

OKREŚLENIE EFEKTYWNEGO CZASU MIESZANIA Z RECYRKULACJĄ SKŁADNIKÓW DLA DZIESIĘCIOSKŁADNIKOWEJ MIESZANKI PASZOWEJ

Jolanta Królczyk

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań oceniających jakość mieszanki paszowej otrzymanej w wyniku mieszania w przemysłowym mieszalniku pasz z przebiegającą dodatkowo recyrkulacją składników. Proces mieszania trwał trzydzieści minut. Przedmiotem do badań była dziesięcioskładnikowa mieszanka paszowa dla gołębi o nazwie RL Ekonomiczna. Wykorzystując test t-Studenta dokonano podziału procesu na dwa etapy i wyznaczono czas efektywnego mieszania.

Słowa kluczowe: mieszanka paszowa, jakość mieszaniny ziarnistej, mieszalnik pasz

Wprowadzenie

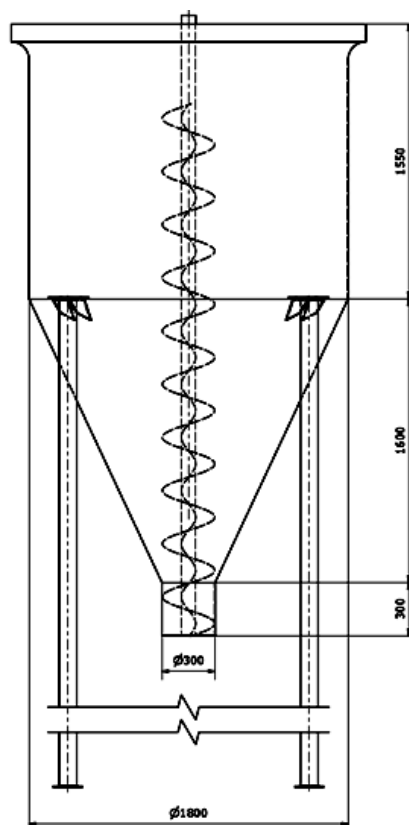
Celem mieszania jest uzyskanie równomiernego, przestrzennego rozproszenia wszystkich składników w taki sposób, aby uzyskać mieszaninę o wymaganej jednorodności. Pod pojęciem jednorodności wieloskładnikowej mieszanki należy rozumieć układ, w którym cząstki wszystkich składników wykazują stałą koncentrację w całej objętości mieszanki. Konstruktorzy mieszarek i producenci pasz dążą do tego, aby mieszarka pozwalała na uzyskanie takiego układu w każdej możliwie najmniejszej objętości próbki paszy, co jest wymagane ze względów żywieniowych. Rodzaj i ilość stosowanych pasz istotnie wpływa na koszty produkcji, 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].

Kinetyka procesu mieszania, czyli jego rozwój w czasie, jest jednym z najważniejszych problemów praktyki i teorii w technologiach pozyskiwania mieszanin o możliwie jednorodnym składzie. Operacje mieszania są trudne do opisu teoretycznego, gdyż wiele czynników ma wpływ na jego przebieg. W praktyce każdy surowiec ma zróżnicowany skład pod względem wymiarów cząstek, co utrudnia ich rozmieszczenie [Boss 1987, Grochowicz 1998].

Celem pracy było określenie efektywnego czasu mieszania dziesięcioskładnikowej mieszanki paszowej o nazwie RL Ekonomiczna prowadzonego w przemysłowym mieszalniku z przebiegającą dodatkowo recyrkulacją składników.

Metodyka badań

Do badań wykorzystano pionowy mieszalnik pasz z mieszadłem ślimakowym o mocy mieszadła 5,5 kW. Wymiary oraz schemat mieszalnika zaprezentowano na rys. 1. Przedmiotem badań była mieszanka pasz dla gołębi o nazwie RL Ekonomiczna, której skład podano w tabeli 1. Masa zasypanej mieszanki wynosiła 2200 kg. Mieszane komponenty były dodatkowo poddawane zewnętrznej recyrkulacji poprzez przenośnik kubelkowy w czasie całego cyklu mieszania trwającego 30 minut. Próby do badań pobierane były w odstępach półminutowych za spustu mieszalnika począwszy od pierwszej minuty mieszania. W ten sposób otrzymano 60 prób średniej masie próbki 0,139 kg, które następnie ręcznie rozdzielano na poszczególne składniki. Rozdzielone komponenty ważono, a udziały masowe przeliczono na udziały procentowe.



Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 1. Schemat mieszalnika pasz
Fig. 1. Scheme of the feed mixer

Określenie efektywnego czasu...

Tabela 1. Skład mieszaniny RL Ekonomiczna - udziały procentowe oraz masowe na wejściu
Table 1. The composition of the RL Economic mixture – percentage and mass portion on the input

Lp.	Nazwa	Udział	
		[%]	[kg]
1	Kukurydza	36,35	800,00
2	Pszenica	29,09	640,00
3	Peluszka	8,64	190,00
4	Sorgo	6,82	150,00
5	Proso żółte	6,82	150,00
6	Groch żółty	6,14	135,00
7	Groch zielony	2,27	50,00
8	Słonecznik czarny	1,82	40,00
9	Wyka brązowa	1,14	25,00
10	Dari	0,91	20,00
	RAZEM	100,00	2200

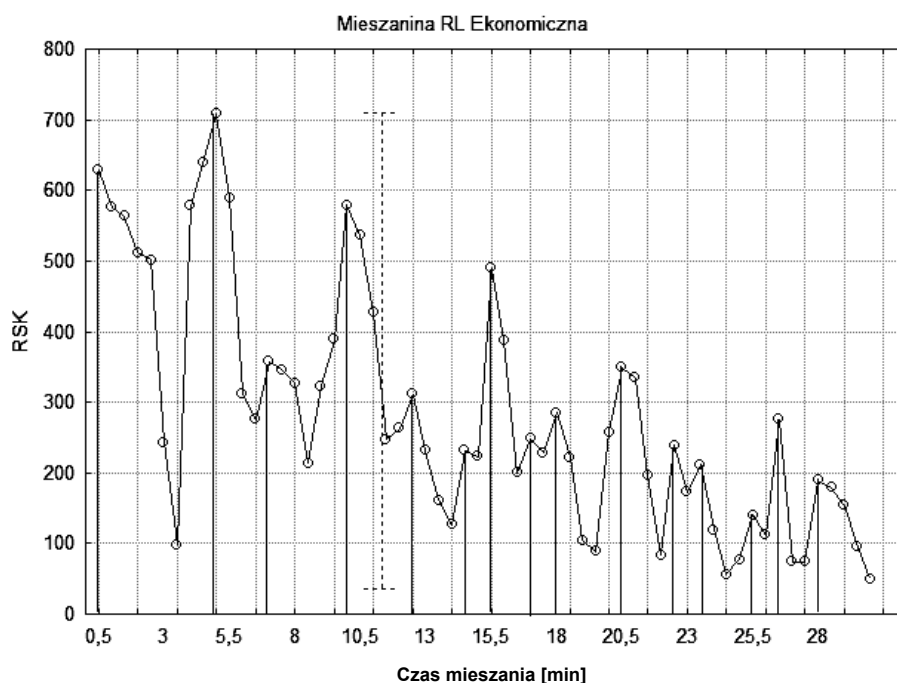
Źródło: Ovigor®

W pierwszym kroku analizy statystycznej do określenia zmian jakości mieszaniny w czasie wykorzystano opisaną wcześniej resztową sumę kwadratów (RSK) (rys. 2) [Królczyk, Tukiendorf 2010]. Wymodelowano związki między dwiema zmiennymi: zmienną zależną Y – docelowym rozkładem częstości składników oraz zmienną niezależną X – rozkładem udziałów poszczególnych składników w kolejnych odstępach czasowych, a następnie dokonano analizy błędów zaobserwowanych w wyniku dopasowania modelu regresji do danych metodą najmniejszych kwadratów. Zmienna RSK uzyskuje wartość zero jeśli udziały wszystkich komponentów w określonym punkcie czasowym są równe wartościom docelowym.

Opierając się na prowadzonych wcześniej badaniach [Królczyk, Tukiendorf 2008] w drugim kroku analizy statystycznej dokonano podziału procesu na dwa etapy: zmian burzliwych oraz łagodnych. Etap zmian burzliwych określono również jako etap efektywnego mieszania, po upływie którego jakość mieszanek paszowych nie ulega znaczącej poprawie i dalsze mieszanie jest nieekonomiczne. Do określenia efektywnego czasu mieszania wykorzystano test t-Studenta. Określono wartości lokalnych maksimum funkcji, czyli największe wartości odchylenia pomiędzy wartością RSK=0 a największą lokalną wartością maksimum (amplitudy). Następnie dokonano podziału procesu na dwa etapy biorąc pod uwagę wszystkie możliwości podziału procesu, a więc dokonano analizy 14 możliwych przypadków tego podziału. Zestawiono wartości amplitud RSK wraz z odpowiadającymi im minutami procesu mieszania i wykonano test t-Studenta do porównywania dwóch wartości średnich populacji o rozkładach normalnych i jednorodnych wariancjach. Obliczenia statystyczne wykonane zostały w programie Statistica 9.0. W kolejnych krokach obliczano wartości poziomu istotności testu p dla różnych przypadków podziału procesu. Do wyznaczenia podziału procesu na dwa etapy wybrano wartość minimalną testu t-Studenta dla grup różniących się istotnie statystycznie.

Wyniki badań i ich analiza

Na wykresie (rys. 2) przedstawiono zmiany jakości mieszanki paszowej RL Ekonomicznej. Można zauważyć, że poprawia się jakość mieszaniny wraz z upływem kolejnych minut mieszania. Do wyznaczenia etapu efektywnego mieszania (burzliwego mieszania) wykorzystano wspomniany wcześniej test t-Studenta. Można zaobserwować lokalne maksimum i minimum funkcji przedstawiającej zmiany jakości mieszaniny w czasie. Do dalszej analizy przyjęto największe wartości odchyłeń pomiędzy wartością $RSK=0$ a największą lokalną wartością maksimum (amplitudy). Na wykresie (rys. 2) zaznaczono w sposób graficzny wspomniane amplitudy jako linie ciągłe.



Źródło: obliczenia własne autora

Rys. 2. Wykres zmian jakości mieszanki paszowej RL Ekonomicznej

Fig. 2. The graph presenting quality changes of the RL Economic feed mixture

Założenia o normalności rozkładu sprawdzono stosując test Shapiro – Wilka dla wyznaczonych dwóch etapów mieszania: etapu efektywnego mieszania (burzliwych zmian) oraz etapu nieefektywnego mieszania (łagodnych zmian). Wyniki obliczeń dla podziału procesu mieszania na dwa etapy dla przypadku o najmniejszej wartości poziomu istotności p testu t-Studenta (por. tab. 2) wyniosły odpowiednio: dla etapu efektywnego mieszania dla $n=4$ $W = 0,9166$ i $p = 0,5183$, a dla etapu nieefektywnego mieszania dla $n = 11$ $W = 0,9193$

Określenie efektywnego czasu...

i $p = 0,3130$. Ponieważ poziom istotności p jest większy od $0,05$ dla badanych przypadków brak jest więc podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu. Jednorodność wariancji sprawdzono testem Fishera. Badane są dwie populacje generalne mające odpowiednio rozkłady normalne $N(m_1, \sigma_1)$ i $N(m_2, \sigma_2)$, gdzie parametry tych rozkładów są nieznane. Dane są dwie próby o liczebnościach podanych w tab. 2. Na podstawie wyników prób sprawdzamy hipotezę $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, wobec hipotezy alternatywnej $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Wartość statystyki F dla wyznaczonych etapów mieszania wyniosły $f = 2,6186$ i $p = 0,2172$. Ponieważ p jest większe od $0,05$ brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy o jednorodności wariancji dla badanych przypadków. Podobnie jak w przypadku testu normalności, również i tu podano wyniki obliczeń dla podziału procesu mieszania na dwa etapy dla przypadku o najmniejszej wartości poziomu istotności p testu t-Studenta.

