

Katarzyna Szwedziak  
Zakład Techniki Rolniczej i Leśnej  
Politechnika Opolska

## WPŁYW TEMPERATURY NA JAKOŚĆ ZIARNA W PROCESIE SUSZENIA Z WYKORZYSTANIEM SORBENTÓW NATURALNYCH

### Streszczenie

Suszenie płodów rolnych z wykorzystaniem sorbentów naturalnych – jakim jest ziarno tego samego gatunku co ziarno suszone, daje możliwość obniżenia nakładów energetycznych na proces suszenia i dosuszania ziarna. Artykuł przedstawia dynamikę oddawania wilgoci przez ziarno wilgotne i pochłaniania wody przez ziarno przesuszone z uwzględnieniem różnych udziałów masowych ziarna i temperatury czynnika suszącego. Ważnym aspektem takiego suszenia jest jakość nasion podczas suszenia. W związku z tym w artykule przedstawiono innowacyjną metodę oceny jakości ziarna za pomocą komputerowej analizy obrazu.

**Słowa kluczowe:** suszenie, sorpcja, desorpcja, funkcja harmoniczna z tłumieniem, transport wilgoci, komputerowa analiza obrazu, Lear – aplikacja komputerowa

### Wprowadzenie

Odpowiednia wilgotność i temperatura mają ogromny wpływ na wzrost natężenia procesów życiowych ziarna oraz żyjących w nim drobnoustrojów, owadów i roztoczy. Również cechy odmianowe, warunki dojrzewania i zbioru, czystość i zdrowotność nasion, a także sposób przygotowania do magazynowania mają ogromny wpływ na trwałość ziarna.

Do sposobów przechowywania zbóż należy:

- przechowywanie w stanie suchym, czyli obniżenie wilgotności do 10–14%. Przy tej wilgotności procesy fizjologiczne ziarna są bardzo zwolnione. Przy wilgotności 14% w masie ziarna nie mogą rozwijać się pleśnie, bakterie i roztocze. Aby uniemożliwić rozwój owadów w masie ziarna należy obniżyć wilgotność do 8–10%. Należy wtedy zastosować dosuszanie ziarna, co w praktyce jest nieekonomiczne, ale niekiedy konieczne,

- przechowywanie zboża w stanie schłodzonym, czyli poprzez obniżenie jego temperatury. Metodę ochładzania ziarna można stosować jako zapobiegającą rozwojowi szkodników,
- przechowywanie zboża bez dostępu powietrza, polega na doprowadzeniu masy ziarna poprzez odcięcie tlenu do stanu maksymalnego zahamowania czynności życiowych (anabiozy) [Pohorecki, Wroński 1979; Pabis S., Pabis J., 1974].

Do suszenia zbóż wykorzystywane są głównie technologie oparte na metodzie konwekcyjnej. Proces taki ma zastosowanie w suszarkach i urządzeniach dosuszających wykorzystujących podgrzane powietrze. Do suszenia zbóż można także wykorzystać różnego rodzaju sorbenty w szczególności mineralne. Jak dotychczas wykorzystywane są one na niewielką skalę. Wymogi ostatnich lat preferujące zmniejszenie zużycia energii stwarzają możliwość rozwoju tej metody jako jednej z niekonwekcyjnych metod suszenia zbóż [Pabis 1965].

### **Cel i zakres pracy**

Ocena jakości ziarna pszenicy podczas procesu suszenia z wykorzystaniem sorbentów naturalnych czyli ziarna tego samego gatunku co ziarno suszonego z uwzględnieniem temperatury, oraz znalezienie empirycznych rozwiązań opisujących transport wilgoci w masie tak suszonego ziarna. Porównanie komputerowej akwizycji obrazu do analizy zmian jakości ziarna podczas suszenia wyżej wymienioną metodą z metodą mikroskopową.

### **Metodyka badań i opracowanie wyników**

Przeprowadzono 4 serie badań wymiany wody między ziarnami pszenicy o różnej zawartości wody dla 2 różnych udziałów masowych sorbatu i sorbentu z uwzględnieniem różnych temperatur podgrzania. (tab. 1). Dla każdego składu wykonano 2 powtórzenia. Dodatkowo wykonano dwie serie badań polegające na określeniu jakości ziarna w czasie suszenia metodą mikroskopową oraz za pomocą komputerowej analizy obrazu.

