

Dr inż. Katarzyna SZWEDZIAK
Mgr inż. Joanna RUT
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska

WPŁYW WILGOTNOŚCI NA PROCES MIESZANIA SPOŻYWCZEGO UKŁADU ZIARNISTEGO METODĄ PRZESYPU®

W przemyśle spożywczym często mamy do czynienia z różnego rodzaju mieszankami ziarnistymi pochodzenia organicznego. W artykule przedstawiono badania dotyczące mieszania materiałów ziarnistych, w których to badaniach pod uwagę wzięto wilgotność zawartą w masie ziarna kukurydzy. Ocenę jakości mieszanin przeprowadzono przy pomocy komputerowej analizy obrazu oraz wykorzystując stopień zmieszania według formuły Rose'a.

Słowa kluczowe: mieszanie materiałów ziarnistych, komputerowa analiza obrazu, wilgotność, stopień zmieszania.

Zalewski 2000, Panasiewicz 2006, Kapica i Ścibisz 2007, Ścibisz 2008).

Celem artykułu jest prezentacja badań dotyczących mieszania materiałów ziarnistych, w których pod uwagę wzięto wilgotność zawartą w masie ziarna.

WSTĘP

Jednym z procesów często spotykanych w przemyśle spożywczym, zbożowo-młynarskim oraz w branży piekarskiej jest mieszanie materiałów. Wiele surowców, półfabrykatów i produktów końcowych z reguły występuje w postaci mieszanin ziarnistych. Podstawowym celem mieszania jest równomierne rozproszenie składników, które ma na celu wytworzenie mieszaniny jednorodnej, pod względem składu. Efekt mieszania materiałów ziarnistych decyduje o jakości otrzymywanych produktów. Jedną z często stosowanych metod prowadzenia tego procesu jest mieszanie materiałów w przesypie. Znaczny rozwój tego procesu w praktyce przemysłowej wyraźnie wyprzedził opracowanie jego podstaw teoretycznych. Obecnie dzięki zastosowaniu techniki komputerowej możliwy jest szybszy rozwój teorii procesu oraz jej lepsze powiązanie z praktyką. Prowadzenie badań procesu mieszania materiałów ziarnistych w skali przemysłowej jest niezwykle trudne i kosztowne. Próby laboratoryjne są w stanie przybliżyć charakter procesu mieszania w warunkach przemysłowych i wyjaśnić najważniejsze własności badanego zjawiska [2], [3], [9],[10].

Do badania materiałów ziarnistych konieczne jest uzyskanie jednorodnych mieszanin.

Mieszaniny ziarniste to układy złożone najczęściej z komponentów różniących się takimi cechami, jak wielkość, kształt czy gęstość. Parametry te mają decydujący wpływ na zachowanie się ziaren podczas mieszania oraz na jakość mieszaniny. Odpowiednio poznane właściwości parametrów materiałów ziarnistych mogą przyczynić się do lepszego i efektywnego ujednorodniania układów ziarnistych [3], [4], [5], [12].

Wilgotność jest czynnikiem, który może wpływać na własności materiałów pochodzenia roślinnego. Dotyczy to zagadnień jakościowych i smakowych, a także technologicznych, takich jak transport czy przechowywanie. [8] Dlatego pomiarem wilgotności materiałów organicznych interesuje się wielu badaczy (Pabis 1965, Woźniak i Grundas 1998,

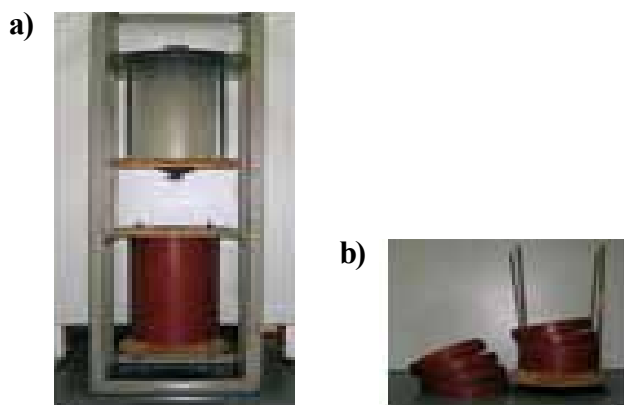
CEL BADAŃ

Celem prowadzonych badań było sprawdzenie, czy wilgotność zawarta w masie ziaren kukurydzy ma istotny wpływ na przebieg procesu mieszania metodą przesypu. W oparciu o uzyskane zapisy cyfrowe przekrojów poprzecznych mieszalnika przesypowego, dokonano oceny jakości mieszaniny wykorzystując komputerową analizę obrazu.

METODYKA BADAŃ

Wykonano szereg badań laboratoryjnych dotyczących mieszania materiałów ziarnistych składających się z ziaren kukurydzy. Materiałem do badań był jednorodny układ ziarnisty różniący się wilgotnością i barwą.

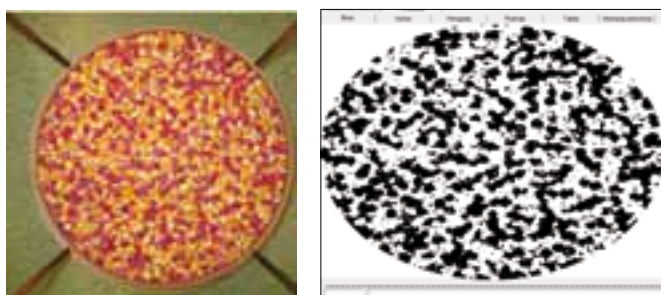
Przy pomocy komputerowej analizy obrazu oraz formuły Rose'a określono stopień zmieszania układu. Wilgotność ziarna mokrego wynosiła 16,2% ($\pm 0,5$), a wilgotność ziarna suchego wynosiła 11,8% ($\pm 0,5$). Układ ziarnisty poddawano mieszaniu w laboratoryjnym mieszalniku przesypowym (rys. 1). Mieszalnik składał się z dwóch identycznych zbiorników (wysokość części cylindrycznej – 500 mm, średnica wewnętrzna – 300 mm, wysokość części stożkowej – 90 mm, średnica otworu – 30 mm), umieszczonych jeden nad drugim w sposób umożliwiający łatwą ich zamianę. Dodatkowo jeden ze zbiorników składał się z 10 rozbiernych pierścieni. Przed przystąpieniem do mieszania zasypywano zbiornik mieszalnika materiałem ziarnistym (kukurydza) w udziale procentowym 50/50 (ziarno suche – wilgotne, ziarno wilgotne – wilgotne, ziarno suche – suche). Następnie zbiorniki zamieniano kolejno miejscami, opróżniając zbiornik na drodze wysypu grawitacyjnego, cały proces powtarzano dziesięciokrotnie.



Rys. 1. Laboratoryjny mieszalnik przesypowy: a) cała konstrukcja mieszalnika, b) rozbieralna część mieszalnika. (fot. J. Rut).

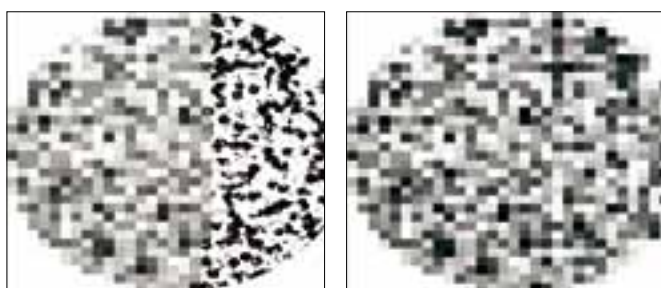
Fig. 1. Laboratory flow agitator: a) all construction of the agitator, b) dismantling part of the agitator. (fot. J. Rut).

Układ ziarnisty kukurydzy w udziale procentowym 50/50 poddawano mieszaniu. Rozbieralna konstrukcja mieszalnika umożliwiła uzyskanie cyfrowego zapisu obrazu przekrojów poprzecznych mieszalnika. Uzyskany obraz poddano komputerowej analizie obrazu. Zamieniono kolory ziaren kukurydzy na czerń i biel (rys. 2), a następnie wykonano pikselizację (rys. 3).



Rys. 2. Przykładowy obraz wybranego pierścienia mieszalnika. (fot. J. Rut).

Fig. 2. Demonstration image of the chosen ring of the agitator. (fot. J. Rut).



Rys. 3. Przykładowe obrazy przedstawiające proces pikselizacji ziarna kukurydzy. (fot. J. Rut).

Fig. 3. Demonstration images presenting the process to the pixellization grains of the corn. (fot. J. Rut).

Obliczono średnicę zastępczą d_e ziaren, aby wyznaczyć wielkość komórek przy pikselizacji, średnica zastępcza dla kukurydzy wynosiła 9,3 mm.

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6M}{\pi\gamma n}}$$

gdzie:

- d_e – średnica zastępcza [m],
- M – masa nasion wziętych jako próba [kg],
- γ – gęstość nasion [kg/m³],
- n – liczba nasion w próbce.

Dla tak obliczonej średnicy zastępczej przeprowadzono proces pikselizacji dla ziaren kukurydzy 32x32 komórki.

ANALIZA STATYSTYCZNA I DYSKUSJA WYNIKÓW

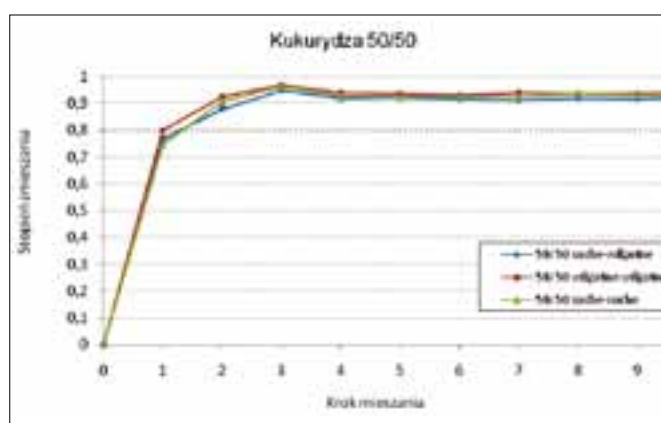
Najczęściej stosowaną statystyczną miarą oceny jakości stopnia zmieszania jest zależność przedstawiona przez Rose'a [6].

$$M = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

gdzie:

- σ – odchylenie standardowe,
- σ_0 – początkowe odchylenie standardowe,
- M – stopień zmieszania.

Zależność ta ma cechy jednoznaczności, gdyż określonej wartości M odpowiada jeden – w znaczeniu statystycznym – stan mieszaniny. Wartość liczbową M zmienia się od zera do jedności. Stan określony liczbą zero oznacza całkowitą segregację składników, a stan określony liczbą 1 układ doskonale wymieszany.



Rys. 4. Stopień zmieszania ziarna kukurydzy. (obliczenia własne).

Fig. 4. Rank of mixing the grain of corn. (personal accounts).

Zadowalający stopień zmieszania uzyskano po trzecim kroku mieszania. Układ ten uznano za mieszaninę w stanie doskonale losowym zwaną dalej stanem randomowym, (z ang. random – losowy), w której prawdopodobieństwo znalezienia cząstki określonego składnika jest takie samo we wszystkich punktach tej mieszaniny. [2].

W analizie statystycznej niezwykle ważne jest odpowiednie dobranie poszczególnych zmiennych objaśniających. W celu sprawdzenia zależności stopnia zmieszania od wilgotności przeprowadzono statystyczny test istotności. Zastosowano test Kruskala-Wallisa, z hipotezą zerową o braku wpływu wilgotności na stopień zmieszania [1], [7], [11].

Test Kruskala-Wallisa jest nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej analizy wariancji. Obliczono następujące wartości:

$$H_{ob} = \frac{12}{n(n+1)} \left(\sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(n+1)$$

$$H_{krt} = \chi_{\alpha, k-1}^2$$

gdzie:

R – suma rang dla j-tej populacji,

n – liczba obserwacji,

k – liczba populacji,

$\chi_{2\alpha, k-1}$ – wartość krytyczna w rozkładzie chi-kwadrat o k-1 stopniach swobody i przy poziomie istotności α .

