

ANALIZA ZMIAN JAKOŚCI WIELOSKŁADNIKOWYCH MIESZANIN ZIARNISTYCH NA LINII MIESZANIA W PRZEMYSŁOWEJ WYTWÓRNI PASZ

Jolanta Królczyk

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska

Streszczenie. W artykule dokonano analizy zmian jakości trzynastokładnikowej, niejednorodnej mieszaniny ziarnistej podczas mieszania w przemysłowym mieszalniku pasz. Jakość mieszaniny w czasie została określona za pomocą parametru jednozmiennowej analizy regresji liniowej – resztowej sumy kwadratów. Dodatkowo dokonano analizy porównawczej dla wybranych parametrów statystycznych otrzymanych wartości RSK dla mieszaniny trzynastokładnikowej i mieszanin: dziewięcio-, dziesięcio- i dwunastokładnikowych otrzymanych w wyniku prowadzonych wcześniej badań eksperymentalnych. Badania prowadzono na linii mieszania w przemysłowej wytwórni pasz w układzie: mieszalnik, kosz zasypowy i przenośnik kubelkowy.

Słowa kluczowe: mieszanina ziarnista, wieloskładnikowa mieszanina ziarnista, mieszalnik ślimakowy

Wprowadzenie

Układem wieloskładnikowym nazywany jest taki układ, w którym liczba stałych składników wynosi co najmniej 3. Jednoczesne mieszanie k składników ($k > 2$) stwarza zupełnie nowe jakościowo problemy. Układ taki można rozpatrywać jako układ dwuskładnikowy oceniając stan mieszaniny z punktu widzenia składnika A, a pozostałe składniki traktować łącznie jako jeden składnik B. Większość rzeczywistych mieszanin ziarnistych spotykanych w praktyce przemysłowej, to układy niejednorodne. Opisanie stanu takiej mieszaniny i kinetyki procesu należą do podstawowych problemów mieszania [Boss 1987].

Rodzaj i ilość stosowanych surowców istotnie wpływa na koszty produkcji paszy, można zatem sterować również nakładami ponoszonymi w chowie i hodowli. Przez precyzyjne bilansowanie składników pokarmowych i uwzględnienie ich dostępności dla zwierząt w realny sposób można zmniejszyć zarówno wydalanie niekorzystnych składników pokarmowych, jak i obciążenie środowiska wynikające z prowadzenia produkcji zwierzęcej [Dymnicka 2001, Jamróz 2006].

Ważnym kryterium przy ocenie jakości jest ilość składników, która wynika z receptury oraz stopień ich zmieszania. W przemyśle stosowane są różne typy mieszalników w zależności od wielkości produkcji oraz technologii wytwarzania [Romaniuk, Karbowy i in. 2000]. Prowadzonych jest wiele prac naukowych dotyczących jakości otrzymywanych pasz z wykorzystaniem różnych technik, m.in. z zastosowaniem mikrowskaźników [Chyt,

Karbowy 2009; Karbowy, Rynkiewicz 2011]. Prace badawcze dotyczą również analiz techniczno-ekonomicznych produkcji pasz pełnoporcjowych w gospodarstwach rodzinnych [Chyt i in. 2011]. Stosunkowo niewiele prac dotyczy analizy procesu mieszania dla układów wieloskładnikowych – mieszanek pasz dla ptaków [Węgrzyn 2006]. W trakcie transportu, zasypu do zbiornika lub innych operacji dynamicznych jednorodny układ ziarnisty może ulegać częściowemu rozdzieleniu i w rezultacie poszczególne partie mieszanki mogą różnić się składem, wpływając na pogorszenie jakości otrzymywanej mieszanki [Axe 1995; Makse 1999; Boss i in. 2000].

