

Norbert Marks, Zygmunt Sobol, Dariusz Baran
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza w Krakowie

OCENA WYTRZYMAŁOŚCI GRANULATU PASZOWEGO

Streszczenie

Praca przedstawia ocenę granulatu paszowego produkowanego przez dwie wytwórnie pasz. Ocena dotyczyła pasz przeznaczonych dla różnych grup zwierząt, o różnym składzie surowcowym, pobieranych za granulatorem i za chłodnicą. W badaniach wyznaczono naprężenia powodujące zniszczenie struktury granul: naprężenia ścinające τ za pomocą twardościomierza Kahla oraz ściskające σ za pomocą penetrometru statycznego sprężynowego. Określono również wytrzymałość kinetyczną granulatu P_{dx} za pomocą testera rotacyjnego. Z badań wynika, że na wartość badanych właściwości miały wpływ rodzaj pasz, skład surowcowy oraz miejsce pobierania prób.

Słowa kluczowe: granulaty paszowe, wytrzymałość kinetyczna i statyczna granulatu

Wstęp

Różne metody określania wytrzymałości granulatu odnoszą się do różnych operacji technologicznych od wytworzenia granulatu aż do jego skarmiania. Na granulaty oddziałują dwa rodzaje sił: siły dynamiczne, które towarzyszą operacjom transportowym oraz siły statyczne, które działają podczas składowania. Na wytrzymałość kinetyczną oraz statyczną (twardość) granulatu wpływa wiele czynników. Do nich zaliczamy czynniki wynikające z fizykochemicznych cech surowców i sposobu wstępnego przygotowania mieszanki do granulowania, czynniki wynikające z konstrukcji zespołu granulującego oraz czynniki techniczno-eksploatacyjne. Z rodzajem pasz przeznaczonych dla różnych gatunków zwierząt związany jest ich skład surowcowy. Z oceny surowców pod względem ich podatności na granulowanie wynika, że najwyższe oceny w pięciopunktowej skali uzyskują śrut kukurydziany i pszenne (5-4), nieco niższe śrut jęczmień i sojowy (3-4) [Grochowicz 1996]. Również istotny wpływ na wytrzymałość mechaniczną granulatu mają dodatki paszowe (np. tłuszcz) oraz stosowanie zabiegu chłodzenia [Grochowicz 1996; Grochowicz, Mościski 1978; Walczyński, Zawiślak 2000; Zawiślak 1996].

Cel pracy

Celem pracy było określenie wartości naprężeń stycznych i normalnych, wywołujących destrukcję struktury granul oraz wytrzymałości kinetycznej granulatu produkowanego dla różnych gatunków zwierząt.

Materiał i metody

Aby monitorować trwałość granulatu poprzez określenie wytrzymałości kinetycznej stosuje się następujące metody: metoda wykorzystująca tester rotacyjny – Tester Pfrosta [Grochowicz 1996], metoda symulująca transport pneumatyczny – Tester Holmena [Walczyński 1997], metoda opisująca efekt zderzenia granulatu (transportowanego w strumieniu powietrza) z trwałą, perforowaną przeszkodą – Tester Ligno [Walczyński 1997].

Twardość granuli określa się poprzez wyznaczenie siły, jaka jest potrzebna do jej skruszenia. Do tego celu stosuje się następujące metody: metoda wyznaczająca wartość siły niszczącej, działającej poprzecznie – Twardościomierz Kahla [Grochowicz 1996]; metoda umożliwiające ciągły pomiar siły w funkcji czasu – Aparat Kramera, urządzenie Instron; metoda pośredniego wyznaczania siły za pomocą testera wahadłowego [Walczyński 1997].

Za pomocą twardościomierza Kahla, aparatu Kramera, urządzenia Instron, wyznacza się wartość naprężeń ścinających τ (stycznych do powierzchni przekroju), powodujących kruszenie granuli.

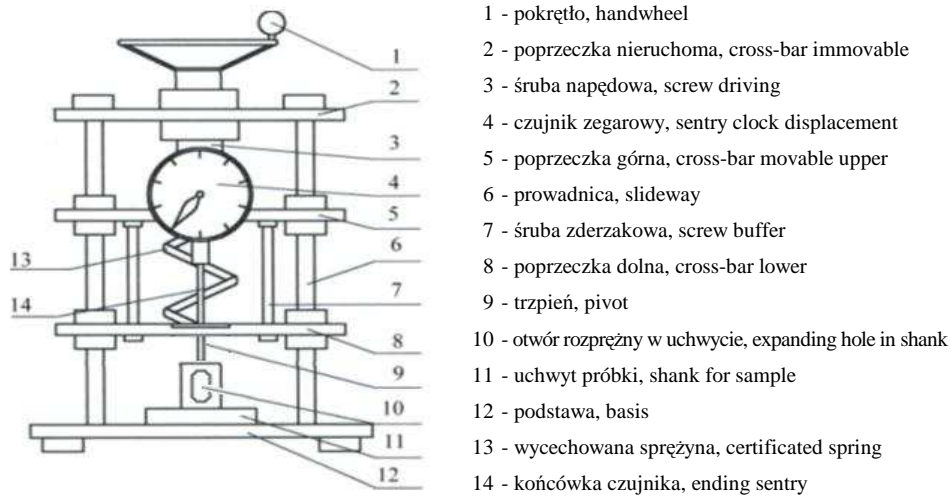
$$\tau = P * F^J \text{ [Pa]} \quad (1)$$

gdzie:

- τ – naprężenia styczne [Pa],
- P – siła styczna do przekroju poprzecznego granuli [N],
- F – pole przekroju poprzecznego granuli [m²].

Proponowana metoda oceny twardości granulatu

W proponowanej metodzie oceny twardości granulatu paszowego można wyznaczyć naprężenia σ podczas próby ściskania (normalne do powierzchni przekroju) powodujące zniszczenie struktury granuli (rys. 1).



Rys. 1. Penetrometr statyczny sprężynowy
 Fig. 1. Static spring penetrometr

Wartość naprężeń normalnych wyznaczano za pomocą poniższego wzoru.

$$\sigma = P * F^{-1} \text{ [Pa]} \quad (2)$$

gdzie:

- σ – naprężenia normalne [Pa],
- P – siła normalna do przekroju porzecznego granuli [N],
- F – pole przekroju poprzecznego granuli [m²].

Badania wykonano stosując dwie metody statyczne tj.: twardościomierz Kahla i penetrometr statyczny sprężynowy oraz określono wytrzymałość kinetyczną za pomocą testera rotacyjnego. Badaniami objęto trzy zestawy pasz produkowane w dwóch wytwórniach.

Dla stwierdzenia wpływu przyjętych czynników na badane właściwości zastosowano analizę wariacji w klasyfikacji wielokrotnej, a dla określenia zależności pomiędzy badanymi właściwościami analizę korelacji.

Wyniki badań

W pierwszym zestawie badano pasze produkowane przez wytwórnię oznaczoną umownie nr 1 (dla drobiu i trzody chlewnej), dla których określano wartości naprężeń σ podczas próby zgniatania. Badania przeprowadzono dla granulatu

pobieranego za granulatorem i za chłodnicą. Temperatura granulatu wszystkich badanych próbek była porównywalna i wynosiła przed chłodnicą średnio 75°C, a za chłodnicą 20°C. Z przeprowadzonej analizy wyników badań można stwierdzić, że na wartość naprężeń normalnych powodujących zniszczenie struktury granul statystycznie istotny wpływ miały rodzaj pasz oraz stosowanie zabiegu chłodzenia granulatu (tab. 1). Z analizy składu surowcowego pasz w odniesieniu do wytrzymałości granul na ściskanie można zauważyć, że wzrost zawartości śruty pszennej i kukurydzianej powodował wzrost wytrzymałości. Odstępstwa od tej zależności występują w paszach DKA-F i DKA-F(1), w których udział oleju rzepakowego wynosił powyżej 4% co mogło spowodować spadek wytrzymałości granul (tab. 1).

Tabela 1. Wartości średnie naprężeń normalnych σ [MPa] dla granul po granulowaniu i chłodzeniu oraz udziały [%] masy głównych składników pasz
Table 1. Value averages of normal tensions σ [MPa] for granulated behind the granulator and behind the cooler and parts [%] the mass of main components of fodders

Nazwa pasz	Gatunek zwierząt	Naprężenia normalne σ [MPa] po granulowaniu	Naprężenia normalne σ [MPa] po chłodzeniu	Główne składniki pasz [%] masy						
				Śruta kukurydziana	Śruta pszenna	Otręby pszenne	Śruta poekstrakcyjna sojowa	Olej rzepakowy	Kreda	Śruta jęczmienna
DKA-F	Drób	1,30	1,38	30,0	28,0	5,5	24,8	4,2	0,0	0,0
DKM-1		2,68	3,09	26,0	40,0	5,4	20,3	0,3	0,0	0,0
DJ		2,32	2,65	14,0	40,0	5,8	19,5	3,0	6,3	0,0
Ind. Grower		1,51	1,57	12,5	21,0	6,0	29,4	2,0	0,0	20,0
DJR		2,53	2,83	28,0	35,1	5,8	17,0	1,0	4,3	0,0
DJ-2		2,54	2,72	15,0	50,0	0,0	17,1	1,9	6,0	0,0
DKA-S		2,46	2,81	16,0	40,0	4,0	28,4	2,5	0,0	0,0
DKA-F(1)		1,82	2,32	30,0	28,0	4,4	24,8	4,2	0,0	0,0
Ind. Finisz		1,47	2,27	16,0	20,4	15,0	47,0	2,8	0,0	30,0
PT-1		Trzoda chlewna	1,50	1,70	10,0	10,4	5,0	12,8	1,0	0,0
PT-2	1,98		2,14	0,0	20,0	12,9	3,1	1,0	0,0	55,0
Prosię Start-2	2,36		2,49	0,0	35,0	0,0	16,0	0,5	0,0	46,5

Najwyższe wartości naprężeń σ (od 2,65 MPa do 3,09 MPa) powodujących zniszczenie struktury granul uzyskano w próbach obciążeń pasz (DKM-1, DJ, DJR, DJ-2, DKA-S), w których, w różnych proporcjach dominowały takie składniki jak: śruta kukurydziana, śruta pszenna i śruta sojowa. Wydają się, że duży udział śruty jęczmiennej (około 50%) w paszach nie wpływał korzystnie na wytrzymałość granulatu. Wzrost wartości naprężeń do $\sigma = 2,49$ MPa, odnotowano dla paszy „Prosię Start-2”, w której oprócz wysokiej zawartości śruty jęczmiennej znajdowało się 35% śruty pszennej. W tej części badań uzyskano zgodność z badaniami prowadzonymi przez Grochowicza [1996], Walczyńskiego i Zawiślaka [2000] oraz Zawiślaka [1996]. Zastosowany zabieg chłodzenia we wszystkich badanych przypadkach spowodował istotny wzrost wytrzymałości granulatu (tab. 1). Średni wzrost wytrzymałości dla wszystkich analizowanych pasz wyniósł 12,4%. Korzystne działanie zabiegu chłodzenia granulatu na jego wytrzymałość mechaniczną znalazło potwierdzenie w literaturze prezentowanej przez Grochowicza [1996]. Z badań wynika również, że większą wytrzymałością charakteryzowała się grupa pasz przeznaczonych dla drobiu w porównaniu z paszami dla trzody chlewnej. Różnica ta jest bardziej wyraźna dla granulatu po chłodzeniu. Wynika to głównie z zastosowanego zabiegu chłodzenia oraz dominacji surowców łatwo granulujących się zastosowanych w paszach dla drobiu.

W drugim zestawie badano pasze produkowane przez wytwórnę oznaczoną umownie nr 1 (dla bydła i trzody chlewnej), dla których określano wartości naprężeń σ podczas próby zgniatania oraz kinetyczną wytrzymałość granul. Analiza statystyczna wyników badań wykazała istotny wpływ rodzaju pasz na badane właściwości. Podobnie jak w poprzednio analizowanych paszach, największą wytrzymałością charakteryzowały się pasze, w których dominującą część w składzie surowcowym stanowiły takie składniki jak: śruta pszenna, śruta pszenżyta i śruta kukurydziana (tab. 2). W tej części badań niską wytrzymałość granulatu posiadały te pasze, w których w składzie surowcowym było więcej śruty jęczmiennej oraz te, które łącznie zawierały dużo śrut poekstrakcyjnych i śrutę jęczmienną. Prowadząc analizę wyników badań dla tego zestawu pasz, nie stwierdzono statystycznie istotnej korelacji pomiędzy wartością naprężeń normalnych a wytrzymałością kinetyczną granulatu. Dla pasz z grupy o małej wytrzymałości na ściskanie uzyskano najmniejsze i największe wartości wytrzymałości kinetycznej granulatu. Potwierdzone zostało, że granule reagują odmiennie na siły statyczne działające w jednym określonym kierunku i siły dynamiczne działające jednocześnie w różnych kierunkach [Grochowicz 1996]. Analizując wartości badanych właściwości granulatu przeznaczonego dla różnych gatunków zwierząt zauważa się, że wyższą wytrzymałość kinetyczną posiada granulatu dla trzody chlewnej, natomiast wyższą twardość (naprężenia σ) granulatu dla bydła.

Tabela 2. Wartości średnie naprężeń normalnych σ [MPa] i wytrzymałości kinetycznej granulatu oraz udziały P_{dx} [%] masy głównych składników pasz
 Table 2. Value averages of normal tensions σ [MPa] and the granulated kinetic resistance and parts P_{dx} [%] the mass of main components of fodders

Nazwa pasz	Gatunek zwierząt	Naprężenia normalne σ [MPa]	Wytrzymałość kinetyczna P_{dx} [%]	Główne składniki pasz [%] masy						
				Śruta kukurydziana	Śruta pszenna	Śruta pszenżyta	Śruta poekstrakcyjna sojowa	Śruta poek. rzepak. *	Olej rzepakowy	Przedmieszka
CJ	Bydło	1,69	93,7	20,0	20,0	0,0	27,0	0,0	5,8	27,2
O-1		2,02	94,0	20,0	22,0	0,0	17,0	0,0	9,0	20,0
B		2,13	94,7	30,0	30,5	0,0	35,5	0,0	4,0	0,0
Grower I	Trzoda chlewna	2,24	95,7	5,2	18,0	40,0	3,0	0,0	2,1	13,0
Finisz II		2,04	97,1	5,0	15,0	19,1	2,0	0,6	19,4	39,0
Starter I		1,45	97,9	5,0	20,0	20,1	0,0	*6,0/1,2	8,2	17,5
Starter II		1,28	98,1	5,0	20,0	0,0	16,0	0,0	13,0	46,0

W trzecim zestawie badano pasze produkowane przez wytwórnę pasz oznaczoną umownie nr 2 (dla trzody chlewnej i drobiu), dla których określano wartości naprężeń σ i τ oraz kinetyczną wytrzymałość granul. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań stwierdzono statystycznie istotny wpływ rodzaju pasz na badane właściwości. W tym zestawie pasz produkowanych przez wytwórnę nr 2 dysponowano składem chemicznym pasz a nie jak poprzednio składem surowcowym (tab. 3). Dlatego w tej części doświadczenia utrudniona była analiza wpływu fizyko-chemicznych cech surowców na badane właściwości granulatu. Niemniej jednak zauważa się wyraźnie odmienną reakcję granulatu po względem badanych twardości dla paszy oznaczonej T6, dla której podczas próby obciążania granul uzyskano najwyższe wartości naprężeń σ i τ pomimo dość wysokiej zawartości w nich tłuszczu i włókna. W wyniku przeprowadzonej analizy nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy badanymi wielkościami. Brak korelacji pomiędzy naprężeniami stycznymi i normalnymi wynika z anizotropowej struktury granul, w skład której wchodzi cząsteczki różnych składników o zmiennych cechach fizyko-chemicznych oraz różnych frakcjach wymiarowych. Analizując wytrzymałość granul na ścinanie i ściskanie w odniesieniu do pasz przeznaczonych dla dwóch gatunków zwierząt, stwierdzić można, że większą wytrzymałością (na obydwa kierunki obciążeń) charakteryzowały się granule pasz dla trzody chlewnej. Dla

tych pasz uzyskano również większą wytrzymałość kinetyczną. Z relacji pomiędzy wytrzymałością statyczną a dynamiczną (w odniesieniu do pasz klasyfikowanych dla gatunków zwierząt) uzyskano większą zgodność w trzecim zestawie pasz niż w zestawie drugim.

Tabela 3. Wartości średnie naprężeń normalnych σ , stycznych τ [MPa] i wytrzymałości kinetycznej granulatu oraz skład chemiczny pasz

Table 3. Value averages of normal σ and static τ tensions [MPa] and the granulated kinetic resistance and the chemical components

Rodzaj pasz Nazwa pasz	Gatunek zwierząt	Naprężenia styczne τ [MPa]	Naprężenia normalne σ [MPa]	Wytrzymałość kinetyczna P_{dk} [%]	Główne składniki pasz [%]						
					Białko	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	Wapń ogólny	Fosfor przyswajalny	Lizyny	Sól [NaCl]
T1	Trzoda chlewna	2,64	3,91	97,9	14,0	2,5	2,5	0,70	0,20	0,65	0,75
T2		2,81	3,43	97,5	15,0	3,0	5,5	0,70	0,22	0,75	0,75
T3		3,45	2,43	97,5	16,0	3,0	5,0	0,70	0,25	0,95	0,85
T4		3,35	2,42	98,2	16,0	3,0	5,5	0,70	0,27	0,85	0,85
T5		3,09	2,33	97,2	16,0	3,0	5,0	0,75	0,30	1,00	0,85
T6		4,40	5,70	97,0	17,0	4,0	5,0	0,80	0,45	1,20	0,90
D1	Drób	2,56	2,64	94,9	20,0	3,0	4,5	1,00	0,35	1,20	0,0
D2		2,82	2,78	94,2	18,0	3,0	4,5	0,90	0,40	1,00	0,0

Wnioski

1. Z oceny granulatu metodami powszechnie stosowanymi oraz proponowaną metodą wynika, że korzystny wpływ na mechaniczną wytrzymałość granul ma podwyższona zawartość śruty pszennej i kukurydzianej.
2. Dokonana ocena wytrzymałości granul proponowaną metodą potwierdza korzystny wpływ zabiegu chłodzenia granulatu. Dla badanych prób wytrzymałość wzrosła o 12,4%.
3. Brak statystycznie istotnej korelacji pomiędzy badanymi właściwościami granulatu paszowego, określanymi według różnych metod, potwierdza konieczność poszukiwania i stosowania nowych, uzupełniających dla obecnie stosowanych metod pomiaru.

Norbert Marks, Zygmunt Sobol, Dariusz Baran

Bibliografia

- Grochowicz J. 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL Warszawa.
- Grochowicz J. 1995. O potrzebie badania i sposobach pomiaru cech wytrzymałościowych granulatów. *Pasze Przemysłowe* nr 5: 22-25.
- Grochowicz J.; Mościski L. 1978. Badania wpływu warunków granulowania i chłodzenia na kinetyczną wytrzymałość granulatu paszowego. *Biul. Inf. Przem. Pasz.* Nr 2.
- Walczyński S, Zawiślak K. 2000. Wpływ dodatku tłuszczu na jakość granul w procesie aglomeracji bez dodatku pary wodnej. *Pasze Przemysłowe* nr 4-5:17.
- Walczyński S. 1997. Porównanie metod oznaczania wytrzymałości kinetycznej granulatów. *Pasze Przemysłowe* nr11-12: 17-20.
- Walczyński S. 1997. Jakość granulatu i aparatura pomiarowa do jego oceny. *Pasze Przemysłowe* nr 2: 14-16.
- Zawiślak K. 1996. Czynniki wpływające na jakość granulatu. *Pasze przemysłowe* nr 2-3:15-17-19.

GRANULATED FODDER RESISTANCE EVALUATION METHODS COMPARISON

Summary

The work presents the evaluation of granulated fodder manufactured by two fodder producers. The evaluation referred to fodders for various animal groups, of various ingredient composition, samples behind the granulator and behind the cooler. The research allowed for determining tension causing the granule structure destruction: truncating tension τ with Kahl hardness tester and pressing tension σ with static spring penetrometer. The granulated fodder kinetic resistance P_{dx} was determined with a rotational tester. The conclusion from the research suggests that the type of fodder, ingredient composition and the sampling place influenced the tested features values.

Key words: granulated fodder, kinetic resistance and granulated hardness