

OCENA JAKOŚCI JEDENASTOSKŁADNIKOWEJ MIESZANINY ZIARNISTEJ PO SKRÓCENIU CZASU MIESZANIA

Jolanta Królczyk, Marek Tukiendorf, Rafał Dawid

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska

Streszczenie. W pracy dokonano oceny jakości jedenastoskładnikowej mieszanki ziarnistej w workach po 30 minutach mieszania w przemysłowym mieszalniku pasz oraz po skróceniu czasu mieszania do 25, 20 i 15 minut. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników jakości mieszanek zaproponowano skrócenie czasu mieszania o połowę przy jednoczesnym częstszym okresowym włączaniu mieszadła ślimakowego mieszalnika podczas procesu workowania.

Słowa kluczowe: wieloskładnikowa mieszanka ziarnista, mieszalnik ślimakowy, jakość mieszanki ziarnistej

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 [Boss 1987]. Większość rzeczywistych mieszanin ziarnistych spotykanych w praktyce przemysłowej to układy niejednorodne. Opisanie stanu takiej mieszanki i kinetyki procesu należą do podstawowych problemów mieszania. Do tej pory w literaturze niewiele jest prac badawczych opisujących zagadnienie mieszania układów niejednorodnych i wieloskładnikowych, gdzie mieszane są układy złożone z kilku bądź kilkunastu komponentów o kilku wymiarach i kształtach ziaren oraz różnej gęstości nasypowej. Niewiele też prac z zakresu mieszania układów wieloskładnikowych odnosi się do warunków przemysłowych. W mieszaniu materiałów ziarnistych spotykamy się z dużą liczbą kryteriów (tj. cechy mieszanych materiałów, cechy urządzenia mieszającego, warunki prowadzenia procesu), które brane są pod uwagę przy projektowaniu doborze mieszalnika [Boss 1987]. Często dobór mieszalnika ustala się na podstawie studiów literaturowych wynikających z danych doświadczalnych, a o doborze mieszalnika decydują analogie do indywidualnych założeń. Dlatego też zasadne jest kontynuowanie badań w tym obszarze.

Celem pracy była ocena jakości jedenastoskładnikowej mieszanki paszowej po 30 minutach mieszania (standardowy czas mieszania) oraz po skróceniu czasu mieszania po 25, 20 i 15 minut.

Metodyka badań

Do badań wykorzystano dwutonowy przemysłowy mieszalnik pasz – mieszalnik pionowy z mieszadłem ślimakowym o mocy mieszadła 5,5 kW. Wymiary oraz schemat mieszalnika zaprezentowano we wcześniejszej pracy autorów [Królczyk, Tukiendorf 2007]. Przedmiotem badań była mieszanka pasz dla gołębi o nazwie Ekonomik BK – bez pszenicy i kukurydzy. Jest to mieszanka ziarnista o jedenastu składnikach, której skład podany jest w tabeli nr 1. Masa zasypanej mieszanki do mieszalnika wynosiła 2100 kg. Mieszanie komponentów w mieszalniku następowało dzięki obrotom mieszadła ślimakowego oraz dodatkowo składniki były poddawane zewnętrznej recyrkulacji poprzez przenośnik kulekowy w czasie całego cyklu mieszania. Standardowy czas mieszania w zakładzie wynosi 30 minut. Próby do badań oceny jakości mieszaniny pobierano z worków (gotowych produktów) o masie 25 kg każdy. Koncentrację wszystkich składników określano dla jedenastu worków o kolejnych numerach: 4, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, 68, 76 i 84. Dla potrzeb eksperymentu wykonano cztery serie badawcze: pierwsza - dla 30 minut mieszania (standardowy czas mieszania), druga - dla 25 minut mieszania, trzecia - dla 20 minut mieszania, czwarta - dla 15 minut mieszania.

Tabela 1. Skład mieszaniny Ekonomik BK - udziały procentowe oraz masowe na wejściu
Table 1. The Ekonomik BK mixture composition - percent and mass shares at input

Lp.	Nazwa	Udział		Lp.	Nazwa	Udział	
		[%]	[kg]			[%]	[kg]
1	Groch zielony	14,29	300	7	Słonecznik	3,81	80
2	Groch żółty	24,29	510	8	Proso	6,67	140
3	Peluszka	20,48	430	9	Wyka brązowa	2,38	50
4	Sorgo	12,38	260	10	Ryż biały	2,38	50
5	Dari	5,71	120	11	Owies łuszc.	4,76	100
6	Kardi	2,86	60		Razem	100,00	2100

Źródło: Ovigor®

Dodatkowo w mieszalni pasz praktykuje się okresowe włączanie mieszadła w czasie workowania ze względu na zaobserwowany proces segregacji wtórnej. Dlatego też w eksperymencie również uwzględniono ten proces: po zasypie 40 oraz 70 worka mieszadło jest włączane na 1 minutę, przy czym nie dokonuje się workowania w tym czasie. Dodatkowo mieszadło jest uruchomione od 81 do 84 worka i pracuje cały czas do zakończenia workowania.

Próbki z badań rozdzielono ręcznie na poszczególne składniki, a następnie ważono. Na tej podstawie dane otrzymane w wyniku eksperymentu (wartości masowe) przeliczono na udziały procentowe. Przykładowe wybrane wyniki eksperymentu zaprezentowano na rys. 1–3.

Do analizy statystycznej zmian jakości mieszaniny w kolejnych workach zastosowano metodę analizy statystycznej polegającą na określeniu jakości poszczególnych mieszanin za pomocą resztowej sumy kwadratów (RSK).

Wymodelowano związki między dwiema zmiennymi:

- zmienną zależną Y (wynikową) – docelowym rozkładem częstości składników,
- zmienną niezależną X (objaśnianą) – rozkłady udziałów poszczególnych składników w kolejnych odstępach czasowych.

Następnie dokonano analizy błędów zaobserwowanych w wyniku dopasowania modelu regresji do danych metodą najmniejszych kwadratów. Zaobserwowane błędy informują, na ile wyniki obserwacji nie zostały wyjaśnione przez model.

Resztowa suma kwadratów jest zdefiniowana następująco:

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

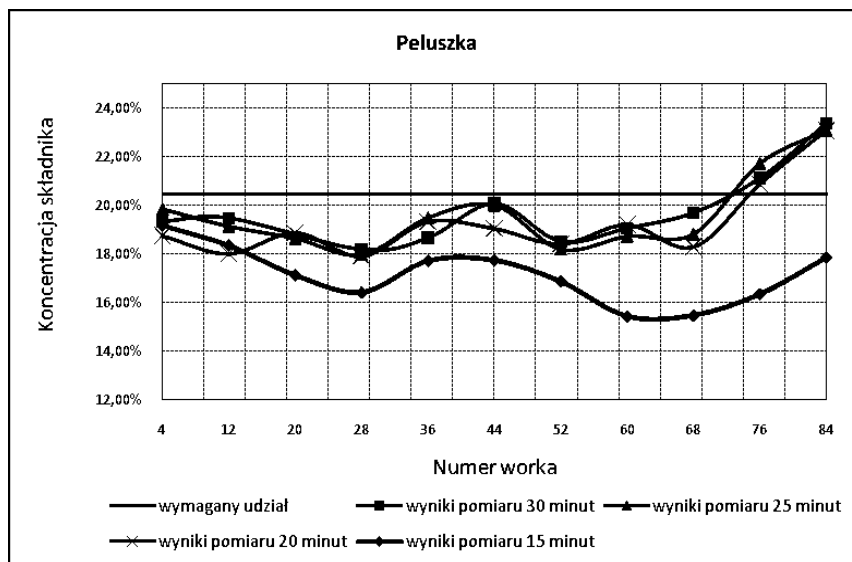
gdzie:

- 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].

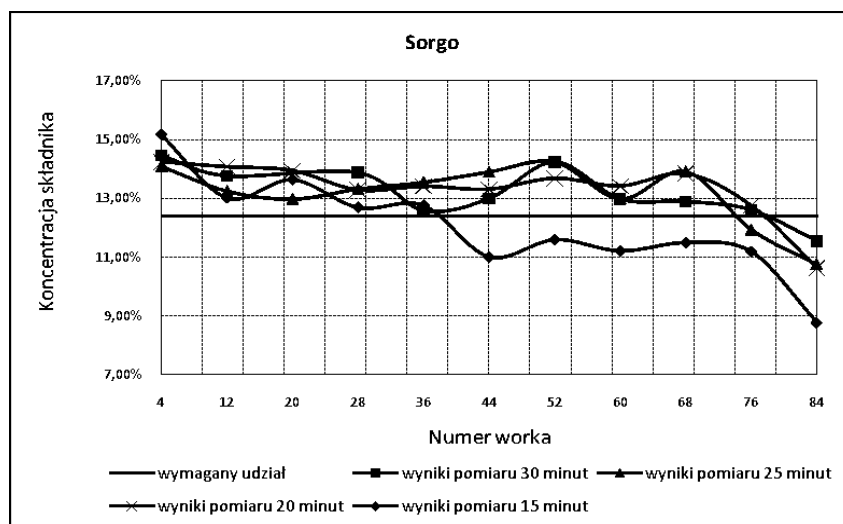
Gdy RSK jest równa zero, wówczas udziały wszystkich komponentów w określonym punkcie czasowym są równe wartościom docelowym, a więc uzyskuje się najlepszą jakość mieszaniny. Wyniki opracowania statystycznego zaprezentowano zbiorczo na rys. 4. dla 30, 25, 20 i 15 minut mieszania. Wartości RSK odpowiadające jakości mieszanki połączono linią ciągłą, aby zaobserwować tendencje zmian jakości w kolejnych workach otrzymywanych w czasie workowania.

Wyniki badań i ich analiza

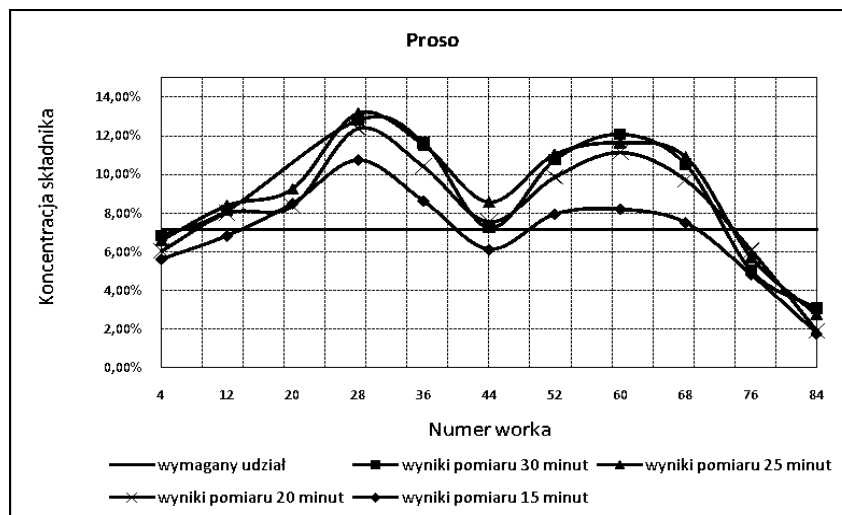
Na wykresach rys. 1–3 przedstawiono zmiany koncentracji wybranych składników mieszanki (peluszką, sorgo, proso) w kolejnych workach. Dodatkowo na wykresach połączono linią wartości koncentracji składnika wyrażonego w % i odpowiadające tej samej serii badawczej, czyli odpowiednio dla 30, 25, 20 i 15 minut mieszania w kolejnych numerach worka. Linia posłużyła do zobrazowania tendencji zmian koncentracji w kolejnych numerach worka, gdzie numeracja worków podana na rys. 1–3 odpowiada kolejności napełniania worków ze spustu mieszalnika.



Rys. 1. Koncentracja peluszki badana w workach
 Fig. 1. Pisum arvense concentration tested in bags



Rys. 2. Koncentracja sorga badana w workach
 Fig. 2. Sorghum concentration tested in bags

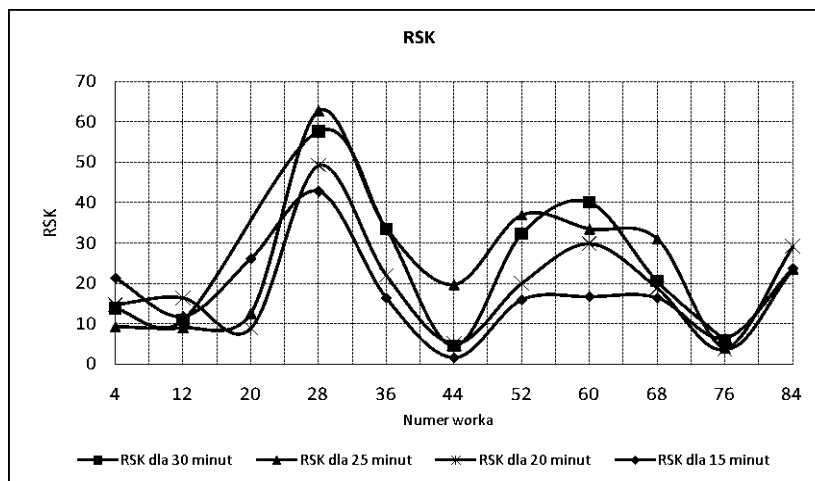


Rys. 3. Koncentracja prosa badana w workach
 Fig. 3. Millet concentration tested in bags

Analizując rys. 1 można zauważyć, że koncentracja peluszek wzrasta w końcowym etapie workowania. Jej udział podczas 15 minut mieszania jest zdecydowanie niższy, niż w przypadku mieszania przez 20, 25 i 30 minut i mniejszy od wymaganego przez producenta.

Ciekawy przebieg zmian koncentracji można zaobserwować na rys. 2. Udział sorga w większości badanych worków jest wyższy niż wartość wymagana przez producenta. W końcowym etapie workowania koncentracja sorga spada i jest niższa od wymaganego udziału. W przypadku rys. 3 koncentracja prosa jest zróżnicowana w zależności od fazy workowania. Na początku osiąga wymaganą wartość, a potem cały czas wzrasta, aż do 28 worka. Później spada, aż do 44 worka i znowu rośnie do 60 worka. Od 60 worka do końca cały czas spada, gdzie osiąga zdecydowanie niższy udział niż udział oczekiwany. Takie zjawisko można wytłumaczyć okresowym włączaniem mieszadła urządzenia, tak jak to opisano w metodyce prowadzenia eksperymentu. Po zasypie 40 oraz 70 worka mieszadło pracuje 1 minutę, po czym dokonuje się dalszego workowania. Po napełnieniu 80 worka mieszadło pracuje w czasie workowania aż do opróżnienia mieszalnika.

Podsumowaniem zmian jakości mieszaniny jest wykres resztowej sumy kwadratów w kolejnych workach. Wyraźnie widać wzrost wartości RSK w worku o numerze 20, 28, 36, a zatem pogorszenie jakości mieszanki. Następnie w worku nr 44 jakość znacznie się poprawia, bo znowu się pogorszyć w workach o nr 52, 60, 68. Kolejną poprawę jakości obserwujemy w worku nr 76. Jest to związane z okresowym włączaniem mieszadła na 1 minutę. Widać również, że zmiany jakości w workach dla 30, 25, 20 i 15 minut mają podobny przebieg. Dlatego też zaproponowano skrócenie czasu mieszania przy jednoczesnym częstszym, np. co 10 minut, włączaniu mieszadła podczas procesu workowania



Rys. 4. Wykres zmian resztowej sumy kwadratów badany w workach uzyskany dla mieszaniny Ekonomik BK dla 30, 25, 20 i 15 minut mieszania

Fig. 4. Diagram of changes in residual sum of squares examined in bags, obtained for the Ekonomik BK mixture for 30, 25, 20 and 15 minutes of mixing

Wnioski

1. Zmiany jakości mieszanki w kolejnych workach dla 30, 25, 20 i 15 minut mieszania mają zbliżony przebieg niezależnie od czasu mieszania w mieszalniku. Dlatego też zaproponowano skrócenie czasu mieszania.
2. Zauważono wpływ okresowego włączania mieszadła mieszalnika na przebieg zmian zarówno w przypadku prezentowych na wykresach zmian koncentracji składników w workach (wyrażonych w %), jak i zmian jakości mieszaniny w workach (wyrażonej za pomocą parametru RSK). Okresowe włączanie mieszadła wpływa na ustabilizowanie koncentracji składników oraz jakości mieszaniny i zbliżenie do wartości wymaganych przez producenta w recepturze mieszanki.
3. Zaproponowano okresowe włączanie mieszadła ślimakowego mieszalnika podczas workowania na 1 minutę, np. co 10 worków, w celu uzyskania lepszej jakości mieszanki.

Bibliografia

- Aczel A. D. 2005. Statystyka w zarządzaniu. PWN. Warszawa. 83-01-14548-X.
 Boss J. 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN. Warszawa – Wrocław. ISBN 83-01-07058-7.
 Królczyk J., Tukiendorf M. 2007. Ocena jakości wieloskładnikowej, niejednorodnej mieszaniny ziarnistej. Inżynieria Rolnicza. Nr 2 (90). s. 119-127.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Artykuł współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



QUALITY ASSESSMENT OF AN ELEVEN-COMPONENT GRANULAR MIXTURE AFTER MIXING TIME REDUCTION

Abstract. The research involved quality assessment of an eleven-component granular mixture in bags after 30 minutes of mixing in an industrial feed mixer and after mixing time reduction to 25, 20 and 15 minutes. Completed analysis of mixture quality results provided grounds to propose mixing time reduction by half, accompanied by simultaneous more frequent periodic activation of worm agitator in the mixer during bagging process.

Key words: multi-component granular mixture, worm agitator, granular mixture quality

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