

## PRÓBA OKREŚLENIA WPLYWU CZASU MIESZANIA NA ILOŚĆ ZANIECZYSZCZEŃ W MIESZANKACH PASZOWYCH

*Jolanta Królczyk*

*Katedra Inżynierii Biosystemów, Politechnika Opolska*

**Streszczenie.** Zakres pracy obejmował przeprowadzenie eksperymentów badawczych dla mieszanek o 8, 12 i 14 składnikach dla różnych czasów mieszania: 20, 30, 40, 50 i 60 minut. Celem pracy było określenie, czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy ilością otrzymanych odpadów w produkcie końcowym a czasem mieszania wynoszącym 20, 30, 40, 50 i 60 minut. Dokonano również analizy ilości zanieczyszczeń w produkcie w zależności od rodzaju mieszanki i czasu mieszania. Za pomocą testu Kruskala-Wallisa wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami oczekiwanymi udziałów procentowych zanieczyszczeń dla czasów mieszania 20, 30, 40, 50 i 60 minut oraz podano różniące się pary. Jednocześnie wykazano brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy rozkładem dystrybucji udziału procentowego zanieczyszczeń we wszystkich mieszankach dla 20 i 30 minut mieszania, dlatego można skrócić czas mieszania z 30 do 20 minut bez pogorszenia jakości produktu. Ponadto wysunięto wniosek, że im więcej składników jest obecnych w mieszaninie, tym większy udział procentowy odpadów obserwowany jest w produkcie końcowym.

**Słowa kluczowe:** mieszanka paszowa, mieszalnia pasz, produkcja pasz, zanieczyszczenia

### Wprowadzenie

Do mieszania materiałów ziarnistych stosuje się różne aparaty i urządzenia. Różnorodność aparatury wynika ze specyfiki procesu i mieszanych komponentów, wymagań i zależy od gałęzi przemysłu (Boss, 1987; Cullen, 2009; Hogg, 2009; Nienow i in., 1992; Obregón i in., 2010). W przemyśle spotykanych jest wiele rozwiązań konstrukcyjnych mieszalników, a jednym z nich, spotykanych w przemyśle paszowym, jest mieszalnik z pionowym mieszadłem wstęgowym (Dryden, 2008; Stręk, 1971).

Surowce do produkcji mieszanek paszowych zawierają zwykle, oprócz materiału podstawowego, pewne domieszki, które należy usunąć. W skład zanieczyszczeń do usunięcia mogą wchodzić nasiona chwastów czy zanieczyszczenia mineralne (Grochowicz, 1994; Grochowicz 1996). Zanieczyszczenia znajdujące się w surowcach paszowych można po-

dzielić na drobne (piasek, pył), grube (pochodzenia organicznego oraz nieorganicznego, np. kamienie, etykiety, elementy metalowe) i ferromagnetyczne (Grochowicz, 1996; Grochowicz, 1998; Popielarski i Tylżanowski, 1974; Tylżanowski 1970).

## **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było określenie, czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy ilością otrzymanych odpadów w produkcji a czasem mieszania wynoszącym 20, 30, 40, 50 i 60 minut. Dokonano również analizy ilości zanieczyszczeń w produkcji w zależności od rodzaju mieszanki i czasu mieszania.

Zakres pracy obejmował przeprowadzenie eksperymentów badawczych dla mieszanek o 8, 12 i 14 składnikach dla różnych czasów mieszania: 20, 30, 40, 50 i 60 minut.

## **Metodyka badań**

Badania eksperymentalne przeprowadzono w przemysłowej mieszalni pasz. Wymiary mieszalnika podano we wcześniejszych pracach autorki (Królczyk, 2011; Królczyk, 2012). Schemat linii technologicznej oraz parametry urządzeń podano w innej pracy autorki (Królczyk, 2013). Surowce dostarczane do mieszalni pasz podlegają czyszczeniu wstępnemu