*Tabela 1. Skład mieszaniny ziarna dla poszczególnych prób*

*Table 1. Composition of the mixture of the grain for individual sample*

Temperatura sorbentu [°C]	Materiał wilgotny [%]	Sorbent [%]	Masa ziaren wilgotnych [kg]	Masa sorbentu [kg]
30	50	50	1	1
30	60	40	1,2	0,8
40	50	50	1	1
40	60	40	1,2	0,8

Badanie przebiegu wymiany wody między obiema frakcjami ziarna przeprowadzono w pojemnikach o pojemności 3 kg, do których wsypywano odpowiednio wymieszany materiał, tak aby wypełniał całą objętość pojemnika, który następnie zamknięto. Aby uzyskać właściwe wymieszanie obu frakcji zastosowano metodę przesypu, w której wykorzystano mieszalnik statyczny [Boss, Tukiendorf 1989].

W każdej próbie mieszano ziarna podgrzane do temperatury 30, 40°C (sorwent) o wilgotności przedstawionej w tabeli 2. z ziarnami sztucznie nawilgoconymi do wilgotności przedstawionej w tabeli 3. (sorbat).

*Tabela 2. Zawartość wody i czas suszenia sorbentu*

*Table 2. The content of water and the time of sorbent drying*

Temperatura [°C]	Czas suszenia [h]	Zawartość wody [kg/kg]
30	24	0,06
40	24	0,05

Nawilżanie przeprowadzono pod dygestorium z użyciem łaźni wodnej. Nad zwierciadłem pary wodnej powstałej w łaźni wodnej umieszczono ramę z siatką na której było ziarno. Pożądaną wilgotność uzyskano po nawilżaniu przez 24 godziny. (tab. 3).

*Tabela 3. Zawartość wody w sorbacie po nawilżeniu*

*Table 3. Content of water in sorbent after dampening*

Nr próby	Temperatura [°]	Udział w masie ziaren wilgotnych i suchych [%]	Zawartość wody w ziarnie [kg/kg]
1	30	50-50	0,24
2	30	60-40	0,23
3	40	50-50	0,31
4	40	60-40	0,23

Wymianę wody między ziarnami badano na podstawie zmiany zawartości wody w materiale wilgotnym i w sorbencie podczas trwania procesu. W celu tym pobierano próbki o masie około 50 g i po rozdzielaniu ziaren określano w nich zawartość wody metodą suszarkową zgodnie z PN-79/R-65950, ważąc próbki sorbatu i sorbentu bezpośrednio po ich pobraniu i rozdzielaniu oraz po wysuszeniu ich w suszarce do stałej masy. Próbki ważono z dokładnością do +/- 0,0001 g [Polska Norma PN- 79/R-65950].

## Analiza i dyskusja wyników

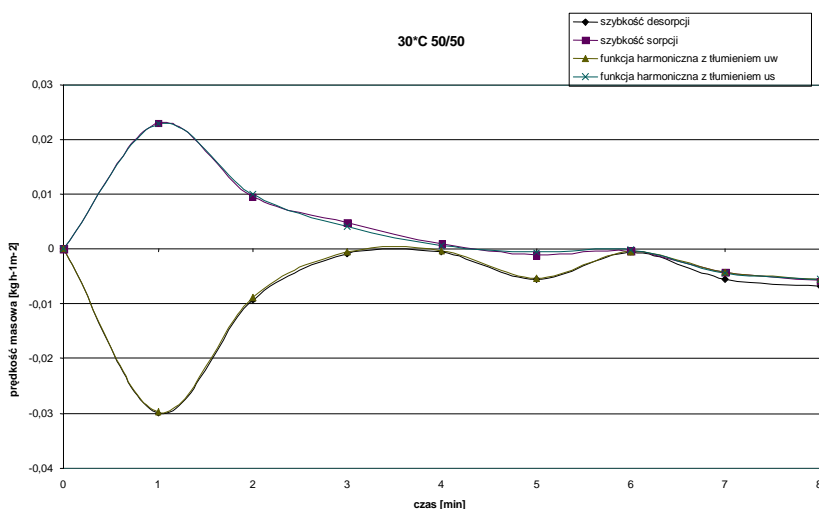
Sporządzono wykresy w układzie prędkość masowa (szybkość sorpcji i desorpcji) jako funkcja czasu, ponieważ zjawisko odniesione jest do czasu, czyli jak zmienia się zawartość wody w czasie trwania procesu. Szybkość suszenia ma wymiar prędkości masowej, decydującą rolę w procesie transportu wilgoci odgrywa powierzchnia materiału. [Strumiłło 1983]. Do sporządzenia krzywych posłużono się równaniem funkcji harmonicznego tłumienia, która ma następującą postać:

$$J = -\Delta u \exp(k_0 \Delta \tau) \left( -\cos \left( \frac{\Delta \tau}{k_1} - \frac{\Delta \tau}{k_2} \right) \right) \quad (1)$$

gdzie:

- $J$  – prędkość masowa
- $\Delta u$  – przyrost zawartości wody
- $\Delta \tau$  – krok czasowy
- $k_0, k_1, k_2$  – współczynniki empiryczne

Równanie to pozwoliło na wykreślenie krzywych, które pozwalają na zobrazowanie tego co dzieje się w przestrzeniach międzyziarnowych. (rys. 1).



Rys. 1. Prędkość masowa w funkcji czasu wykreślona za pomocą funkcji harmonicznego tłumienia dla sorbentu podgrzanego do 30°C, przy udziale 50% ziaren wilgotnych i 50% ziaren suchych

Fig. 1. Mass velocity as a function of time described by harmonic function with suppression for sorbent heated to 30°C – 50° of humid grains and 50% of dry grains

Wprowadzenie dodatkowego członu w oparciu o funkcję harmoniczną z tłumieniem do równania suszenia metodą konwekcyjną i wyznaczenie współczynników empirycznych uwzględnia ruch wilgoci w obie strony [Pabis 1982].

Jak wynika z analizy krzywych dynamiki zmian zawartości wody, daje się zauważyć wyraźny wpływ zarówno składu (proporcji) mieszaniny jak i temperatury sorbentu na przebieg procesu oddawania wilgoci i jej pochłaniania.

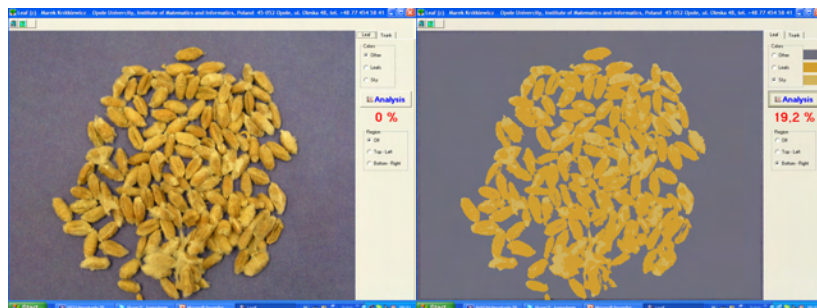
Dodatkowo wykonano analizę oceny stanu jakości ziarna podczas suszenia z wykorzystaniem sorbentu naturalnego i dane obserwowane pod mikroskopem zanotowano w postaci opisu tabelarycznego. (tab 4).

*Tabela 4. Wyniki obserwacji mikroskopowej wybranej próby. (60% ziaren wilgotnych i 40% ziaren suchych podgrzanych do 40°C)*

*Table 4. Results of observation of the microscopic chosen sample. (60% of humid grain and 40% of drie grains heated to 40°C)*

Opis obserwacji mikroskopowej	
Przewietrzane	Nie przewietrzane
Większe krople wody	Pojedyncze skupiska czarnych punktów, liczne drobne kropelki wody
Bardzo liczne, drobne krople wody	Drobne krople wody, mniej niż w przewietrzonym, liczne czarne punkty
Małe ilości kropel wody, sporadycznie pojedynczy grzyb	Niewielka ilość kropel wody, duża ilość grzyba i zarodników
Widoczne krople wody na ziarniaku	Liczne krople wody
Liczne drobne krople wody, duże ilości	Liczne drobne krople wody
Skupiska większych kropel wody	Liczne drobne krople wody, czarne punkty
Drobne krople wody, w bliźnie większe krople	Zapach stęchły, liczne czarne punkty, liczne drobne krople wody
Mało liczne krople wody, czarne punkty, drobne, we włoskach pojedynczy grzyb	Na włoskach grzyb, mniej liczne krople wody
Czarne punkty, pojedynczy grzyb we włoskach	Grzyb wyraźny, mniej liczne krople wody, czarne punkty
Czarne punkty, mało kropel wody, krople małe, pojedynczy grzyb we włoskach	Liczne czarne punkty, grzyb

Obserwacje te są bardzo czasochłonne i pracochłonne w związku z czym poszukiwano nowej metody, która pozwoli na trafne i szybkie określenie stanu jakości ziarna w czasie przechowywania. W tym celu wykorzystano komputerową analizę obrazu i aplikację Leaf (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowe zdjęcie i analiza za pomocą aplikacji Leaf zanieczyszczonego ziarna grzybem

Fig. 2. Exemplary photo and analysis with the help of the Leaf application polluted grains with mushroom

## Podsumowanie

1. Wolno znikające z powierzchni ziarna krople wody, przy podwyższonej temperaturze mieszaniny tworzą warunki, w których zarodniki grzybów i pleśni uaktywniają się, co znalazło potwierdzenie w obserwacji mikroskopowej.
2. Znaczny stopień przegrzania ziarna ma negatywny wpływ na przebieg procesu, na skutek pojawienia się efektu wtórnej sorpcji i desorpcji.
3. W określaniu stanu jakości produktów rolno – spożywczych za pomocą komputerowej akwizycji obrazu niezmiernie ważnym elementem jest uzyskanie odpowiedniego oświetlenia i natężenia światła, tak aby ze zdjęcia uzyskać pożądane informacje.
4. Stosowanie komputerowej akwizycji obrazu w ocenie produktów rolno – spożywczych może być jedną z innowacyjnych metod pozwalającą na szybką analizę tych produktów.
5. Znalezione empiryczne zależności w postaci równania harmonicznego z tłumieniem w funkcji czasu opisującego przebieg procesu transportu wody między ziarnami pszenicy o różnej zawartości wody i różnym stopniu przegrzania sorbentu:

$$J = -\Delta u \exp(k_0 \Delta \tau) \left( -\cos \left( \frac{\Delta \tau}{k_1} - \frac{\Delta \tau}{k_2} \right) \right)$$

gdzie:

- J – prędkość masowa
- $\Delta u$  – przyrost zawartości wody
- $\Delta \tau$  – krok czasowy
- $k_0, k_1, k_2$  – współczynniki empiryczne

## **Bibliografia**

- Boss J., Tukiendorf M. 1989. Mieszanie systemem funnel – flow układu ziarnistego o różnych średnicach ziaren. Zeszyty Naukowe WSI w Opolu, nr 151, z. 37.
- Pabis S., Pabis J. 1974. Technologia suszenia i czyszczenia nasion. PWRiL, Warszawa.
- Pabis S. 1965. Suszenie płodów rolnych. PWRiL, Warszawa.
- Pabis S. 1982. Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych. PWRiL, Warszawa.
- Pohorecki R., Wroński S. 1979. Kinetyka i termodynamika procesów inżynierii chemicznej. WNT, Warszawa.
- Polska Norma PN- 79/R-65950. Oznaczanie wilgotności ziarna.
- Strumiłło Cz. 1983. Podstawy teorii i techniki suszenia” ,WNT, Warszawa.

## **INFLUENCE OF THE TEMPERATURE ON THE QUALITY OF THE GRAIN IN THE PROCESS OF DRYING WITH USING NATURAL SORBENTS**

### **Summary**

Drying the agricultural products using natural sorbents which there are a grain of the same kind as a dried grain, is giving the possibility of reducing the expenditure energy for the process of drying and airing of the grain. The article shows dynamics of giving back to the damp by humid seed and of absorbing water through the grain dried up a little with taking into consideration different mass shares of the grain and temperatures of the drying factor. A quality is an important aspect of such drying of seeds while drying. Therefore in the article an innovative method of the assessment was presented to the quality of the grain with the help of computer analysis of the image.

**Key words:** drying, sorption, desorption, harmonic function with suppressing, the transport of the damp, computer analysis of the image, Leaf computer application