Statystyka testowa:

Jeżeli $H_{ob} < H_{krt}$ to brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

Przy poziomie istotności $\alpha=0,05$ uzyskano następujące wyniki:

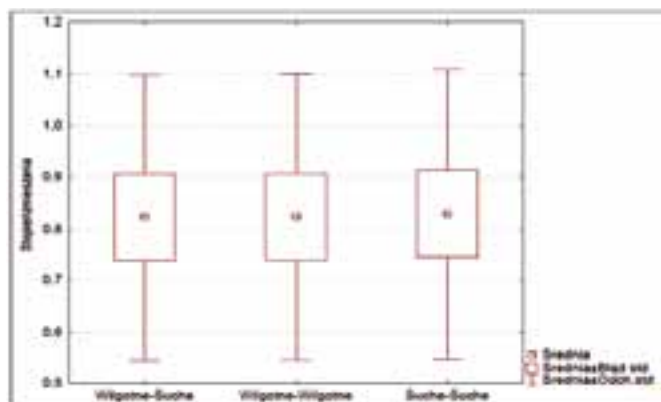
$H_{ob}=3,806142$

$H_{krt}=5,99147$

$H_{ob} < H_{krt}$

Ponieważ $H_{ob} < H_{krt}$ to brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, zatem należy uznać ją za prawdziwą, wobec czego wilgotność nie ma wpływu na stopień zmieszania.

Graficzny rozkład statystyk opisowych stopnia zmieszania układu ziarnistego w poszczególnych grupach (ziarno suche – wilgotne, ziarno wilgotne – wilgotne, ziarno suche – suche) przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Statystyki opisowe stopnia zmieszania ziaren kukurydzy dla poszczególnych grup. (obliczenia własne).

Fig. 5. Descriptive statistics of the rank of mixing grains of corn for individual groups. (personal accounts).

PODSUMOWANIE

Podczas mieszania metodą przesywu jednorodnych układów ziarnistych składających się z ziaren kukurydzy, różniących się wilgotnością w zakresie 11,8%-16,2% nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu wilgotności (w badanym zakresie) na proces mieszania.

LITERATURA

- [1] ACZEL A.D. 2005. *Statystyka w zarządzaniu*. PWN, Warszawa, s. 731-737.
- [2] BOSS J. 1987. *Mieszanie materiałów ziarnistych*. PWN, Warszawa, s. 8.
- [3] BOSS J. TUKIENDORF M. 1997. *Mixing of granular materials using the method of funnel-flow*. Powder Handling & Processing 9, No. 4 October/December, s. 341-343.
- [4] GROCHOWICZ J. 1998. *Zaawansowane techniki wytwarzania przemysłowych mieszanek paszowych*. Pagros Lublin.
- [5] LEWICKI P., LENART A., KOWALCZYK R., PAŁACHA Z. 1999. *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. WNT, Warszawa, ISBN 83-204-2324-4.
- [6] ROSE H.E. 1959. *A suggested equation relating to the mixing of powders and its application to the study of the performance of certain types of machine*. Trans. Institution Chemical Engineers, 37.
- [7] STANISZ A. 2007. *Przystępny kurs statystyki, modele liniowe i nieliniowe*. Tom 2, StatSoft Polska, Karków, ISBN 978-83-88724-30-5.
- [8] ŚCIBISZ M. 2008. *Rozkład wilgotności w mieszaniu materiałów organicznych*. Annales UMCS, Agricultura, nr 2/2008 Warszawa, s. 8-14.
- [9] TUKIENDORF M. 2003. *Modelowanie neuronowe procesów mieszania niejednorodnych układów ziarnistych*. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie, Zesz. 272, Lublin.
- [10] TUKIENDORF M. 2003. *Wpływ zmiany skali urządzenia mieszającego na wyniki procesu mieszania materiałów ziarnistych podczas wysypu ze zbiornika*. XI Ogólnopolska Konferencja: Postęp w Inżynierii Żywności, Frombork, s. 9-12.
- [11] MAGIERA R. 2007. *Modele i metody statystyki matematycznej*. cz. II, Wnioskowanie statystyczne. GiS Wrocław, ISBN: 83-89020-61-1.
- [12] MATUSZEK D., TUKIENDORF M. 2007. *Rozkład koncentracji składników podczas mieszania funnel-flow z systemem RSI*. Inżynieria Rolnicza, nr 6(94), Kraków, s. 159-165.

INFLUENCE OF THE HUMIDITY ON THE PROCESS OF INTERSPERSING THE FOOD GRAIN THE POURING METHOD

SUMMARY

In the food industry we often deal from the different kind with grain blends of the organic origin. In the article described examinations the mixing of grain material, in which the humidity was taken into consideration stayed in mass of the grain. Research were made on the grain of corn. The estimation of the quality of mixtures was carried with the help of computer analysis of the image and using the rank of mixing according to the formula Rose'a.

Key words: the mixing of grain material, computer analysis of the image, the humidity, the rank of the mixing.