Cel badań

Celem badań była analiza zmian jakości trzynastoskładnikowej mieszanki ziarnistej o nazwie Euro RL (składającej się z 13 składników) w czasie 30 minut mieszania na linii mieszania w przemysłowej wytwórni pasz za pomocą parametru jednozmiennowej analizy regresji liniowej – resztowej sumy kwadratów. Dodatkowo dokonano analizy porównawczej dla wybranych parametrów statystycznych otrzymanych wartości RSK dla mieszanki trzynastoskładnikowej (Euro RL) i mieszanin: dziewięć- (Ekonomik Z), dziesięć- (RL Ekonomiczna) i dwunastoskładnikowych (BP Ekonomicznej) otrzymanych w wyniku prowadzonych wcześniej badań eksperymentalnych.

Metodyka badań

Do badań wykorzystano mieszalnik przemysłowy z komorą nieruchomą z pionowym mieszadłem o działaniu okresowym. Były to badania prowadzone na linii mieszania w układzie: mieszalnik, kosz zasypowy i przenośnik kbelkowy w przemysłowej wytwórni pasz. Badano cztery rodzaje mieszanek paszowych różniących się proporcjami składników i składem (9, 10, 12 oraz 13 składników) (tab. 1). Masy mieszanin zasypanych do mieszalnika wyniosły odpowiednio 2000 kg, 2200 kg, 2099,5 kg, 2000 kg.

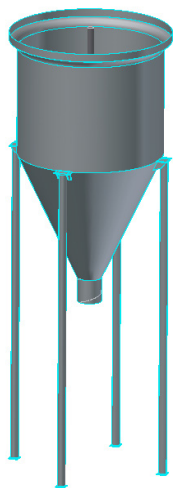
Mieszanie zasypanego materiału ziarnistego następowało w wyniku ruchu mieszadła ślimakowego oraz w wyniku zewnętrznej recyrkulacji składników poprzez przenośnik kbelkowy. Zasypany do mieszalnika materiał ziarnisty wysypywał się w miejscu spustu z mieszalnika i kierowany był do kosza zasypowego, a następnie poprzez przenośnik kbelkowy zasypywany był z powrotem do wnętrza mieszalnika. W czasie przyjętego mieszania trwającego 30 minut pobierano próby do badań. Jeden pełny cykl mieszania obejmował: zasyp do mieszalnika, mieszanie i wysyp z mieszalnika i był to proces ciągły trwający 30 minut. Z tego też względu można mówić o procesie przejścia wielokrotnego. Z uwagi na specyficzną dla tego procesu technologicznego recyrkulację mieszanki, próby do badań pobierano w miejscu wysypu z mieszalnika w trakcie całego procesu o odstępach 30 sekundowych. Tak uzyskane próby do badań ręcznie rozdzielano na poszczególne komponenty i następnie ważono. Poglądowy model mieszalnika pasz przedstawiono na rys. 1, a schemat z wymiarami na rys. 2 i tab. 2.

Analiza zmian jakości...

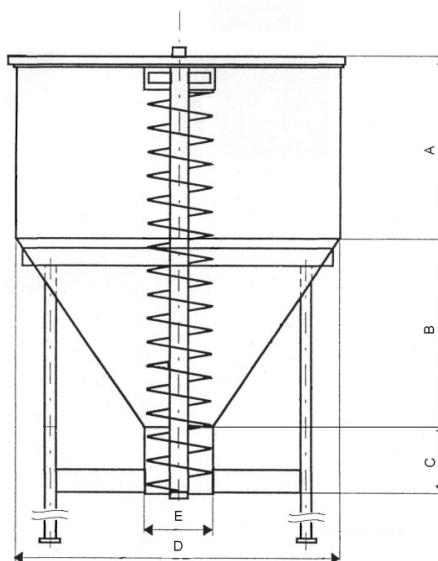
Tabela 1. Skład surowcowy badanych mieszanek paszowych
Table 1. Material composition of the researched feed mixtures

Nazwa mieszanki	Ekonomik Z	RL Ekonomiczna	BP Ekonomiczna	Euro RL
Komponenty mieszanin ziarnistych	Udział procentowy [%]			
Dari (sorgo białe)	1,25	0,91	2,86	4,00
Groch zielony	-	2,27	4,76	7,50
Groch żółty	5,00	6,14	10,48	7,50
Jęczmień	29,00	-	-	-
Kardi (krokosz)	-	-	1,19	2,00
Kukurydza	16,00	36,35	40,49	32,00
Owies łuszczony	-	-	2,38	1,25
Peluszka	10,00	8,64	16,20	11,00
Proso żółte	2,25	6,82	7,62	1,25
Pszenica	30,00	29,09	-	19,00
Ryż biały	-	-	1,19	1,00
Słonecznik czarny	1,50	1,82	1,88	2,00
Sorgo	5,00	6,82	8,57	9,00
Wyka brązowa	-	1,14	2,38	2,50
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00

Źródło: Ovigor®



Źródło: Opracowanie własne autora



Źródło: Ovigor®

Rys. 1. Model 3D mieszalnika pasz
Fig. 1. 3D model of feed mixer

Rys. 2. Schemat mieszalnika pasz
Fig. 2. Scheme of a feed mixer

Tabela 2. Wymiary mieszalnika
Table 2. Size of a mixer

Wysokość części cylindrycznej - A	1550 mm
Wysokość części stożkowej - B	1600 mm
Wysokość otworu wysypowego - C	300 mm
Średnica wewnętrzna części cylindrycznej - D	1800 mm
Średnica wewnętrzna otworu wysypowego - E	300 mm

Do opisu zmian jakości w czasie mieszania zastosowano parametr jednozmiennowej analizy regresji - resztową sumę kwadratów (RSK). Resztowa suma kwadratów jest zdefiniowana następująco:

$$RSK = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

gdzie:

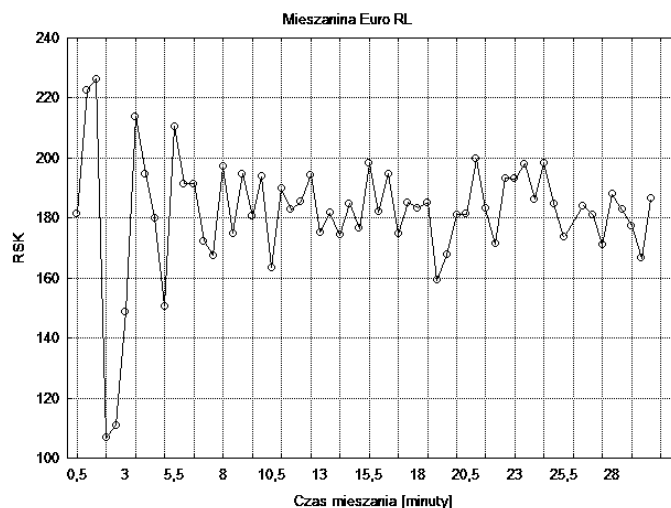
- RSK – resztowa suma kwadratów,
- e_i – błąd i -tej obserwacji,
- y_i – docelowy rozkład częstości składników,
- \hat{y}_i – wartość przewidywana z oszacowania otrzymanego z prostej regresji [Aczel 2005].

Gdy parametr RSK osiągnie wartość zero, wówczas udziały wszystkich komponentów w określonym punkcie czasowym będą równe wartościom docelowym, a więc uzyska się najlepszą jakość mieszaniny. Teoretycznie jest możliwe uzyskanie wartości 0, a więc uzyskanie mieszaniny randomowej. W praktyce jednak, zwłaszcza kiedy mamy do czynienia układami wieloskładnikowymi, otrzymanie RSK dążących do 0 jest to bardzo trudne.

W kolejnym etapie analizy statystycznej dokonano porównania wartości maksymalnych i minimalnych RSK, średniej oraz odchylenia standardowego dla badanych mieszanin ziarnistych (tab. 2). Dodatkowo na rys. 4 przedstawiono wartości średniej arytmetycznej RSK wraz z odchyleniem standardowym od średniej dla badanych mieszanin.

Wyniki badań i ich analiza

Otrzymane wartości resztowej sumy kwadratów stały się podstawą do opracowania wykresu przedstawiającego zmianę jakości trzynastoskładnikowej mieszaniny w czasie mieszania (rys. 3).



Rys. 3. Wykres zmian RSK w zależności od czasu mieszania uzyskany dla 13 składnikowej mieszaniny ziarnistej

Fig. 3. Diagram of changes of resid. sum of squares depending on the time of mixing for 13-component granular mixture

Wykres prezentuje nieco odmienny kształt niż dotychczas analizowane przypadki badanych wcześniej mieszanek pasz np. Euro BK, Ekonomik Z [Królczyk, Tukiendorf 2007]. Przebieg zmian RSK w czasie dla badanych wcześniej mieszanek paszowych wyraźnie dążył do osiągnięcia wartości RSK równej 0 osiągając w połowie czasu mieszania wartości RSK z przedziału 50–100. Natomiast w przypadku mieszaniny Euro RL wartość RSK, począwszy od 8 minuty mieszania, oscyluje w zakresie przedziału wartości RSK równych 160–200. Jakość ulega poprawie w końcowych minutach procesu tj. od 25 minuty mieszania.

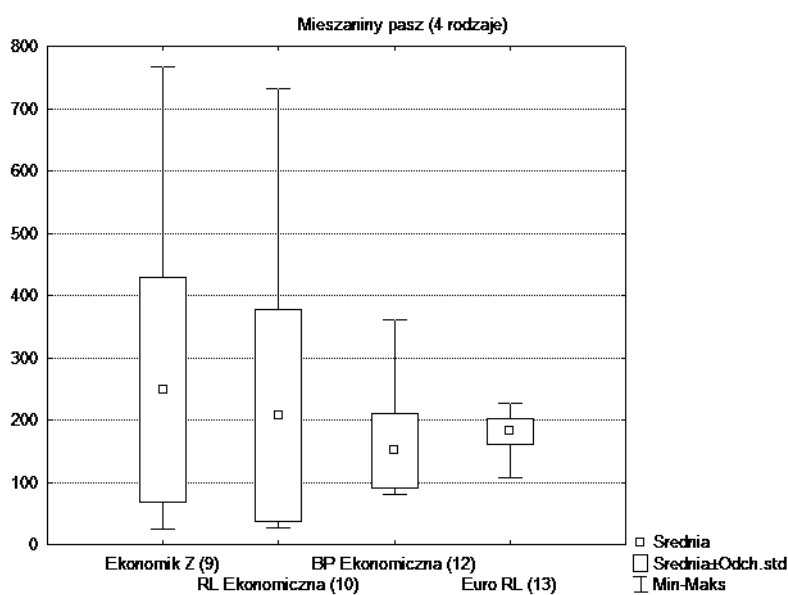
Ciekawe obserwacje przynosi analiza podstawowych statystyk opisowych zmiennej RSK dla wszystkich mieszanin (rys. 5, tab. 2). Największą wartość rozstępu zaobserwowano dla mieszaniny o najmniejszej liczbie składników – 9 (Ekonomik Z) 741,44, następnie podobną wartość rozstępu wykazała mieszanina 10 składnikowa RL Ekonomiczna 704,76, a najmniejszą wartość rozstępu zaobserwowano dla mieszaniny 13 składnikowej Euro RL 119,68.

Analizując wartości otrzymanych średnich można stwierdzić, że największą wartość średniej, a zatem najgorszą jakość mieszaniny, uzyskano dla mieszaniny Ekonomik Z, zaś najmniejszą wartość średnią RSK otrzymano dla mieszaniny EP Ekonomicznej. Podobne wartości średnie RSK uzyskano dla mieszanin RL Ekonomicznej i Euro RL. Dokonując analizy ostatniego z szacowanych parametrów statystyk opisowych zauważono, że najmniejszą wartość odchylenia standardowego uzyskano dla mieszaniny o najwyższej liczbie składników Euro RL, a największe odchylenie standardowe dla mieszaniny Ekonomik Z o najmniejszej liczbie składników.

Tabela 2. Podstawowe statystyki opisowe zmiennej RSK dla analizowanych mieszanin ziarnistych
 Table 2. Basic descriptive statistics of resid. sum of squares variable for analysed granular mixtures

Zmienne	Średnia	Minimum	Maksimum	Odch.std
Ekonomik Z (9)	248,38	25,22	766,66	180,89
RL Ekonomiczna (10)	207,38	26,35	731,11	170,54
BP Ekonomiczna (12)	150,73	79,93	359,94	59,49
Euro RL (13)	181,88	106,67	226,35	19,97

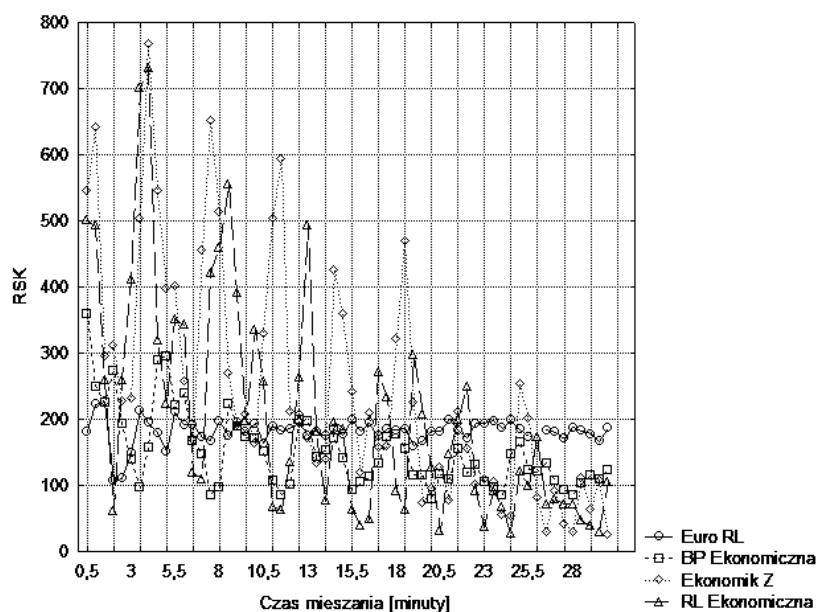
Obserwacja i analiza wartości RSK dostarczyła ciekawych obserwacji opisujących przebieg badanego procesu mieszania wieloskładnikowych, niejednorodnych mieszanin ziarnistych. Jednak analiza wykresu ramkowego i otrzymane wartości średniej RSK sugerują, że najlepszą jakość mieszaniny uzyskano dla mieszanin: Euro RL i BP Ekonomicznej (por. rys. 4).



Rys. 4. Porównanie statystyk opisowych wartości RSK
 Fig. 4. Comparison of descriptive statistics of RSK values

Nie jest to jednak prawdziwe stwierdzenie, gdyż dopiero analiza łącznie z przebiegiem zmian w czasie (rys. 5) dostarcza pełniejszej informacji. Istotne są wartości RSK otrzymane w końcowym etapie mieszania, gdyż po 30 minutach mieszania następuje proces workowania. Przebieg zmian RSK w czasie dla mieszaniny o największej liczbie składników jest najbardziej ustabilizowany, wartości RSK nie mają tak burzliwego charakteru jak

w przypadku pozostałych mieszanin. Również mieszanina BP Ekonomiczna o 12 składnikach nie wykazuje tak burzliwego przebiegu jak dwie pozostałe mieszaniny (Ekonomik Z i RL Ekonomiczna).



Rys. 5. Wykres zmian RSK w zależności od czasu mieszania uzyskany dla 9, 10, 12 i 13 składnikowej mieszaniny ziarnistej

Fig. 5. A diagram of resid. sum of squares changes depending on the mixing time of 9,10,12 and 13-component granular mixture

Wnioski

1. Zauważono, że ilość składników mieszaniny ma wpływ na burzliwość jej mieszania. Im więcej składników ma mieszanina, tym przebieg mieszania jest łagodniejszy – mniejsza wartość parametru RSK ocenianych za pomocą statystyk opisowych tj. średnia, odchylenie standardowe i rozstęp.
2. Jakość mieszaniny 13 składnikowej (Euro RL) jest lepsza od pozostałych mieszanin: 9 składnikowej (Ekonomik Z), 10 składnikowej (Ekonomik RL) oraz 10 składnikowej (Ekonomik BP), biorąc pod uwagę średnią arytmetyczną z uzyskanych wartości RSK w czasie 30 minut mieszania. Jednak o jakości uzyskanej mieszaniny świadczą wartości RSK otrzymane w końcowym etapie mieszania tuż przed procesem workowania produktu.

3. Największy rozrzut wartości RSK zaobserwowano dla mieszaniny o najmniejszej liczbie komponentów – mieszaniny Ekonomik Z. Zmiany jakości w czasie mają dla tej mieszaniny najbardziej burzliwy przebieg.
4. Zbliżone wartości rozrzutu RSK, średnie arytmetyczne RSK oraz odchylenia standardowe od średniej RSK uzyskano dla mieszanin Ekonomik Z (9 składnikowa) i Ekonomik RL (10 składnikowa). Świadczyć to może o podobnym charakterze przebiegu mieszania w czasie.
5. Przyjęta metodyka badań i metodyka analizy wyników badań jest możliwa do jej praktycznego zastosowania.

Bibliografia

- Aczel A. D.** 2005. Statystyka w zarządzaniu. PWN, Warszawa. 83-01-14548-X.
- Axe D, E.** 1995. Factors affecting uniformity of a mix. *Animal Feed Science and Technology* 53. s. 211-220.
- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN, Warszawa – Wrocław. ISBN 83-01-07058-7.
- Boss J., Tukiendorf M., Węgrzyn M.** 2000. Technologiczne sposoby przeciwdziałania segregacji wtórnej podczas transportu i magazynowania niejednorodnych układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(20) Kraków, s. 15-21.
- Chyt P., Karbowy A.** 2009. Metoda oceny mieszarki pasz sypkich. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2, s. 107-113.
- Chyt P., Karbowy A., Stańczuk J.** 2011. Analiza techniczno-ekonomiczna produkcji pasz pełnoporcjowych w gospodarstwach rodzinnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2. Warszawa. s. 99-106.
- Dymnicka M. (red.)**. 2001. Podstawy żywienia zwierząt. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa. ISBN 83-7244-196-0.
- Jamróż D. (red.)** 2006. Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. PWN, Warszawa. ISBN 978-83-01-14276-6.
- Karbowy A., Rynkiewicz M.** 2006. Ocena wpływu prędkości obrotowej ślimaka mieszającego z pionowym elementem roboczym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(78). Kraków. s. 89-93.
- Królczyk J., Tukiendorf M.** 2007. Ocena jakości wieloskładnikowej, niejednorodnej mieszaniny ziarnistej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 2(90). Kraków. s. 119-127.
- Makse H. A.** 1999. Kinematic segregation of granular mixtures in sandpiles. *The European Physical Journal B*. 7. s. 271-276.
- Romaniuk W., Karbowy A., Nagorski I., Seleznev A., Grishkov A.** 2000. Budowa i analiza modeli mieszarek do pasz pełnoporcjowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(17). Kraków. s. 233-239.
- Węgrzyn M.** 2006. Segregacja mieszanek paszowych podczas jednopunktowego zasypu zbiornika. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 11(86) Kraków. s. 503-510.

ANALYSIS OF QUALITY CHANGES OF MULTI-COMPONENT GRANULAR MIXTURE DURING MIXING PROCESS IN INDUSTRIAL FEED MANUFACTURING PLANT

Abstract. Analysis of quality changes of thirteen-component, heterogeneous granular mixture during mixing in the industrial feed mixer. The quality of mixture was determined by means of a parameter of univariant analysis of linear regression - residual sum of squares. Additionally, comparative analysis was carried out for particular statistical parameters of resid. sum of squares obtained values for thirteen -component mixture and nine-, ten-, and twelve -component mixtures obtained as a result of experimental studies previously carried out. The research was performed during mixing in the industrial feed production plant operating in the following system: mixer, charging hopper and bucket conveyor.

Key words: granular mixture, multi-component granular mixture, spiral mixer

Adres do korespondencji:

Jolanta Królczyk; e-mail: j.krolczyk@po.opole.pl
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska
ul. Mikołajczyka 5
45-271 Opole