

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50a, 20-280 Lublin, Poland
e-mail: marek.scibisz@up.lublin.pl

MAREK ŚCIBISZ

Rozkład wilgotności w mieszaninie materiałów organicznych

Distribution of moisture in a mixture of organic materials

Streszczenie. Wilgotność jest parametrem nierozzerwalnie związanym z obróbką materiałów pochodzenia roślinnego. Dotyczy to zarówno zbioru, transportu, jak i przetwarzania materiałów organicznych. Dlatego ten czynnik jest ciągle kontrolowany w procesie technologicznym. Dotychczas nie było możliwości szybkiego pomiaru wilgotności niewielkich obiektów roślinnych, takich jak pojedyncze ziarna. Ostatnio w Zakładzie Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych Katedry Podstaw Techniki w Akademii Rolniczej w Lublinie został opracowany miernik mikrofalowy dedykowany do tych celów. W artykule zostały zaprezentowane badania zmian rozkładu wilgotności mieszaniny 2 próbek soi o różnej wilgotności wraz z wpływem czasu ich leżakowania. Zaobserwowano, że nawet po tygodniu leżakowania obserwowano próbki o dużych odchyleniach wilgotności od wartości średniej mierzonej typowym miernikiem.

Słowa kluczowe: ziarno, wilgotność, pomiar mikrofalowy

WSTĘP

Wilgotność jest czynnikiem silnie wpływającym na własności materiałów pochodzenia roślinnego. Dotyczy to zagadnień jakościowych i smakowych, a także technologicznych, takich jak transport czy przechowywanie. Dlatego pomiar wilgotności materiałów organicznych jest częstym obiektem badań. Dotyczy to zarówno określania wilgotności materiałów pochodzenia organicznego [Pabis 1965, Wodniak i Grundas 1998, Panasiewicz 2006] jak i badań związanych z suszeniem konwekcyjnym ziarna zbóż [Pietrzyk i in. 1998, Sumorek 2001].

Dotychczasowe badania dotyczyły pomiarów uśrednionej wilgotności próbki. Nie było problemu, jeżeli do obróbki brano materiał, który już leżakował dłuższy czas. Natomiast nawilżanie wiązało się z oczekiwaniem na wyrównanie rozkładu wilgotności w całej próbce. W zależności od prowadzonych badań czas leżakowania zawierał się od 3 do 4 dni.

Jest to doświadczalne założenie badaczy, którzy chcąc być pewnymi jednorodnego rozkładu wilgoci w próbce, proponowali taki okres leżakowania materiału. Czas leżakowania zapewniał ustabilizowanie średniej wilgotności mierzonej typowymi miernikami. Mierniki te wymagają jednak do pomiaru dużej próbki [Kett 1995] i nie odpowiadają na pytanie o zawartości wody w pojedynczych ziarnach.

Wilgotność poszczególnych ziaren odgrywa dużą rolę szczególnie w odniesieniu do rolnictwa precyzyjnego [Zalewski 2000], gdzie prawidłowe wykorzystanie zabiegów agrotechnicznych dostosowane jest do indywidualnych cech materiału.

Do tej pory próba doświadczalnej weryfikacji jednorodności rozkładu wilgoci była w znacznym stopniu ograniczona, gdyż nie było prostych urządzeń umożliwiających pomiar pojedynczych elementów próbki. Prowadzone w ostatnich latach analizy wskazywały na możliwość wykorzystania mikrofal w tego typu badaniach [Kuna-Broniowski, 2000]. Te doświadczenia zaowocowały opracowaniem miernika przeznaczonego do takich celów [Makarski 2006]. Pozwoliło to na przeprowadzenie badań wilgotności małych, pojedynczych obiektów biologicznych, jakimi są ziarna różnych roślin uprawnych.

Prezentowane w artykule wyniki są efektem badań pilotażowych, których celem było określenie rozkładu wilgotności ziaren soi w próbce wykorzystywanej do wyznaczenia wilgotności typowymi miernikami oraz określenie zmian wilgotności pojedynczych ziaren tworzących próbkę w trakcie jej kondycjonowania.

METODY

Badaniu poddano ziarna soi białej. W pierwszej fazie zmierzono miernikiem Grainer zróżnicowaną wilgotność dwóch próbek. Następnie poddano je pomiarowi rozkładu wilgoci. Potem zmieszano obie próbki ziaren. Zmierzono wilgotność miernikiem i ponownie dokonano analizy rozkładu wilgoci. Tę czynność powtarzano co 24 godziny.