w czyszczalni, a następnie są magazynowane w silosach. Część surowców, które występują w recepturach mieszain w małych ilościach, nie jest magazynowana w silosach, lecz w workach, np. ryż biały, słonecznik czarny, owies łuszczone. Proces naważania surowców zmagazynowanych w silosach odbywa się na przenośniku taśmowym wyposażonym w czujnik tensometryczny. Uruchomienie procesu mieszania poprzedzone jest czyszczeniem dokładnym na sitach przesiewacza wibracyjnego, umieszczonego za przenośnikiem taśmowym. Surowce dozowane w ustalonej kolejności (najpierw większe, a potem mniejsze wymiary średnic) trafiają następnie poprzez kosz zasypowy i przenośnik kubelkowy do mieszalnika. Po zasypaniu wszystkich składników receptury uruchamiany jest mieszalnik pasz oraz prowadzona jest dodatkowo recyrkulacja przez przenośnik kubelkowy. Recyrkulacja polega na wysypywaniu mieszanki w miejscu spustu z mieszalnika, a następnie kierowana jest ona do kosza zasypowego i przenośnika kubelkowego, skąd trafia z powrotem do mieszalnika. Celem recyrkulacji jest uzyskanie większej czystości mieszanki, czyli pozabawienie zanieczyszczeń, które dzięki recyrkulacji są usuwane w większej ilości, głównie przez odciąg wiórów i pyłów oraz cyklon. Zdaniem producenta paszy wprowadzona dodatkowo recyrkulacja jest konieczna, aby zwiększyć skuteczność czyszczenia paszy z plewek i pyłów. Przedmiotem badań były trzy mieszanki pasz różniące się recepturą. Recepturę mieszanek pasz przedstawiono w tabeli 1. Przedmiotem analizy była ilość zanieczyszczeń otrzymywanych w produkcji. W tym celu pobrano z 10 wybranych worków gotowego produktu próby do analizy w trakcie procesu workowania. Dla każdego z worków pobrano 3 próby z różnych wysokości worka (dolna, środkowa, górna).

## Próba określenia wpływu...

Masa zasypanych do mieszalnika komponentów wynosiła 2100 kg (dla paszy o 8 i 14 składnikach) oraz 2200 kg (dla paszy 12-składnikowej). Dla mieszanek pasz 8- i 14-składnikowej pobrano próby dla 20, 30, 40, 50, 60 minut mieszania, natomiast dla mieszanki 12-składnikowej dla 20, 30, 40, 50 minut mieszania. Jako zanieczyszczenia w produkcji sklasyfikowano również ziarna, które nie wchodziły w skład receptury.

Tabela 1  
*Skład surowcowy badanych mieszanek paszowych*  
Table 1  
*Ingredients in the studied compound feeds*

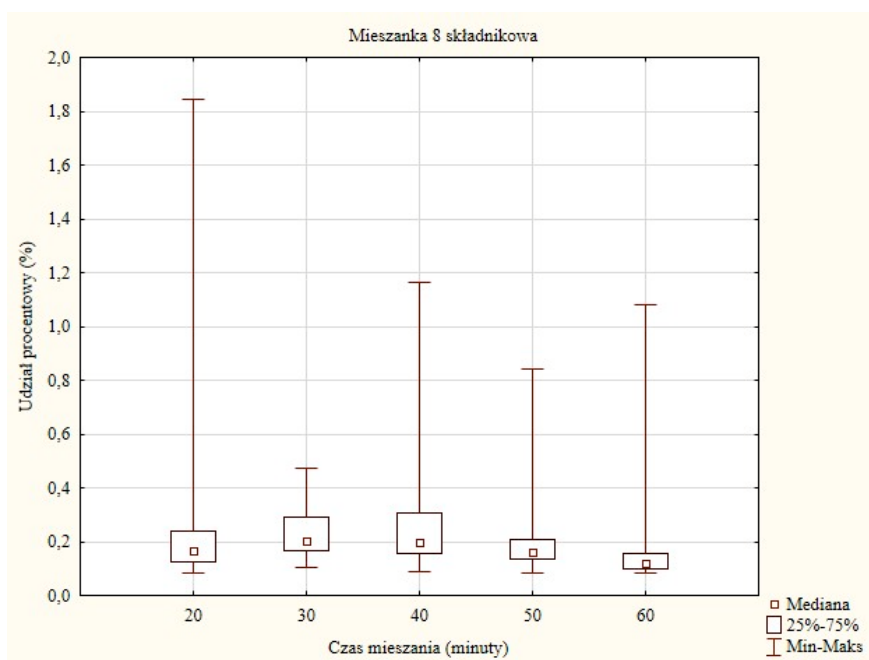
Lp.	Komponenty mieszanin ziarnistych	Mieszanka pasz 8	Mieszanka pasz 12	Mieszanka pasz 14
		składnikowa	składnikowa	składnikowa
Udział procentowy (%)				
1	Dari	0,95	2,27	7,14
2	Groch zielony	3,81	3,64	5,71
3	Groch żółty	9,05	6,36	9,52
4	Kardi	-	-	1,91
5	Kukurydza czerwona	-	4,55	4,76
6	Kukurydza żółta	30,48	31,82	38,10
7	Owies łuszczony	-	-	2,38
8	Peluszka	-	0,91	3,81
9	Proso czerwone	-	1,14	1,19
10	Proso żółte	4,76	6,59	7,38
11	Pszenica	40,95	30,00	-
12	Ryż biały	-	-	1,19
13	Słonecznik czarny	1,43	1,36	2,86
14	Sorgo	8,57	10,00	12,62
15	Wyka jasna	-	1,36	1,43
Suma		100,00	100,00	100,00

