

## FIZYCZNE CECHY SUROWCA PRZEZNACZONEGO DO SZTUCZNEGO SUSZENIA

*Stanisław Pabis*

Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa

O ekonomice suszenia oraz o jakości wysuszonego produktu decydują zarówno czynniki zależne od sposobu i organizacji suszenia, jak i jakość oraz zespół cech fizycznych produktu przeznaczanego do suszenia. W interesie doskonalenia metod produkcji w zakresie suszarnictwa płodów rolnych leży zatem zarówno doskonalenie techniki i organizacji suszarnictwa, jak także dostosowywanie zespołu fizycznych cech tych produktów do potrzeb procesu technologicznego. Przedmiotem referatu jest zwrócenie uwagi hodowców na niektóre cechy fizyczne płodów rolnych ważne dla ich suszarnictwa. Pod pojęciem cech fizycznych należy rozumieć zespół własności zarówno mechanicznych, jak i termo- i biofizycznych, charakteryzujących dane produkty.

W odniesieniu do nasion i ziarna technikę suszarnictwa płodów rolnych interesują następujące cechy fizyczne tych produktów:

- niskie ciepło właściwe suchej masy i wysoka przewodność cieplna suchej masy,
- wysoka wartość współczynnika dyfuzji wilgoci wewnątrz nasion,
- wysoka wartość współczynnika przewodności wilgoci zewnętrznych warstw nasion, szczególnie tych, które łatwo ulegają pękaniu w wyniku suszenia w podwyższonych temperaturach,
- kulisty kształt,
- niska wartość współczynnika tarcia i w małym stopniu zależna od zawartości wody w nasionach,
- odporność na działanie podwyższonej temperatury, szczególnie przy wyższej wilgotności nasion (zachowanie żywotności nasion oraz ich wartości technologicznej w przypadku przeznaczenia na konsumpcję),
- odporność na napięcie powierzchniowe wywołane działaniem skurczu suszarniczego, względnie taka budowa nasion, która umożliwiałaby tylko minimalne zmniejszenie objętości nasion w procesie ich suszenia,
- odporność na uderzenia mechaniczne.

W stosunku do roślin zielonych przeznaczonych do sztucznego suszenia

na pasze, szczególnie w suszarkach na gorące gazy, technikę i ekonomikę suszarnictwa rolniczego interesują następujące cechy fizyczne tych roślin:

- wysoka wartość sumy składników pokarmowych, a w szczególności białka strawnego i karotenu,
- odporność na wyleganie,
- odporność roślin na uszkodzenia wywołane przejazdami ciągników, maszyn i przyczep,
- odporność składników pokarmowych na działanie podwyższonej temperatury,
- stabilność składników pokarmowych w suszu podczas jego przechowywania.

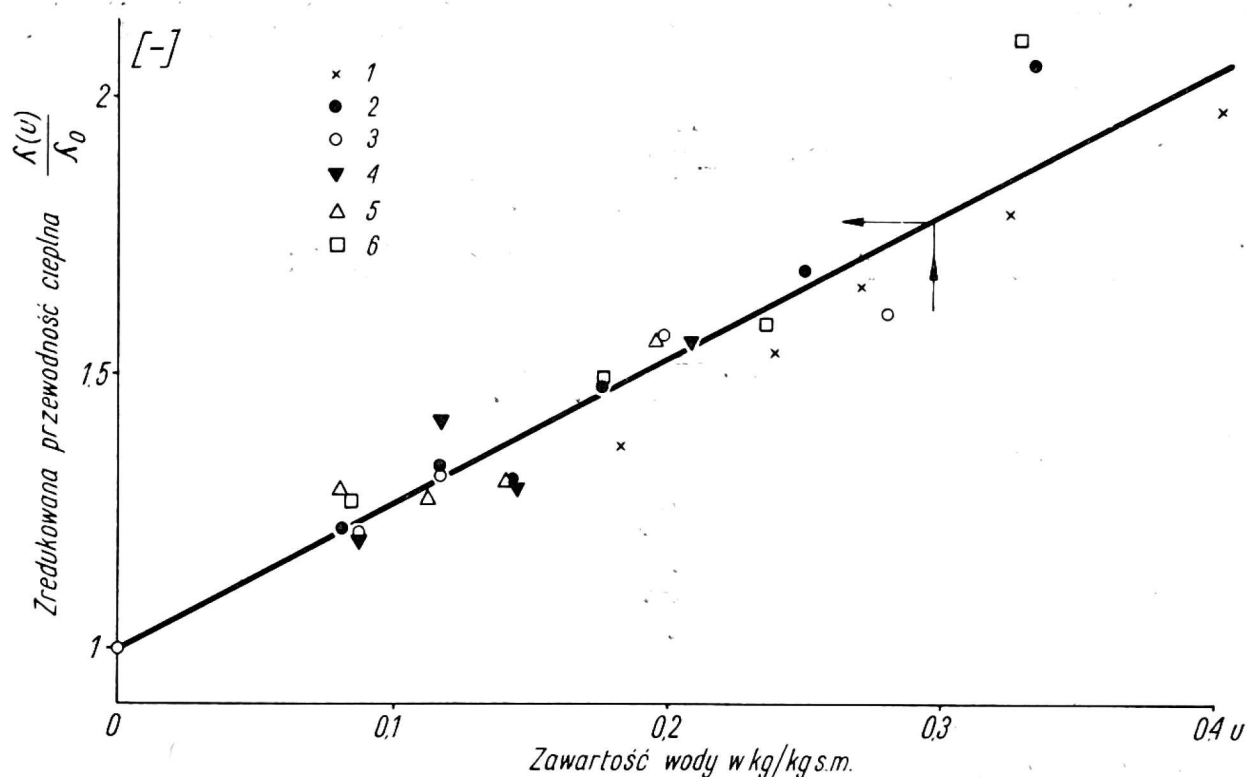
W stosunku ziemniaków następujące cechy fizyczne mogą w znacznym stopniu poprawić warunki i ekonomikę suszenia:

- wysoka zawartość skrobi,
- zwiększona zawartość białka,
- wczesne plonowanie, przy wysokiej skrobiowości, już ok. 20–25 sierpnia,
- odporność na uszkodzenia mechaniczne, procesy zagniwania i przymrozki,
- duże wymiary bulw,
- okrągły kształt bulw,
- gładka powierzchnia bulw, płytkie oczka, możliwie mało wklęsnięć.

Nowym surowcem, którym zajmuje się suszarnictwo płodów rolnych są buraki, szczególnie cukrowe. Dlatego też można obecnie zwrócić uwagę tylko na kilka cech fizycznych, które byłyby interesujące dla suszarnictwa rolniczego:

- powierzchnia korzenia możliwie gładka, mało drobnych korzeni, mała przyczepność ziemi do korzenia,
- kształt kulisty,
- buraki powinny być raczej średnich rozmiarów.

Technikę suszarnictwa rolniczego interesuje, szczególnie w odniesieniu do niektórych cech fizycznych, zależność wartości danych cech od zawartości wody i ewentualnie także temperatury produktu. Zainteresowanie takie wypływa z narastających obecnie możliwości eliminowania szeregu empirycznych równań, opisujących proces suszenia, przez zastępowanie ich równaniami teoretycznymi opracowanymi już przez naukę o wymianie ciepła i masy, względnie opracowywanymi w trakcie podstawowych badań suszarnictwa. W ten bowiem sposób tworzymy teraz naukowe podstawy suszarnictwa płodów rolnych oraz uzyskujemy możliwość doskonalenia techniki prac badawczych i testacyjnych w tej dziedzinie wiedzy, a także pozwalamy konstruktorom na stosowanie lepszych metod w ich pracach nad rozwojem techniki suszarnictwa rolniczego. Rozszerzanie naukowych podstaw suszarnictwa rolniczego pozwoli użytkownikowi suszarek na ich lepsze wykorzystywanie w praktyce produkcyjnej.



Rys. 1. Zależność zredukowanej przewodności cieplnej w nasionach od zawartości wody  
1 — kukurydza, 2 — bobik, 3 — fasola, 4 — groch, 5 — łubin, 6 — rzepak

Jedną z takich cech fizycznych jest przewodność cieplna w warstwie ziarna lub nasion (cecha termofizyczna). Jej wartość, a ściśle biorąc wartość na jej podstawie obliczona — współczynnik dyfuzji cieplnej — decyduje o szybkości rozchodzenia się ciepła w warstwie wilgotnego ziarnistego produktu. Znajomość tego procesu ma istotne znaczenie w zagadnieniach przechowywania wilgotnego ziarna w pojemnikach. W Zakładzie Suszarnictwa i Przechowalnictwa Płodów Rolnych IMER przeprowadziliśmy badania przewodności cieplnej (i związanego z nią współczynnika dyfuzji cieplnej) w warstwie niektórych ziarn i nasion w zależności od ich zawartości wody (stosunku masy wody w ciele stałym do masy jego suchej substancji). Na rysunku pokazano zależność zredukowanej (do przewodności w suchej substancji) przewodności cieplnej w warstwie nasion kukurydzy, bobiku, fasoli, grochu, łubinu i rzepaku w zależności od zawartości wody tych nasion oraz analogiczną zależność dla zredukowanego współczynnika dyfuzji cieplnej w temperaturze ok. 30°C. Rzeczą charakterystyczną, a wykrytą dopiero po przeprowadzeniu badań, jest fakt identycznej matematycznie formy związku między ww. cechami a zawartością wody wszystkich tych nasion. Innymi słowy, ze wzrostem zawartości wody w podanych wyżej nasionach następuje jednakowo szybki wzrost przewodności cieplnej w warstwie nasion niezależnie od rodzaju nasion. Związek ten daje się przy współczynniku korelacji równym 0,97 przedstawić następującym wzorem:

$$\frac{\lambda(u)}{\lambda_0} = 1 + 2,668 \mu \quad (1)$$

Analogicznie wartość zredukowanego współczynnika dyfuzji cieplnej w warstwie tych nasion określa równanie:

$$\frac{a(u)}{a_0} = \frac{(1 + 2,663 u)c_0\gamma_0}{(c_0 + c_w \cdot u)\gamma(u)} \quad (2)$$

bowiem współczynnik dyfuzji cieplnej wyraża związek:

$$a(u) = \frac{\lambda(u)}{\gamma(u) \cdot c(u)} \quad (3)$$

w którym dla  $u = 0$  mamy:

$$\lambda(u) = \lambda_0$$

$$c(u) = c_0$$

$$a(u) = a_0$$

Symbole oznaczają:

- $u$  — zawartość wody w ciele stałym wyrażona w kg wody na kg suchej substancji tego ciała,  
 $\lambda_0$  — przewodność cieplna w warstwie absolutnie suchych nasion wyrażona w kcal/(m·h·deg),  
 $\lambda(u)$  — jw. w warstwie nasion o zawartości wody równej  $u$ ,  
 $a_0$  — współczynnik dyfuzji cieplnej w warstwie absolutnie suchych nasion wyrażony w m<sup>2</sup>/h,  
 $a(u)$  — jw. w warstwie nasion o zawartości wody równej  $u$ ,  
 $\gamma(u)$  — masa właściwa nasion wyrażona w kg/m<sup>3</sup>.  
 $c_0$  — ciepło właściwe absolutnie suchych nasion w kcal/kg deg,  
 $c(u)$  — jw. wilgotnych nasion,  
 $c_w$  — ciepło właściwe wody.

W tab. 1 przedstawiono wartości przewodności cieplnej i współczynnika dyfuzji cieplnej w warstwie absolutnie suchych nasion.

Chcąc zatem obliczyć przewodność cieplną w warstwie nasion, np. rze-

T a b e l a 1. Przewodność cieplna i współczynnik dyfuzji cieplnej w warstwie absolutnie suchych nasion

| Nasiona   | Średnia wartość                                       |   |
|-----------|---|---|
|           | przewodności cieplnej<br>$\lambda_0$ w kcal/(m·h·deg) | współczynnika dyfuzji<br>cieplnej<br>$10^3 \cdot a_0$ w m <sup>2</sup> /h |
| Bobik     | 0,120 ± 0,001   | 0,286   |
| Fasola    | 0,117 ± 0,001   | 0,307   |
| Groch     | 0,111 ± 0,001   | 0,286   |
| Kukurydza | 0,136 ± 0,001   | 0,317   |
| Łubin     | 0,106 ± 0,002   | 0,283   |
| Rzepak    | 0,136 ± 0,001   | 0,253   |

paku o wilgotności nasion  $w = 15\%$  (zawartość wody  $u = 0,176$  kg wody/kg suchej subst.), należy korzystać z równania (1) i tabeli, wtedy:

$$\lambda = (0,138 \pm 0,001)(1 + 2,668 \cdot 0,176)$$

co daje nam wartość:

$$\lambda = 0,203 \pm 0,001 \text{ kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{deg})$$

Przewodność cieplna warstwy nasion rzepaku o wilgotności 15% wzrosła zatem o ok. 47% w stosunku do przewodności cieplnej warstwy absolutnie suchych nasion.

W podobny sposób można przedstawić jeszcze inne zależności między określonymi cechami fizycznymi i np. zawartością wody danego produktu rolniczego. Zdobywanie danych o fizycznych, a szczególnie termo- i biofizycznych cechach płodów rolnych znajduje się obecnie dopiero w początkowym okresie. Nasze obecne rozeznanie o podstawowych fizycznych cechach płodów rolnych jest niewystarczające dla aktualnych potrzeb rozwoju produkcji, konserwacji i przetwarzania tych produktów. Dlatego też konieczne jest rozwinięcie wszechstronnych badań z udziałem wielu placówek wyspecjalizowanych w tego rodzaju pracach badawczych.

*Станислав Пабис*

#### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРЬЯ ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СУШКИ

##### Резюме

В работе обосновывается необходимость опытов над определением физических свойств имеющих значение для сушки и складирования сельскохозяйственных продуктов. Перечислены важнейшие физические свойства выступающие в вопросах сушки семян и зерна, зеленых кормов и пропашных растений. В качестве примеров рассмотрены тепловая проводимость и коэффициент термодиффузии слоя семян кукурузы, конских бобов, люпина, фасоли, гороха и рапса в зависимости от их влажности.

#### PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DES ZUM KÜNSTLICHEN TROCKNEN BESTIMMTEN ROHSTOFFS

##### Zusammenfassung

Im vorgelegten Referat wird die Durchführungsnotwendigkeit von Untersuchungen über Bestimmung wichtiger physikalischer Eigenschaften landwirtschaftlicher Produkte begründet, die für Trocknung und Lagerung ausersehen sind. Es wurden beispielsweise die wichtigsten physikalischen Eigenschaften aufgeführt, die bei Trocknungsprozessen sowohl des Saatguts als auch des Getreidekorns auftreten. Gegenstand der Besprechung waren: Wärmeleitfähigkeit und Index der Temperaturleitfähigkeit der Saatgutschichten von Mais, Ackerbohnen, Lupine, Speisebohnen, Erbsen und Raps, je nach der Saatgutfeuchtigkeit.