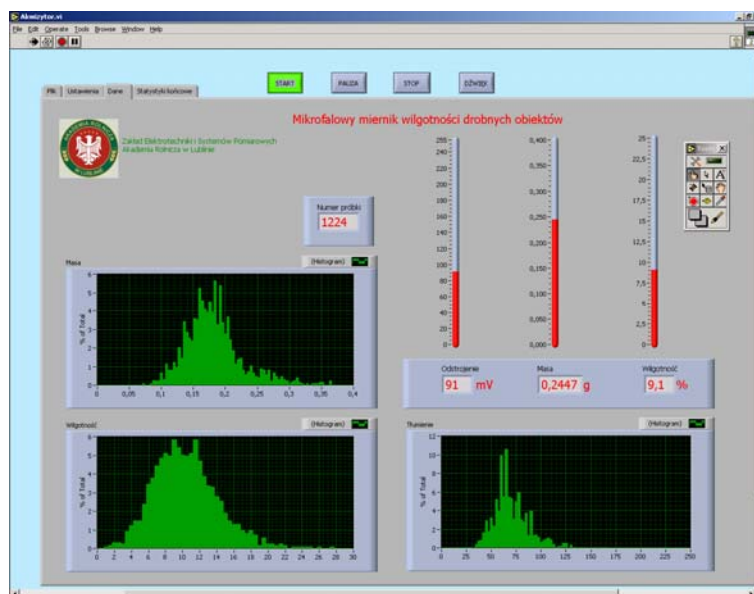
W pracy wykorzystany został miernik mikrofalowy [Makarski 2006], za pomocą którego można określić rozkład wilgotności w próbce materiału. Zastosowano w nim metodę pomiaru wilgotności na podstawie układu mikrofalowego [Galwas 1985]. Układ pracował jako mostek homodynamiczny przy częstotliwości fali elektromagnetycznej 9,6 GHz. Zasada działania miernika opiera się na wykorzystaniu mostka mikrofalowego, w którym powstaje sygnał nierównowagi. Jest on wynikiem umieszczenia w falowodzie mikrofalowym badanego materiału organicznego.

Miernik jest konstrukcją oryginalną, zaprojektowaną i wykonaną w Zakładzie Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Przyrząd współpracuje z aplikacjami komputerowymi pozwalającymi na automatyczne zbieranie danych pomiarowych.

W tym celu w środowisku projektowania graficznego LabView [Kapica i Ścibisz 2007] został opracowany wirtualny przyrząd pomiarowy (rys. 1). Umożliwia on wyznaczenie masy próbki, wartości sygnału elektrycznego otrzymanego z mostka mikrofalowego oraz wilgotności, a także ich prezentację w postaci cyfrowej i analogowej.

WYNIKI

Wyniki badań otrzymywane są w postaci histogramów (rys. 1). W celu lepszej percepcji wyników zostały one przetransponowane z histogramów do typowych wykresów $y = f(x)$. Na osi rzędnych podawana jest wilgotność ziarniaka, a na osi odciętych procentowa liczba cząstek o określonej zawartości wody.



Rys. 1. Widok aplikacji LabView do odczytu pomiarów z miernika mikrofalowego
Fig. 1. The view of LabView application to read measurements from the microwave measure

Rysunek 2 przedstawia wyniki pomiarów na wstępie badań. Zaprezentowano tutaj rozkład wilgotności próbki naturalnej (rys. 2a) i nawilżonej (rys. 2b), a także będącej wynikiem ich wymieszania (rys. 2c). Do pomiarów wykorzystano duże próbki – po 150 g ze względu na wymogi miernika Grainer, którym zmierzono wilgotność całej próbki. Wynosiła ona odpowiednio $w = 7,5\%$, $16,8\%$, $12,6\%$.

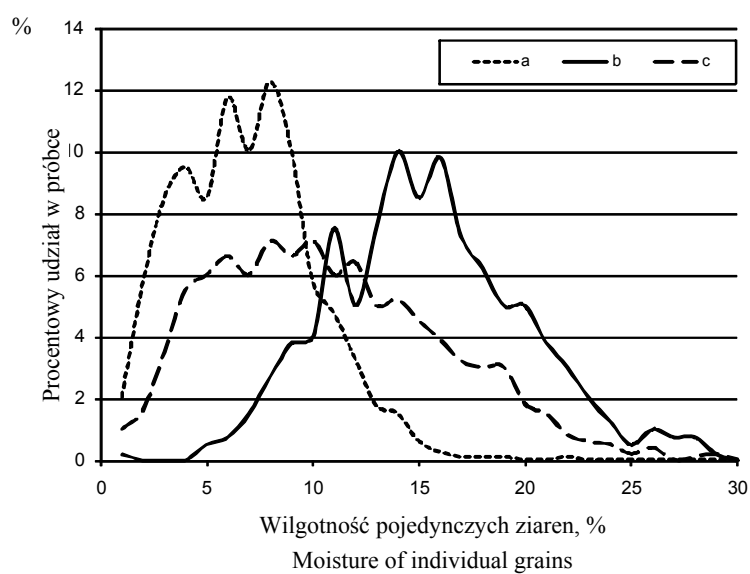
Po upływie doby nastąpiło wyrównanie rozkładu do przykładowo obserwowanego przed wymieszaniem (rys. 3a). Stąd można wnioskować, że już rozkład wilgotności w próbce staje się bardziej jednorodny. Efekt ten zwiększa się po kolejnej dobie (rys. 3b).

W kolejnych dniach obserwowane jest zmniejszanie liczby cząstek posiadających wilgotności znacznie różniące się od wilgotności średniej.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki pomiarów po siedmiu dniach. Wyraźnie widać zwiększenie liczby cząstek o wilgotności zbliżonej do wartości średniej i zmniejszenie liczby cząstek o wartościach znacznie od niej odbiegających.

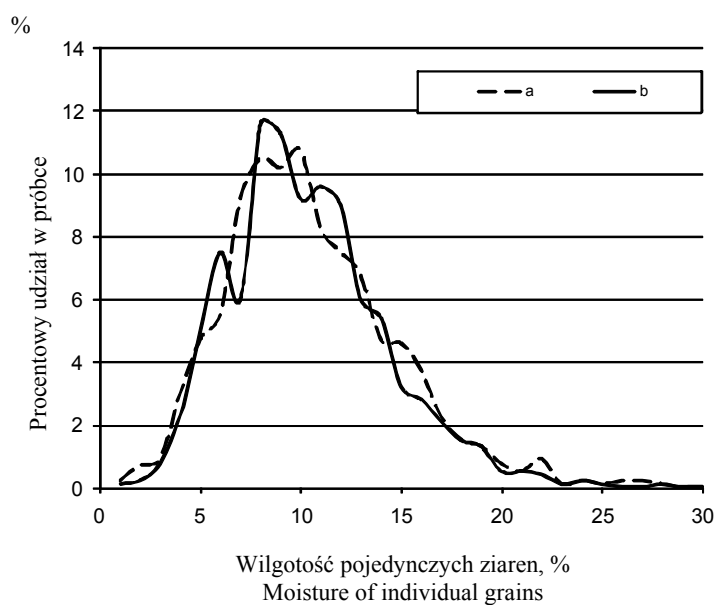
Podobne badania przeprowadzono dla próbek o mniejszej masie, wynoszącej 10 g. Wyniki przedstawiono na rys. 5.

Na histogramach widać wyraźne przesunięcie w liczbie cząstek o określonej wilgotności. Po wymieszaniu nastąpiło wyraźne rozszerzenie przedziału wilgotności, w którym znajduje się duża liczba ziaren.



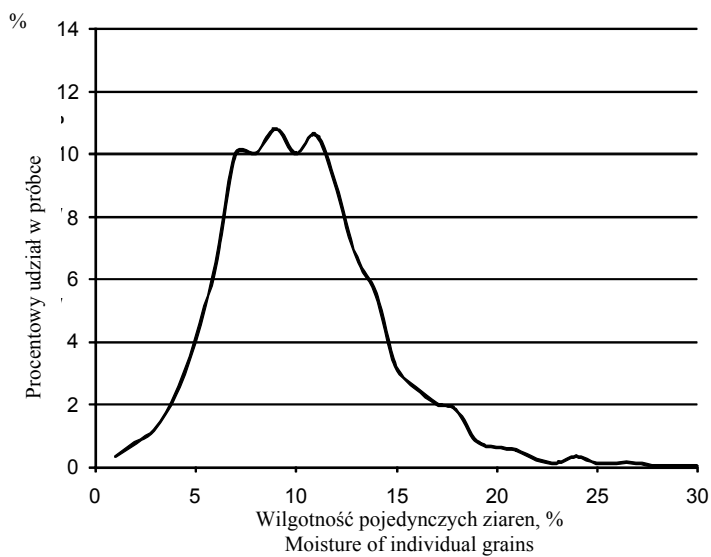
Rys. 2. Rozkład wilgotności w próbce o średniej wilgotności: a) $w = 7,5\%$; b) $w = 16,8\%$; c) mieszanina $w = 12,6\%$

Fig. 2. Distribution of moisture in a sample with mean moisture values: a) $w = 7,5\%$; b) $w = 16,8\%$; c) mixed sample $w = 12,6\%$

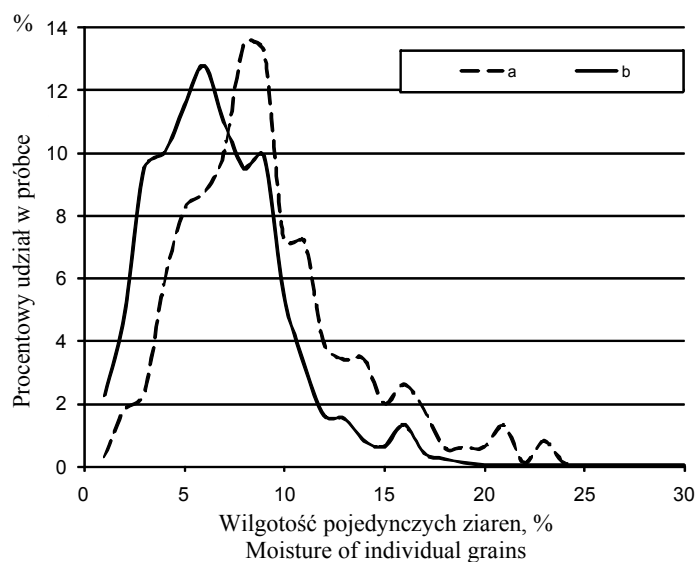


Rys. 3. Rozkład wilgotności w próbce mieszaniny po upływie: a) doby ($w = 11,9\%$); b) 2 dni ($w = 11,6\%$)

Fig. 3. Distribution of moisture in a mixed sample after: a) one day ($w = 11,9\%$); b) two days ($w = 11,6\%$)



Rys. 4. Rozkład wilgotności w próbce mieszanki po upływie 7 dni ($w = 11,4\%$)
 Fig. 4. Distribution of moisture in a mixed sample after a week ($w = 11,4\%$)



Rys. 5. Rozkład wilgotności w próbce mieszanki a) pierwszego dnia; b) po 7 dniach
 Fig. 5. Distribution of moisture in a mixed sample: a) on the first day b) after a week

W tych badaniach próbki wyjściowe miały nieznaczną różnicę w wilgotności, ale obrazy rozkładu wilgoci były podobne do wcześniej przedstawionych. W miarę upływu kolejnych dni również i w tym przypadku następowało zwiększenie liczby cząstek o wilgotności zbliżonej do wartości średniej i zmniejszanie liczby cząstek znacznie się od niej różniących.

Z analizy wyników przeprowadzonych badań wynika, że niezależnie od czasu kondycjonowania próbki poszczególne jej cząstki mają różną wilgotność.

W początkowym okresie największą część ma wilgotność w odpowiadającą wartości uśrednionej mierzonej typowym miernikiem wilgotności. Tę wartość miało ok. 11% cząstek tworzących próbki. W przedziale wilgotności $\pm 10\%$ w stosunku do wartości zmierzonej w zawierało się już od 30% do 50% cząstek próbki. Mniejszą liczebność obserwowano dla cząstek w próbce o niższej wilgotności. Natomiast wymieszanie obu próbek powoduje, że wilgotność „uśredniona” ma jedynie 7% cząstek tworzących mieszaninę.

Po upływie doby ok. 8%, a po dwóch dniach ok. 9% cząstek ma wilgotność odpowiadającą wartości zmierzonej miernikiem klasycznym. I ten poziom wzrasta do ok. 11% po upływie tygodnia. Daje się również zaobserwować wzrost liczby cząstek o wilgotności zbliżonej do wartości średniej. Po upływie jednego, dwóch i siedmiu dni liczba cząstek z przedziału wilgotności 10–13% (tj. $\approx \pm 10\%$ w stosunku do wartości zmierzonej w) stanowiła ok. 30% próbki (odpowiednio 30%, 34% i 37%). Natomiast już ok. 50% cząstek próbki (odpowiednio 45%, 49% i 53%) zawierało się w przedziale wilgotności 9,5–14% (tj. $\approx \pm 20\%$ w stosunku do wartości zmierzonej w).

Można stwierdzić, że w miarę wydłużania się czasu kondycjonowania rozkład wilgotności pojedynczych ziaren w próbce zbliża się do rozkładu normalnego.

WNIOSKI

1. Próbka ma ziarna o znacznie niższej i znacznie wyższej wilgotności niż średnia wartość zmierzona miernikiem wilgotności.

2. Rozkład wilgotności w próbce zmienia się wraz z upływem czasu. Zwiększa się procentowy udział ziarniaków o wilgotności zbliżonej do wartości średniej. Jednak nawet po dłuższym leżakowaniu nadal występują znaczne różnice pomiędzy ziarnami o najniższej i najwyższej wilgotności w próbce.

3. Rozkład wilgotności ma charakter rozkładu normalnego, przy czym wydłużenie czasu leżakowania powoduje, że szczyt rozkładu zdąża do wartości wilgotności średniej (zmierzonej typowym miernikiem wilgotności).

4. Rozrzut wilgoci pojedynczych ziaren powinien być uwzględniany przy doborze technologii stosowanych w rolnictwie precyzyjnym.

PIŚMIENNICTWO

- Galwas B., 1985. Miernictwo mikrofalowe. WKiŁ Warszawa.
- Kapica J., Ścibisz M., 2007. Wykorzystanie środowiska LabView do tworzenia instrumentów wirtualnych wspomagających pomiary w Inżynierii Rolniczej. *Inżynieria Rol.*, 2 (90), 77–83.
- Kett, 1995, Grainer II – operational manual. Kett ElectricLaboratory. Tokyo. Japan.
- Kuna-Broniowski M., 2000. Zastosowanie mikrofal do oceny zawartości wody i tłuszczu w surowcach mięsnych. *Inżynieria Rol.*, 5 (16), 115–124.
- Makarski P., 2007. Pomiar wilgotności małych obiektów, szczególnie biologicznych z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego. Rozpr. dokt., Wydz. Inż. Prod. AR w Lublinie.
- Pabis S., 1965. Suszenie płodów rolnych. PWRiL. Warszawa.

- Panasiewicz M., 2006. Zmiana wybranych cech fizycznych ziarna pszenicy nawilżanego w roztworach spożywczych. *Inżynieria Rol.*, 7 (82), 367–375.
- Pietrzyk W., Grundas S., Horyński M., Sumorek A., 1998. Wykorzystanie pola elektrostatycznego i ozonu do obniżania energochłonności procesu suszenia ziarna zbóż. *Acta Agroph.* 161, IA PAN, Lublin.
- Sumorek A., 2001. Wpływ pola elektrycznego na konwekcyjne suszenie ziarna zbóż. *Acta Agrophysica* 41, IA PAN, Lublin.
- Woźniak W., Grundas S., 1998. Wpływ nawilżania ziarna pszenicy na jego wytrzymałość mechaniczną. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, Biuletyn IA PAN, Lublin, 26–28.
- Zalewski P., 2000. Problemy rolnictwa precyzyjnego. *Inżynieria Rol.*, 8 (19), 15–23.

Summary. Moisture is the parameter inseparably connected with the processing of the materials of vegetable origin. This concerns both gathering, transportation and the processing of organic materials. That is why this factor is still controlled in the technological process. So far there has been no possibility of quick measurement of moisture of small vegetable objects, such a single grain. Recently a microwave measurement instrument intended for these aims was developed in Sub-department of Electrical Engineering and Measuring Systems at the Department of Technology Fundamentals at University of Life Sciences in Lublin. The study results of distribution changes of grain moisture are presented in the paper. It studied the mixture of two samples of soya bean of different moisture with the storage time. It was observed that even after a weeks' storage there were large deviations of moisture from the average value measured by typical moisture instruments.

Key words: grain, moisture, microwave measurements