## Wyniki badań

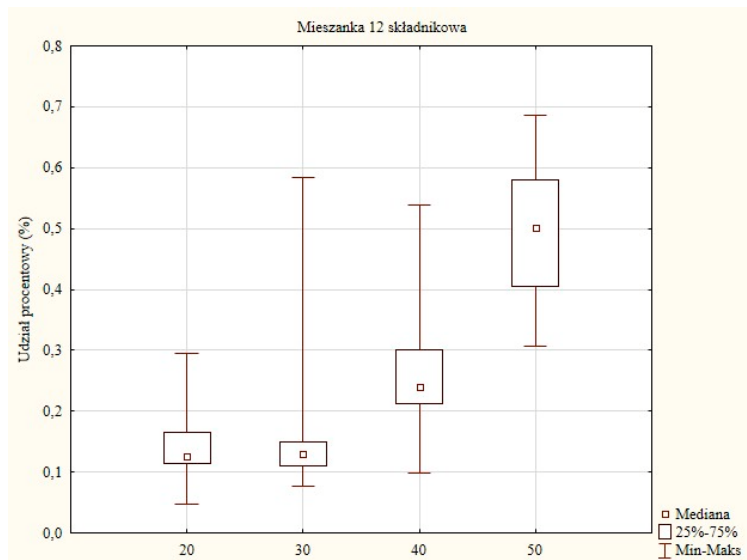
Poniżej zaprezentowano tabelę z wynikami badań (tab. 2), które posłużyły do dalszych obliczeń. Wybrane podstawowe statystyki opisowe odniesione do udziałów procentowych dla poszczególnych mieszanek pasz w zależności od czasu mieszania przedstawiono graficznie na rysunkach 1-3.

Tabela 2  
*Udziały procentowe zanieczyszczeń w produkcji*  
 Table 2  
*Percentage shares of impurities in the product*