Badamy teraz dwie populacje mające rozkłady normalne $N(m_1, \sigma_1)$ oraz $N(m_2, \sigma_2)$, odchylenia standardowe są nieznane, ale jednakowe, tzn. zachodzi $\sigma_1 = \sigma_2$. Na podstawie dwóch prób o liczebnościach podanych w tab. 2 weryfikujemy hipotezę $H_0 : m_1 = m_2$ wobec hipotezy alternatywnej $H_1 : m_1 \neq m_2$. Wybrane wyniki obliczeń statystyki t podano w tab. 2. Do wyznaczenia podziału procesu na dwa etapy wybrano wartość minimalną testu t-Studenta wynoszącą $p = 0,00042$. Tak więc w etapie zmian burzliwych znalazły się cztery wartości amplitud do 10,5 minuty procesu mieszania, natomiast etap zmian nieefektywnego mieszania rozpoczął się od minuty 12,5. Podział procesu na dwa zaznaczono graficznie na wykresie (rys. 2), a jako granicę podziału wyznaczono wartość 11,5 minut.

Tabela 2. Wartości poziomu istotności testu t-Studenta dla wybranych przypadków podziału procesu na dwa etapy

Table 2. Values of significance level of the Student's t-test for all cases of process division into two stages

Lp.	Liczebność prób		t	p
	n_1	n_2		
1	1	14	1,80758	0,09386
2	2	13	4,10878	0,00123
3	3	12	3,05802	0,00916
4	4	11	4,69753	0,00042
...
11	11	4	2,23625	0,04350
12	12	3	1,78894	0,09694
13	13	2	1,03651	0,31886
14	14	1	0,96129	0,35395

Źródło: obliczenia własne autora

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej można powiedzieć, iż efektywny czas mieszania mieszanki paszowej o podanym powyżej składzie procentowym poszczególnych komponentów wynosi 11,5 minuty. Począwszy od 12 minuty rozpoczyna się dla tej mieszaniny okres niewielkich zmian jakości (nieefektywny), gdzie dalsze mieszanie nie przynosi wyraźnej poprawy efektów mieszania. Na tej podstawie można przyjąć założenie o skróceniu czasu mieszania o 18 minut, a więc o 60%.

Wnioski

1. Zaprezentowana w pracy metodyka obliczeń podziału procesu mieszania na dwa etapy jest narzędziem statystycznym pozwalającym w obiektywny sposób określić efektywny czas mieszania wieloskładniowych mieszanin ziarnistych podczas mieszania z recyrkulacją składników.
2. Dla badanej w eksperymencie mieszaniny o nazwie RL Ekonomiczna czas efektywnego mieszania wyniósł 11,5 minut. Czas mieszania nieefektywnego, gdzie nie zaobserwowano wyraźnej poprawy jakości mieszanki paszowej, wyniósł 18 minut (od 12 do 30 minuty).
3. Proponuje się skrócenie czasu mieszania o czas nieefektywnych zmian, który wyniósł 18 minut, co stanowi 60% ze standardowego czasu mieszania.

Bibliografia

- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN. Warszawa – Wrocław. ISBN 83-01-07058-7.
- Dymnicka M.** (red.), 2001. Podstawy żywienia zwierząt. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa. ISBN 83-7244-196-0.
- Grochowicz J.** (red.) 1998. Zaawansowane techniki wytwarzania przemysłowych mieszanek paszowych. Lublin. PAGROS. ISBN 83-910152-0-3.
- Jamróż D.** (red.) 2006. Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. PWN, Warszawa. ISBN 978-83-01-14276-6.
- Królczyk J., Tukiendorf M.** 2008. Wyznaczenie efektywnego czasu mieszania w mieszalniku z mieszadłem ślimakowym. Inżynieria Rolnicza. Nr 6 (104) 2008. s. 77-82.
- Królczyk J., Tukiendorf M.** 2010. Modelowanie procesu mieszania wieloskładnikowych układów ziarnistych za pomocą regresji nieliniowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 3(121). s. 83-88.
- StatSoft, Inc. (2010). STATISTICA (data analysis software system), version 9.1. www.statsoft.com.

ESTIMATION OF EFFECTIVE MIXING TIME WITH COMPONENTS RECIRCULATION FOR 10-COMPONENT FEED MIXTURE

Abstract. The paper presents the results of experiments evaluating the quality of feed mixture obtained by mixing in the industrial feed mixer accompanied by additional component recirculation. The mixing process lasted thirty minutes. Ten-component RL Economic feed mixture for pigeons was the subject of the study. With the use of the Student's t – test, the process was divided into two stages and effective time of mixing was determined.

Key words: feed mixture, granular mixture quality, feed 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