

Andrzej Grieger, Marek Rynkiewicz
Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Akademia Rolnicza w Szczecinie

MODEL MATEMATYCZNY OCENY WYTRZYMAŁOŚCI KINETYCZNEJ GRANULATU

Streszczenie

W pracy opisano modelem matematycznym wpływ stopnia rozdrobnienia komponentów i ciśnienia pary podawanej do kondycjonera na wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej, który to parametr zalicza się do cech określających jakość paszy granulowanej.

Słowa kluczowe: stopień rozdrobnienia, pasza granulowana, wytrzymałość kinetyczna, model matematyczny

Oznaczenia:

ε - składnik losowy
 β_i – parametry modelu,
 d_g – geometryczna średnia ważona wielkość cząstek [mm]
 d_{zi} – średnica zastępcza poszczególnych frakcji [mm]
 m – masa próbki laboratoryjnej badanych granul - 500 g.
 m_i – masa granul pozostałych na sicie po zbadaniu ich wytrzymałości [g],
 n – liczba sit wraz z dnem
 P_{di} – wytrzymałość kinematyczna granul [%]
 P_k – ciśnienie pary podawanej do kondycjonera granulatora [MPa]
 W_i – masa pozostałości na poszczególnych sitach i dnie [g]
 X_i – zmienne niezależne,

Wprowadzenie

Stosowanie w żywieniu zwierząt paszy granulowanej umożliwia uzyskanie większej wydajności w produkcji zwierzęcej w porównaniu do paszy sypkiej. Wzrost przyrostu, ściśle związany jest jednak z jakością paszy granulowanej. Najczęściej wymienianą w literaturze [Grochowicz 1996] i najważniejszą cechą jakości paszy granulowanej jest jej wytrzymałość kinetyczna. Wysoka wartość wytrzymałości kinetycznej oznacza, że pasza jest bardziej trwała, granule nie ulegają uszkodzeniu podczas transportu. Na wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej mają wpływ parametry techniczne i technologiczne procesu granulowania oraz użyte komponenty.

Wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej można regulować poprzez zmianę ciśnienia pary podawanej do kondycjonera granulatora lub użycie komponentów o różnym stopniu rozdrobnienia.

Cel badań

Celem badań było określenie zależności pomiędzy średnicą granulowanych cząstek i ciśnieniem pary podawanej do kondycjonera granulatora na wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono na paszy przeznaczonej dla drobiu. Uzyskane w wyniku eksperymentu wyniki posłużyły do budowy modelu matematycznego, opisującego zależności pomiędzy parametrami technologicznymi a wytrzymałością kinetyczną granul.

Badania przeprowadzono na granulatorze z matrycą pierścieniową, o poziomej osi, z dwoma rolkami prasującymi. Średnica otworów matrycy wynosiła 4 mm. Do badań użyto mieszanki paszowej o trzech różnych stopniach rozdrobnienia o średnicach cząstek 0,6, 0,7 i 1,6 mm. W trakcie granulacji każdej mieszanki dokonywano zmiany ciśnienia pary podawanej do kondycjonera granulatora co 0,05 MPa w zakresie od 0,2 do 0,45 MPa. Przy każdej zmianie parametru pobierano próbkę paszy granulowanej i dokonywano pomiaru wytrzymałości kinetycznej granulatu.

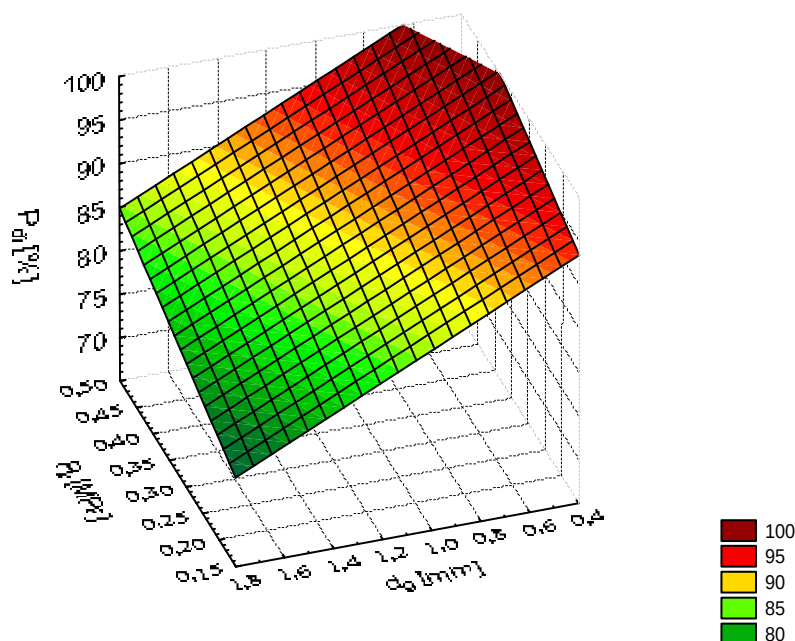
Do pomiaru wytrzymałości kinetycznej paszy granulowanej wykorzystano tester mechaniczny ZU-05. Tester ZU-05 zbudowany jest z komory stalowej o wymiarach 285 x 285 x 120 mm, w której umieszczona jest płytką stalowa o wymiarach 230 x 50 x 2 mm (PN-R-64834). Komora testera obracana jest wokół swojej osi z prędkością 50 obr/min. Badania polegały na przygotowaniu próbki ogólnej o masie co najmniej 3 kg z próbek pierwotnych. Z próbki ogólnej odsiewano rozkruszone części na sicie o średnicy otworów mniejszej o 1 mm od średnicy granul. Następnie pobierano trzy próbki laboratoryjne o masie 500g każda. Każdą próbkę umieszczano w komorze, którą wirowano przez 10 min. Po zatrzymaniu testera próbkę odsiewano na sicie o oczkach o średnicy otworów mniejszej o 1 mm od średnicy granul, a pozostałość na sicie ważono. Obliczenia wytrzymałości kinetycznej paszy granulowanej dokonano wg wzoru 1:

$$P_{di} = \frac{m_i}{m} \cdot 100\% \quad (1)$$

Pomiar wykonywano w trzech powtórzeniach.

Wyniki badań

Uzyskane wyniki oceny wytrzymałości kinetycznej granul badanej paszy w odniesieniu do średnicy cząstek przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Zależność pomiędzy wytrzymałością kinetyczną paszy granulowanej a średnicą cząstek granulowanych komponentów i ciśnienia pary podawanej do kondycjonera. Źródło : badania własne.

Fig. 1. Relationship between granulated fodder kinetic resistance and the particle diameter of granulated components and the pressure of steam supplied to the conditioner

Source: own research

Na podstawie rys. 1. można stwierdzić, że wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia komponentów (zmniejszenie średnicy cząstek) i ciśnienia pary podawanej do kondycjonera rośnie wytrzymałość kinetycznej paszy granulowanej.

Konstrukcja modelu

Procedura budowy powstała z analizy wstępnych danych pobranych podczas prowadzonego eksperymentu. W konstrukcji modelu wykorzystano liniowy model regresji wielokrotnej [Stanisz, 2000] postaci:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2)$$

Za zmienne niezależne x_i przyjęto ciśnienie pary podawanej do kondycjonera (P_k) i średnicę cząstek (d_g), które wywierają wpływ na zmienną zależną tj. wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej (P_{di}). Parametry modelu otrzymano metodą najmniejszych kwadratów. Na bazie danych uzyskanych w trakcie badań dokonano statystycznej analizy regresji wielokrotnej. Następnie oszacowano parametry analizowanego modelu:

$$P_{di} = \beta_0 + \beta_1 P_k + \beta_2 d_g + \varepsilon \quad (3)$$

W podsumowaniu analizy regresji otrzymano oszacowaną, liniową funkcję regresji, następującej postaci:

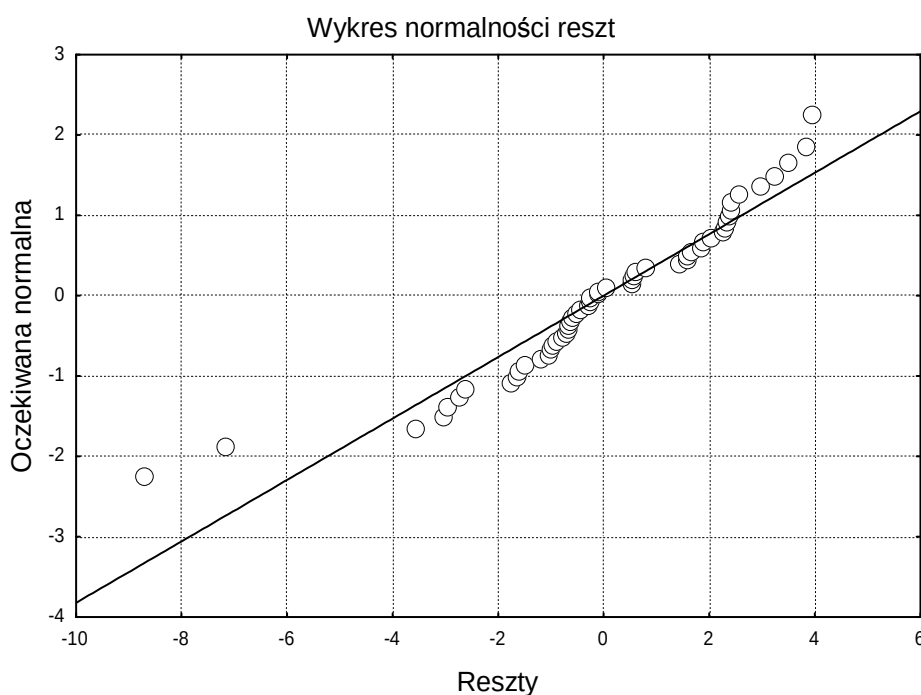
$$P_{di} = 94,56 + 27,55 \cdot P_k - 13,05 \cdot d_g \pm 2,49 \quad (4)$$

dla zakresu: $P_k = (0,20 \div 0,45)$ MPa i $d_g = (0,6 \div 1,6)$ mm

Na rys. 2 przedstawiono wykres normalności reszt, który pozwala na ocenę zgodności reszt z rozkładem normalnym.

Ustalając regresję można zaobserwować: jeśli wartość zmiennej P_k wzrośnie o 0,05 MPa to wartość zmiennej P_{di} wzrośnie o 1,38%, przy pozostałych zmiennych pozostających na stałym poziomie. Podobnie dla zmiennej średnicy wielkości cząstek (d_g). Dodatnia wartość współczynnika przy zmiennej P_k świadczy o dodatnim oddziaływaniu ciśnienia pary podawanej do kondycjonera na wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej. Ujemna wartość współczynnika przy zmiennej d_g świadczy o ujemnym oddziaływaniu na wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej. Wartość błędu standardowego estymacji równą 2,49 (ocena wielkości losowych odchyłeń modelu) można zinterpretować jako przeciętne odchylenie wytrzymałości kinetycznej P_{di} obserwowanej w próbie od wagi teoretycznej – wyznaczonej z modelu. Wartość współczynnika determinacji r^2 wynosi 0,87. Oznacza to, że 87% ogólnej zmienności zmiennej P_{di} jest wyjaśnione przez model.

Uzyskane wyniki układają się wzdłuż linii prostej, tym samym potwierdzając normalność rozkładu reszt.



Rys.2. Wykres normalności reszt.

Fig. 2. Remainder normality chart.

Dla weryfikacji istotności otrzymanych parametrów konieczne jest założenie, że reszty modelu mają rozkład normalny.

Utworzony model należy uznać za poprawny, a otrzymane parametry za pożądane gdyż wszystkie założenia modelu regresji wielokrotnej zostały spełnione tzn.: model jest liniowy

względem parametrów, zmienne niezależne są nielosowe, liczba obserwacji jest większa od liczby oszacowanych parametrów, składniki losowe (reszty) są nieskorelowane oraz mają wartość oczekiwaną równą 0, każdy ze składników losowych (reszty) ma rozkład normalny. Spełnione są również założenia homoscedastyczności (wariancja składnika losowego jest taka sama dla wszystkich obserwacji) i braku współliniowości (żadna ze zmiennych niezależnych nie jest kombinacją liniową innych zmiennych niezależnych).

Podsumowanie

Stosowanie paszy granulowanej pozwala na uzyskiwanie lepszych efektów w produkcji zwierzęcej. Istotnym czynnikiem warunkującym jakość paszy granulowanej są parametry fizyczne trwałości co ma duże znaczenie przede wszystkim w procesie przemieszczania i składowania. Proponowane rozwiązanie modelowe pozwala na szybką ocenę jakości paszy, zwłaszcza pod względem wytrzymałości kinetycznej zwłaszcza wówczas gdy zachodzi konieczność zmiany technologicznych parametrów obróbki.

Bibliografia

- Grochowicz J. 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL, Warszawa.
PN-R-64834 – Badanie wytrzymałości granul.
Stanisz A. 2000. Przystępny kurs statystyki, t.II, Statsoft Polska Sp. z o.o., Kraków.

MATHEMATICAL MODEL FOR THE ASSESSMENTS OF GRANULATE KINETIC STRENGTH

Summary

By means of a mathematical model the influence the of the disintegration of the constituents and pressure of steam delivered to he conditioner on the kinetic strength of pellets which parameter is considered to be a feature defining the quality of granulated fodder.

Key words: degree of fineness, pellets, kinetic strength, mathematical model