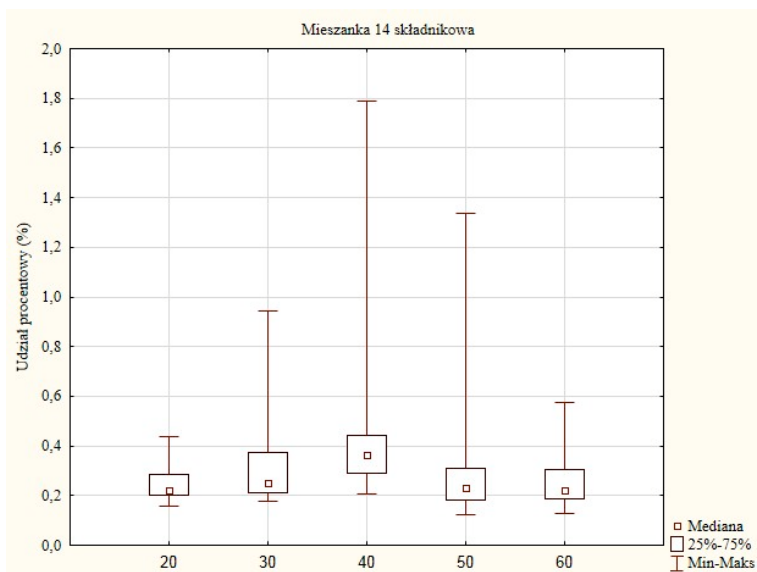
Czas miesz. (minuty)	Mieszanka 8 składników					Mieszanka 12 składników					Mieszanka 14 składników				
	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
Lp./nr próbki	Udział procentowy zanieczyszczeń (%)														
1/1a	0,10	0,20	0,13	0,15	0,08	0,11	0,15	0,23	0,51	0,44	0,20	0,32	0,19	0,15	
2/1b	0,11	0,20	0,89	0,08	0,08	0,05	0,14	0,21	0,51	0,23	0,36	0,24	0,31	0,22	
3/1c	0,12	0,27	0,18	0,11	0,20	0,11	0,13	0,19	0,36	0,19	0,21	0,24	0,15	0,31	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
28/10a	0,24	0,29	0,16	0,15	0,09	0,13	0,12	0,41	0,52	0,30	0,19	0,38	0,18	0,17	
29/10b	0,74	0,17	0,38	0,09	1,09	0,21	0,21	0,13	0,41	0,21	0,22	0,30	0,83	0,26	
30/10c	1,86	0,20	1,17	0,21	0,11	0,30	0,29	0,26	0,62	0,29	0,42	0,39	1,34	0,22	
Średnia	0,25	0,23	0,28	0,19	0,16	0,14	0,16	0,26	0,49	0,24	0,32	0,44	0,31	0,26	
	Średnia: 0,22					Średnia: 0,26					Średnia: 0,31				



Rysunek 1. Wybrane statystyki dla mieszanki pasz 8-składnikowej  
 Figure 1. Selected statistics for the 8-ingredient compound feed



Rysunek 2. Wybrane statystyki dla 12-składnikowej mieszanki pasz  
Figure 2. Selected statistics for the 12-ingredient compound feed



Rysunek 3. Wybrane statystyki dla 14-składnikowej mieszanki pasz  
Figure 3. Selected statistics for the 14-ingredient compound feed

Analiza statystyczna wyników badań polegała na wykazaniu czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy ilością otrzymanych zanieczyszczeń w zależności od czasu mieszania 20, 30, 40, 50 i 60 minut. Z jednej strony dla producenta niezwykle ważny jest aspekt zapewnienia homogeniczności mieszanki, a z drugiej specyfika produkcji pasz dla gołębi i innych ptaków wymaga dostarczenia pasz pozbawionych zanieczyszczeń, takich jak pyły czy plewy. Przeanalizowano również wyniki pod kątem skrócenia czasu mieszania z 30 do 20 minut z zachowaniem dobrej jakościowo mieszanki pasz. Do analizy wykorzystano nieparametryczny test U Manna–Whitneya oraz nieparametryczny test Kruskala–Wallisa. Uzupełnieniem przedstawionej analizy jest inny artykuł autorki (Królczyk, 2013).

## Analiza wyników badań

Na podstawie analizy średnich z tabeli 2 dla poszczególnych mieszanek pasz można wyciągnąć następujący wniosek: im więcej składników, tym większy udział procentowy odpadów w produkcji. Dla mieszanki 8-składnikowej średnia ilość odpadów w produkcji wyniosła 0,22% (zakres średnich dla poszczególnych mieszanek pasz – 0,16% i 0,28%). Dla mieszanki 12-składnikowej średnia ilość odpadów w produkcji wyniosła 0,26% (zakres średnich dla poszczególnych mieszanek pasz – 0,14% i 0,49%). Dla mieszanki 14-składnikowej średnia ilość odpadów w produkcji wyniosła 0,31% (zakres średnich dla poszczególnych mieszanek pasz – 0,24% i 0,44%).

W dalszej analizie sprawdzano, czy występują istotne różnice pomiędzy czasem mieszania 20, 30, 40, 50 i 60 minut. W przypadku niestwierdzenia statystycznie istotnych różnic można uznać, że czas mieszania nie miał wpływu na ilość zanieczyszczeń. W tym celu hipoteza zerowa została sformułowana następująco:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  Wartości oczekiwane udziału procentowego zanieczyszczeń dla danej mieszanki w czasie mieszania 20, 30, 40, 50 i 60 minut są równe.

Wobec tego hipoteza alternatywna brzmi:

$H_1: \neg (\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5)$  Istnieje co najmniej jeden czas mieszania o wartości oczekiwanej udziału procentowego zanieczyszczeń różny od wartości oczekiwanych w innych czasach mieszania.

Otrzymane wartości prawdopodobieństwa  $p$  testu Kruskala -Wallisa zaprezentowano w tabeli 4. Ponieważ  $p < 0,05$ , odrzucamy hipotezę o równości wartości oczekiwanych. W kolejnym kroku wykonano test wielokrotnych porównań i wykazano, które pary różnią się od siebie. Wykazano, iż dla mieszanki 8-składnikowej różnią się pary 30 i 60, 40 i 60 minut. Dla mieszanki 12-składnikowej wszystkie pary – oprócz 20 i 30 – różnią się od siebie istotnie statystycznie, natomiast dla mieszanki 14-składnikowej różnią się pary 20 i 40, 40 i 50, 40 i 60 minut mieszania. Zatem w żadnym z analizowanych przypadków nie wykazano istotnie statystycznych różnic dla 20 i 30 minut mieszania. W celu podania wartości prawdopodobieństwa  $p$  przeprowadzono dodatkowo test U Manna–Whitneya dla 20 i 30 minut, aby odpowiedzieć na pytanie, czy zmniejszenie czasu mieszania wpłynie na zmianę jakości paszy. Wyniki test U Manna-Whitneya zaprezentowano w tabeli 5.

Hipoteza zerowa została sformułowana następująco:

$H_0: F_1 = F_2$  Dystrybuanty rozkładów udziałów procentowych zanieczyszczeń dla danej mieszanki dla 20 i 30 minut mieszania są równe.

$H_1: F_1 \neq F_2$  Dystrybuanty rozkładów nie są równe.

Dla mieszanin 12 i 14 składnikowej  $p > 0,05$ , dlatego brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Ponieważ dla mieszanki 8 składnikowej wartość  $p$  zbliżona jest do 0,05, dlatego też i w tym przypadku uznano, iż brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Oznacza to, że dane pochodzą z populacji o tych samych rozkładach. Nie ma istotnych statystycznie różnic pomiędzy udziałami zanieczyszczeń dla 20 i 30 minut mieszania. Porównując średnie wartości udziału procentowego zanieczyszczeń dla mieszanki 12- i 14-składnikowej, możemy powiedzieć, że dla czasu 20 minut jakość mieszanek była lepsza odpowiednio 0,14% i 0,24% w stosunku do 0,16% i 0,32% dla 30 minut. W przypadku mieszaniny 8-składnikowej ilość zanieczyszczeń dla 30 minut mieszania jest nieznacznie niższa niż dla 20 minut mieszania i wynosi 0,23% w stosunku do 0,25%.

Tabela 4  
Wyniki obliczeń testu Kruskala-Wallis  
Table 4  
The Kruskal-Wallis test calculation results

Lp.	Mieszanka pasz	p
1	8	0,000
2	12	0,000
3	14	0,000

Tabela 5  
Wyniki obliczeń testu U Manna-Whitneya  
Table 5  
The Mann-Whitney U test calculation results

Lp.	Mieszanka pasz	p
1	8	0,047
2	12	0,739
3	14	0,061

## Wnioski i stwierdzenia

1. Im więcej składników w mieszaninie, tym większy udział procentowy odpadów w produkcji. Średnie udziały procentowe wyniosły odpowiednio: 0,22% dla mieszaniny 8-składnikowej, 0,26% dla mieszaniny 12-składnikowej i 0,31% dla mieszaniny 14-składnikowej.
2. Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami oczekiwanymi udziału procentowego zanieczyszczeń dla każdej z analizowanych mieszanin dla 20, 30, 40, 50 i 60 minut mieszania. W teście wielokrotnych porównań wskazano różniące się pary.
3. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy rozkładem dystrybuant udziału procentowego zanieczyszczeń we wszystkich mieszankach dla 20 i 30 minut mieszania, dlatego też można skrócić czas mieszania z 30 do 20 minut bez pogorszenia jakości produktu. Dla mieszanki o 12 i 14 składnikach mieszanka zawierała mniej zanieczyszczeń dla 20 minut mieszania, natomiast dla mieszanki 8-składnikowej jakość mieszanki po 30 minutach mieszania była nieznacznie lepsza.

## Literatura

- Boss, J. (1987). *Mieszanie materiałów ziarnistych*. Warszawa – Wrocław, PWN, ISBN 83-01-07058-7.
- Cullen, P. J. (2009). *Food Mixing: Principles and Applications*. Hardcover, Wiley-Blackwell. ISBN: 978-1-4051-7754-2.
- Dryden, G.; Dryden Gordon McL. (2008). *Animal nutrition science*. Oxford University Press, Incorporated. ISBN 978-1-84593-412-5.
- Grochowicz, J. (1994). *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Lublin, Wyd. AR.
- Grochowicz, J. (1996). *Technologia produkcji mieszanek paszowych*. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, ISBN 83-09-01656-5.
- Grochowicz, J. (red.). (1998). *Zaawansowane techniki wytwarzania przemysłowych mieszanek paszowych*. Lublin, PAGROS, ISBN 83-910152-0-3.
- Hogg, R. (2009). Mixing and Segregation in Powders: Evaluation, Mechanisms and Processes, *KONA Powder and Particle Journal*, No.27.
- Królczyk, J. (2011). Analiza zmian jakości wieloskładnikowych mieszanin ziarnistych na linii mieszania w przemysłowej wytwórni pasz. *Inżynieria Rolnicza*, 5(130), 125-133.
- Królczyk, J. (2012). *Proces mieszania wieloskładnikowych materiałów ziarnistych w mieszalniku ślimakowym*. Zastosowanie metod statystycznych w badaniach naukowych IV, Kraków, StatSoft Polska, ISBN 978-83-88724-64-0, 295–304.
- Królczyk, J. (2013) Analiza ilości zanieczyszczeń otrzymywanych w procesie produkcji pasz z recyrkulacją składników. *Inżynieria Rolnicza*, 3(145)T.1, 149-157.
- Nienow, A.W.; Edwards, M.F.; Harnby, N. (1992). *Introduction to mixing problems, in Mixing in the Process Industries*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1-24.
- Obregón, L.; Realpe, A.; Rinaldi, C.; Velázquez, C. (2010). Mixing of granular materials. Part I: Effect of periodic shear. *Powder Technology*, 197, 9-16.
- Stręk, F. (1971). *Mieszanie i mieszalniki*. Warszawa, WNT, ISBN 83-204-0289-1.
- Popielarski, T.; Tyłzanowski, J. (1974). Technologia produkcji mieszanek paszowych. *Stud. Przem. Pasz.*, Z. 6, Warszawa, Wyd. CT NOT.
- Tyłzanowski, J. (1970). Usprawnienie w zakresie usuwania zanieczyszczeń ferromagnetycznych z mieszanek paszowych, przeznaczonych do granulowania w wytwórni pasz typu WP-50 w Stargardzie. *Biul. Inf. Przem. Pasz*, 1, 40.



## **AN ATTEMPT TO DETERMINE THE INFLUENCE OF MIXING TIME ON THE AMOUNT OF IMPURITIES IN COMPOUND FEEDS**

**Abstract.** The scope of the work included conducting research experiments for compound feeds with 8, 12 and 14 ingredients for various mixing times: 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. The objective of the paper was to determine whether there are statistically significant differences between the amount of the received waste in the final product and the mixing time equal to 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. Moreover, the amount of impurities in the product depending on the kind of the compound feed and mixing time was analyzed. By means of the Kruskal -Wallis test, significant differences between the expected values of the percentage shares of impurities for mixing times of 20, 30, 40, 50 and 60 minutes were proved and the varying pairs were given. Simultaneously, no significant differences between the distribution of probability distribution functions of the percentage shares of impurities in all compound feeds for 20 and 30 minutes of mixing were proved. Therefore, it is possible to shorten the mixing time from 20 to 30 minutes without decreasing the quality of the product. Moreover, a conclusion was made that the more ingredients are present in the compound, the bigger percentage share of waste is observed in the final product.

**Key words:** feed mixture, fodder mixing plant, feed production, impurities

**Adres do korespondencji:**

Jolanta Królczyk; e-mail: j.krolczyk@po.opole.pl  
Katedra Inżynierii Biosystemów  
Politechnika Opolska  
ul. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole