały się wysoką wytrzymałością kinetyczną ($P_{DI} > 93\%$). Wyższe średnie wartości parametru odnotowano w przypadku grochu, gdzie wartość wskaźnika P_{DI} za każdym razem wynosiła co najmniej 94%. Jednocześnie ilość cząstek rozkruszonych w granulacie nie przekraczała 5%. Stwierdzono, iż granulaty wytworzone z surowców zawierających duże ilości białka charakteryzują się twardością przekraczającą $150 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-1}$. Największą wartość parametru uzyskano w odniesieniu do łubinu kondycjonowanego „na gorąco” ($236 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Słowa kluczowe: kondycjonowanie, wytrzymałość kinetyczna granulatu, twardość granulatu, surowce strączkowe

Wykaz symboli i oznaczeń

- F_n – maksymalna siła niszcząca granule [N],
- H_p – twardość granulatu [$\text{N}\cdot\text{cm}^{-1}$],
- l – długość granuli [cm],
- P_{DI} – wytrzymałość kinetyczna granulatu [%],
- R^2 – współczynnik determinacji,
- T_k – temperatura materiału po kondycjonowaniu parowym [$^{\circ}\text{C}$],
- W_s – wilgotność materiału po kondycjonowaniu z dodatkiem wody [%],
- α_i – przyjęty poziom istotności.

Wprowadzenie

Obserwowany wzrost zapotrzebowania na nasiona roślin strączkowych do produkcji mieszanek paszowych wymaga przeprowadzenia badań nad procesem ich kondycjonowania. Wyniki badań żywieniowych przeprowadzonych w tym zakresie wskazują, że w zależności od gatunku i wieku zwierząt, udział surowców strączkowych w mieszankach paszowych może wynieść od 10 do 20% [Hanczakowska i Urbańczyk 2001]. Cechą charakterystyczną

nasion roślin strączkowych jest znaczna zawartość białka, dochodząca w przypadku łubinu do ponad 30% w suchej masie. Surowce wysokobiałkowe charakteryzują się dobrą podatnością na granulowanie [Laskowski 1989, Wood 1987]. Pod wpływem zabiegów cieplnych białko uplastycznia się, tworząc strukturę w której rozmieszczona jest skleikowana skrobia. W konsekwencji prowadzi to do wzmocnienia spoistości granul [Kinsella 1979]. Stevens [1987] stwierdził wyższą trwałość kinetyczną granulatu zawierającego w składzie śrutę pszeną w stosunku do granulatu zawierającego śrutę kukurydzianą (wzrost o 7%). Podobne zależności uzyskał również Winowski [1988]. Obaj autorzy powiązali to z wyższym udziałem białka w pszenicy (13%) aniżeli w kukurydzy (9%). Uwagi te w pewnym zakresie potwierdzili również Briggs i inni [1999]. Autorzy ci wykazali, że wzrost zawartości białka w mieszankach dla drobiu z poziomu 16,3 do 21% wpłynął na zwiększenie wytrzymałości kinetycznej granulatu z 75,8 do 88,8%. Należy jednak pamiętać, iż zdolności „klejące” białka maleją w przypadku stosowania w mieszance surowca, wobec którego wcześniej stosowano intensywne zabiegi cieplne, prowadzące do nadmiernej denaturacji tego składnika. W takim przypadku znacznemu pogorszeniu ulega wytrzymałość kinetyczna granulatu jak też maleje jego twardość. Wood [1987] na przykładzie mieszanek (35% białka, 40% skrobi) zawierających śrutę sojową surową lub obrabianą termicznie zaobserwował, że granulaty otrzymane z pierwszej mieszanki posiadały wytrzymałość kinetyczną większą niż 85%. Natomiast w przypadku zamiany udziału białka surowego zdenaturowanym wytrzymałość spadła o 19%. Jednocześnie twardość granulatu malała o 54,5%.

Z przeglądu literatury wynika, iż wielu autorów wyraża pogląd, że białko odgrywa ważniejszą rolę w kształtowaniu cech wytrzymałościowych granulatu niż skrobia. Biorąc powyższe pod uwagę, celem niniejszej pracy było określenie wpływu warunków prowadzenia procesu kondycjonowania wybranych surowców strączkowych na właściwości fizyczne granulatu.

Metodyka i przebieg badań

Do badań wykorzystano dwa surowce strączkowe (groch i łubin) rozdrobnione na uniwersalnym rozdrabniaczu bijakowym H-950 wyposażonym w sito o wymiarach otworów Φ 3mm. Po rozdrobnieniu materiał badawczy doprowadzano do stałej wilgotności 14%.

Proces kondycjonowania prowadzono metodą parową oraz metodą z dodatkiem wody („kondycjonowanie zimne”). W pierwszym przypadku badane surowce doprowadzano do pięciu poziomów temperatury: 50, 60, 70, 80 i 90°C. Wymaganą temperaturę materiału uzyskiwano poprzez traktowanie materiału parą wodną o pięciu wartościach ciśnienia; 200, 250, 300, 350, i 400 kPa. W drugiej metodzie stosowano dowilżanie materiału zimną wodą do wilgotności 14, 16, 18, 20 i 22%.

Proces granulowania przeprowadzono na stanowisku badawczym wyposażonym w wytwornicę pary typ LW 69, prototypowy kondycjoner łopatkowy, granulatore firmy Amandus Kahl typ L-175 (matryca o grubości 20 mm i średnicy otworów 4 mm) oraz komputerowe układy pomiaru zużycia pary, ciepła i energii elektrycznej [Kulig i Laskowski 2002].

Badania wytrzymałości kinetycznej granulatu, po czasie 30 minut od jego wytworzenia, przeprowadzono według PN-R-64834/98 na testerze Pfost'a. Natomiast pomiary twardości granulatu przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick Z020/TN2S w zakresie obciążeń 0-500 N. Pojedyncze granule, po uprzednim zmierzeniu długości z dokładnością do 0,1 mm, umieszczano poziomo na nieruchomym stoliku i zgniatano przy pomocy poruszającej się ze stałą prędkością ($10 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) głowicy pomiarowej. Pomiar prowadzono do momentu osiągnięcia maksymalnej wartości siły, której przekroczenie niszczy granule. Znajomość wartości siły niszczącej oraz długości granulatu pozwoliła na wyznaczenie jego twardości według wzoru:

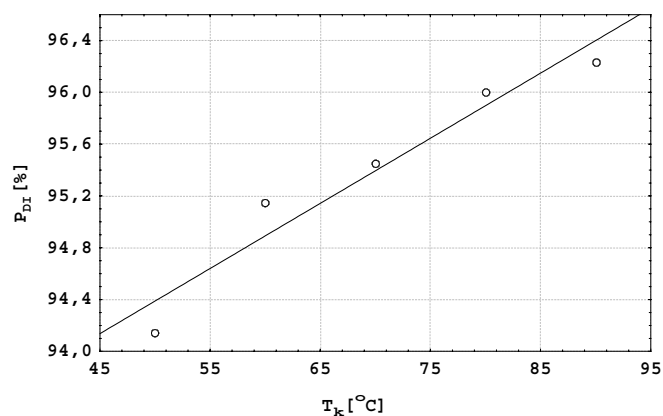
$$H_p = \frac{F_n}{l} \quad [\text{N}\cdot\text{cm}^{-1}] \quad (1)$$

Analizę zależności pomiędzy parametrami procesu kondycjonowania a cechami wytrzymałościowymi granulatu wykonano przy wykorzystaniu procedur statystycznych zawartych w programie STATISICA, przyjmując za każdym razem poziom istotności $\alpha_i = 0,05$. Przy wyborze postaci równań stosowano metodę regresji krokowej wstecznej. Istotność współczynników równania regresji badano testem t-Studenta. Natomiast adekwatność modelu sprawdzano stosując test Fishera. Na wybranych rysunkach przedstawiono wyniki analizy istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami badanego parametru w odniesieniu do poszczególnych surowców. Surowce, które różnią się istotnie między sobą średnią wartością danego parametru, oznaczono różnymi literami.

Wyniki badań

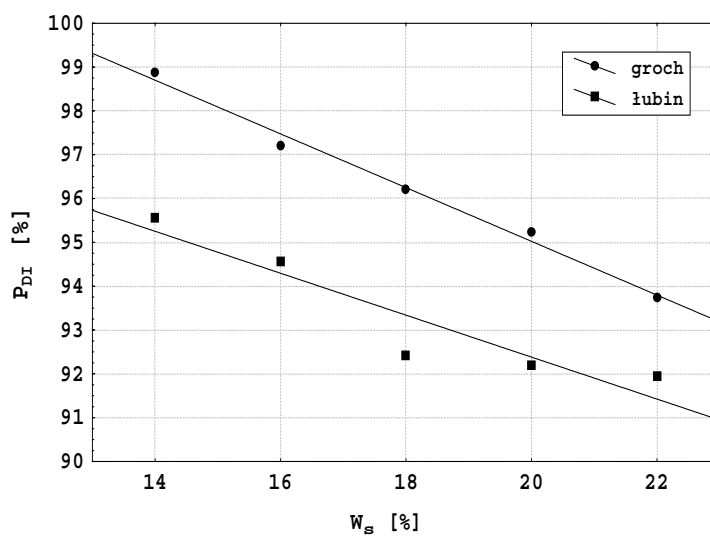
Oddziaływanie temperatury materiału po kondycjonowaniu na wytrzymałość kinetyczną granulatu z grochu przedstawiono na rys. 1. Stwierdzono, iż wzrost temperatury w przyjętym zakresie badawczym powoduje zwiększanie się wartości analizowanego parametru średnio od 94 do 97%. Natomiast w przypadku łubinu nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu temperatury na wartość wytrzymałości, która w całym zakresie badawczym zawierała się powyżej 96%. Jednocześnie w odniesieniu do obydwu surowców zaobserwowano brak wpływu ciśnienia pary na wartość wytrzymałości.

Do podobnych wniosków doszli również Stevens [1997] oraz Briggs i inni [1999]. Autorzy ci nie stwierdzili istotnego wpływu ciśnienia pary na wytrzymałość kinetyczną granulatu. Może to świadczyć o istotniejszym oddziaływaniu ciepła aniżeli wilgotności materiału (wynikającej z zastosowania pary o różnym ciśnieniu) na jakość granulatu. Zdaje się to potwierdzać zachowanie surowców podczas granulowania na zimno. W tym przypadku wzrost wilgotności w całym badanym zakresie powoduje spadek wartości wytrzymałości kinetycznej (rys.2). Dzieje się tak zapewne ze względu na zmniejszanie się wartości współczynnika tarcia pomiędzy materiałem a ściankami matrycy, a tym samym maleje intensywność oddziaływania cieplnego na materiał poddawany granulowaniu.



Rys. 1. Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu z grochu (P_{DI}) od temperatury kondycjonowania (T_k) (wartości średnie dla pięciu ciśnień pary)

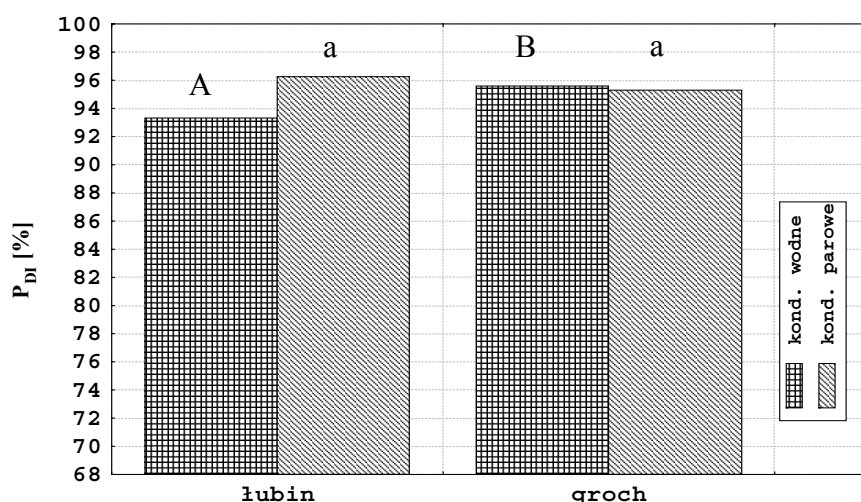
Fig. 1. Relationship between kinetic strength of pea granulate (P_{DI}) and conditioning temperature (T_k) (mean values for five steam pressure values)



Rys. 2. Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu (P_{DI}) od wilgotności surowca (W_s) (kondycjonowanie z dodatkiem wody)

Fig. 2. Relationship between kinetic strength of granulate (P_{DI}) and material humidity (W_s) (conditioning with water additive)

Uwagi przedstawione powyżej znajdują także wyjaśnienie w wynikach podanych przez Wood'a [1987] jak też Winowiskiego [1987]. Autorzy ci główną rolę w tworzeniu trwałej struktury granulatu przypisują białku, podkreślając, iż w przypadku surowców wysoko-białkowych konieczne jest stosowanie wysokich temperatur obróbki natomiast znaczenie wilgotności ma mniejszą wagę. Oddziaływanie rodzaju surowca na wytrzymałość kinetyczną granulatu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu (P_{DI}) od rodzaju surowca i metody granulowania (średnie wartości dla kondycjonowania parowego i z dodatkiem wody)

Fig. 3. Relationship between kinetic strength of granulate (P_{DI}) and material type and granulation method (mean values for steam conditioning and conditioning with water additive)

Uzyskane wyniki wskazują, iż surowce o dużej zawartości białka są mało wrażliwe na warunki kondycjonowania pod kątem otrzymywania z nich granulatu o wysokiej wytrzymałości kinetycznej. W przypadku obydwu metod kondycjonowania, wyższą średnią wytrzymałością (wynoszącą za każdym razem co najmniej 94%) charakteryzował się granulat z grochu. Jednocześnie ilość cząstek rozkruszonych w granulacie nie przekraczała 5%.

W wyniku przeprowadzonej analizy regresji ustalono modele równań, opisujące wpływ warunków kondycjonowania na wytrzymałość kinetyczną granulatu następującej postaci:

– dla kondycjonowania parowego

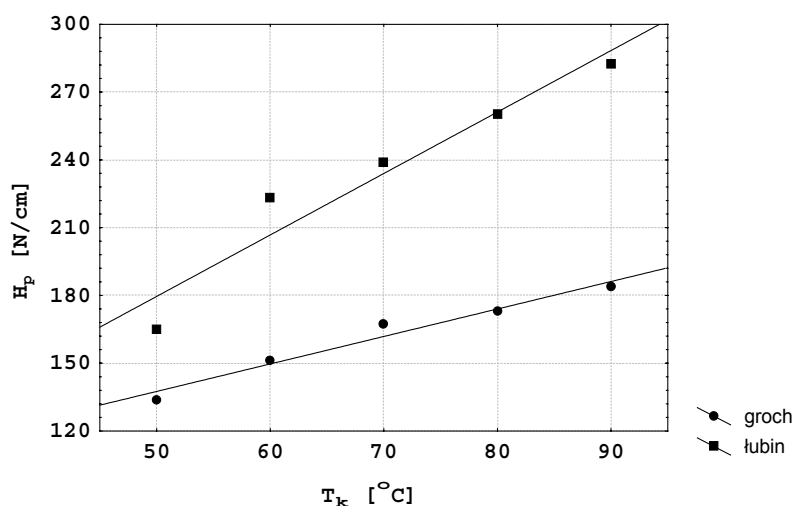
$$P_{DI} = 0,05T_k + 91,873; R^2 = 0,981 \quad (\text{granulat z grochu}) \quad (2)$$

– dla kondycjonowania z dodatkiem wody:

$$P_{DI} = -0,281W_s + 100,637; R^2 = 0,984 \quad (\text{granulat z grochu}) \quad (3)$$

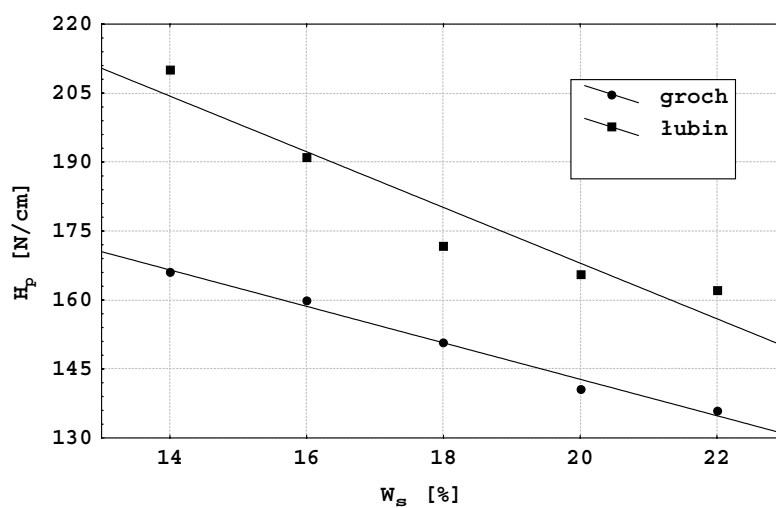
$$P_{DI} = -0,478W_s + 101,952; R^2 = 0,964 \quad (\text{granulat z lubinu}) \quad (4)$$

Wyniki badań dotyczące wpływu warunków kondycjonowania na twardość granulatu zobrazowano na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Zależność twardości granulatu (H_p) od temperatury kondycjonowania (T_k) (wartości średnie dla 5 ciśnień pary)

Fig. 4. Relationship between granulate hardness (H_p) and conditioning temperature (T_k) (mean values for 5 steam pressure values)

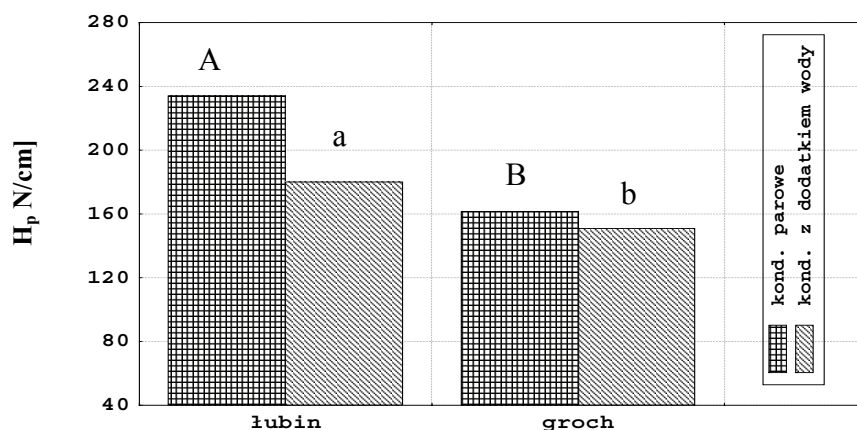


Rys. 5. Zależność twardości granulatu (H_p) od wilgotności surowca (W_s) (kondycjonowanie z dodatkiem wody)

Fig. 5. Relationship between granulate hardness (H_p) and material humidity (W_s) (conditioning with water additive)

W przypadku granulowania z dodatkiem pary wodnej wzrost temperatury powoduje wprost proporcjonalne zwiększanie się wartości analizowanego parametru, średnio od 135,12 do 281,22 N·cm⁻¹. Niższe wartości odnotowano w przypadku kondycjonowania „na zimno” gdzie wzrost wilgotności materiału powoduje zmniejszanie się twardości granulatu. Wynika to prawdopodobnie z faktu, iż przy wyższych wilgotnościach surowca w mniejszym stopniu zachodzą w nim zmiany związane z oddziaływaniem ciepła (upłynnianie białek), a sama struktura granulatu staje się bardziej miękka.

Zależność twardości granulatu od rodzaju surowca i warunków kondycjonowania przedstawiono na rys. 6. Uzyskane wyniki wskazują, iż cechą charakterystyczną granulatu otrzymanego z surowców bogatych w białko jest wysoka wartość twardości, przekraczająca w każdym przypadku 150 N·cm⁻¹. Przy czym największą wartość parametru uzyskano w odniesieniu do łubinu kondycjonowanego „na gorąco” (236 N·cm⁻¹). Podobne rezultaty dotyczące oddziaływania białka uzyskał także Laskowski [1989].



Rys. 6. Zależność twardości granulatu (H_p) od metody granulowania i rodzaju surowca (średnie wartości dla kondycjonowania parowego i z dodatkiem wody)

Fig. 6. Relationship between granulate hardness (H_p) and granulation method and material type (mean values for steam conditioning and conditioning with water additive)

Ilościową analizę powyższych zależności ujęto w postaci następujących równań:

– dla kondycjonowania parowego

$$H_p = 1,216T_k + 76,709; R^2 = 0,971 \quad (\text{granulat z grochu}) \quad (5)$$

$$H_p = 2,72T_k + 43,564; R^2 = 0,988 \quad (\text{granulat z łubinu}) \quad (6)$$

– dla kondycjonowania z dodatkiem wody:

$$H_p = - 3,964W_s + 222,04; R^2 = 0,984 \quad (\text{granulat z grochu}) \quad (7)$$

$$H_p = - 6,055W_s + 289,121; R^2 = 0,964 \quad (\text{granulat z łubinu}) \quad (8)$$

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

1. Cechy wytrzymałościowe granulatu otrzymanego z surowców strączkowych, charakteryzujących się znaczną zawartością białka, wykazują małą wrażliwość na warunki kondycjonowania. Zarówno obróbka hydrotermiczna jak też kondycjonowanie „na zimno” zapewniają uzyskanie wysokiej wytrzymałości kinetycznej granulatu ($P_{DI} >93\%$) niezależnie od rodzaju surowca.
2. W przypadku kondycjonowania parowego wyższe wartości wytrzymałości kinetycznej granulatu odnotowano dla łubinu (w całym zakresie badawczym powyżej 96%). Natomiast w odniesieniu do kondycjonowania „na zimno” większą wartością wytrzymałości charakteryzuje się granulaty otrzymane z grochu (przeciętnie o 5 pkt. procentowych).
3. Wykazano, że ze wzrostem temperatury kondycjonowania zwiększa się twardość granulatu. Natomiast podwyższanie wilgotności materiału podczas kondycjonowania z dodatkiem wody powoduje zmniejszenie twardości. Warunki kondycjonowania nie niwelują różnic w wartościach tego parametru wynikających z rodzaju surowca.

Bibliografia

- Briggs J.L., Maier D.E., Watkins B.A., Behnke K.C.** 1999. Effect of Ingredients and Processing Parameters on Pellet Quality. *Poultry Sci.*, 78. s.1464-1471.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J.** 2001. Groch lub łubin stosowany łącznie z poekstrakcyjną śrutą rzepakową jako zamiennik śrutki sojowej w mieszankach dla tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28, 2. s. 175-185.
- Kinsella J.E.** 1979. Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 56. s. 242-258.
- Kulig R., Laskowski J.** 2002. Pomiary zużycia pary wodnej w procesie kondycjonowania surowców i mieszanek paszowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (24) s. 134-141.
- Laskowski J.** 1989. Studia nad procesem granulowania mieszanek paszowych. Praca habilitacyjna. Wydawnictwo AR, Lublin. ISSN 0860-4355.
- Stevens C.A.** 1987. Starch gelatinization and the influence of particule size, steam pressure and die speed on the pelleting process. PhD thesis, Kansas State Univ., USA. s. 41-46.
- Winowski T.** 1988. Problems in optimizing pellet quality. *Feed Management* 39. s. 36-42.
- Wood J.F.** 1987. The functional properties of feed raw materials and their effect on the production and quality of feed pellets. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 18. s. 1-17.
- PN-R-64834:1998. Pasze – Badanie wytrzymałości kinetycznej granul.

THE IMPACT OF PROCESS INVOLVING CONDITIONING OF SELECTED LEGUMINOUS MATERIALS ON PHYSICAL PROPERTIES OF GRANULATE

Abstract. The purpose of the work was to determine the impact of conditions, in which process involving conditioning of leguminous materials (pea and lupine) is carried out, on physical properties of granulate. The paper compares steam conditioning to conditioning with water additive. It was proven that independently of employed conditioning method, obtained granulate was characterised by high kinetic strength ($P_{DI} > 93\%$). Higher mean parameter values were observed in case of pea, where each time P_{DI} index value was minimum 94%. At the same time, the amount of particles crushed in granulate never exceeded 5%. It was observed that granulate produced of components containing large amounts of protein is characterised by hardness exceeding $150 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-1}$. Highest parameter value was reached for "hot" conditioned lupine ($236 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Key words: conditioning, kinetic strength of granulate, granulate hardness, leguminous materials

Adres korespondencyjny:

Ryszard Kulig; e-mail: ryszard.kulig@up.lublin.pl
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin