

WPLYW PRZECHOWYWANIA NA WLAŚCIWOŚCI FIZYCZNE ZIARNA OWSA

E. Kusińska

Katedra Maszynoznawstwa i Inżynierii Przemysłu Spożywczego AR
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: kusinska@faunus.ar.lublin.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych właściwości fizycznych ziarna owsa o zawartości wody od 12 do 24% w zależności od czasu przechowywania, który wynosił od 0 do 10 dni. Na podstawie rezultatów badań stwierdzono, że na wartości gęstości usypowej i utrząsionej, pola powierzchni rzutu poziomego pojedynczego ziarna, kąta zsypu i naturalnego usypu istotny wpływ wywiera nie tylko zawartość wody w ziarnie, ale również czas jego przechowywania. Za pomocą analizy regresji wielokrotnej wyprowadzono równania opisujące badane parametry w zależności od zawartości wody i czasu przechowywania.

Słowa kluczowe: Owies, właściwości fizyczne, zawartość wody, czas przechowywania.

WPROWADZNIĘ

Znajomość podstawowych właściwości fizycznych materiału ziarnistego, tj. gęstości usypowej, gęstości w stanie utrząsonym, kąta tarcia zewnętrznego i wewnętrznego, jest niezbędna do projektowania magazynów płaskich i silosów [1, 3] oraz do obliczania parametrów technicznych maszyn transportujących i obrabiających ziarno. Z licznych prac badawczych nad komorami silosowymi [2, 10] wynika, że napór rzeczywisty na ścianę jest znacznie większy od przewidywanego. Związane jest to ze sposobem projektowania silosów. Do obliczeń naporu na ścianę oraz naprężeń w materiale konstrukcyjnym najczęściej przyjmuje się, że gęstość surowca oraz kąt tarcia ziarna o ścianę mają stałe wartości. Na te parametry decydujący wpływ ma wilgotność surowca [1, 6, 9].

Wartości gęstości zbóż oraz kąta naturalnego usypu i kąta tarcia zewnętrznego przy określonej wilgotności są znane [3, 5].

Kusińska [7, 8] oraz Grochowicz i in. [4] badając procesy zachodzące w zbożach podczas przechowywania w silosie stwierdzili, że przyczyną znacznych wzrostów naporu poziomego może być zmiana właściwości fizycznych surowca podczas składowania. W celu częściowego wyjaśnienia tego zagadnienia przeprowadzono pomiar właściwości fizycznych ziarna owsa o zróżnicowanej zawartości wody w zależności od czasu przechowywania.

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Badania przeprowadzono na ziarnie owsa odmiany Dragon, który był wyhodowany w Gospodarstwie Rolnym Akademii Rolniczej w roku 1999. Początkowa średnia zawartość wody w pobranych 20 próbach z pięćdziesięcikilogramowej partii materiału wahała się od 11 do 12,2%. Po dokładnym wymieszaniu ziarna zawartość wody w nim wyniosła 11,8%. Materiał nawilżano wodą destylowaną do uzyskania zawartości wody 12; 14; 16; 18; 20; 22 i 24%. Niezbędną masę wody, którą należało dodać w celu uzyskania wymaganej zawartości wody obliczano z następującego wzoru:

$$W = M \frac{u_o - u_z}{100 + u_o} \quad (1)$$

gdzie:

W – masa wody potrzebna do uzyskania wymaganej zawartości wody, kg,

M – masa nawilżanego ziarna, kg,

u_o – wymagana zawartość wody, zwana później początkową zawartością wody w ziarnie, %,

u_z – zawartość wody w zakupionym ziarnie, %.

Nawilżony owies przetrzymywano w szczelnie zamkniętych słojach o objętości 5 dm³ przez 48 godzin. Na podstawie wcześniejszych badań przyjęto, że taki czas jest wystarczający do wyrównania zawartości wody w próbce. Zawartość słoja mieszano przez ich obracanie co 12 godzin w celu równomiernego nawilżenia całej próby. Pierwszy pomiar właściwości fizycznych przeprowadzono w dniu 0, czyli tuż po uzyskaniu materiału badawczego (po 48 godzinach od dodania wody), drugi po dwóch dniach, a trzeci i czwarty po sześciu i dziesięciu dniach

przechowywania ziarna. Pomiaru poprzedzane były określeniem zawartości wody w każdym pojemniku.

Zakres badań obejmował pomiar następujących parametrów:

- gęstości usypowej, którą mierzono według normy PN-73/R-74007;
- gęstości utrzęsionej (zgodnie z PN-65/Z-04003);
- kąta zsypania, który charakteryzuje tarcie zewnętrzne (pomiaru przeprowadzano według PN-65/Z-04004 stosując płytę ze stali nierdzewnej);
- kąta naturalnego usypania, charakteryzującego tarcie wewnętrzne (PN-65Z-04005).

Pomiaru przeprowadzano w trzech powtórzeniach.

Dodatkowo określono pole powierzchni rzutu poziomego pojedynczego ziarna za pomocą komputerowej metody wizyjnej Super VIST v.1 z modułem do pomiarów morfometrycznych SVISTMET (zgodnie z ASAE Paper N° 911751). Każdy z pomiarów przeprowadzano w 100 powtórzeniach.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki badań przedstawiono w postaci wykresów na Rys. 1-5. Z Rys. 1 wynika, że wartości gęstości usypowej uwarunkowane są nie tylko zawartością wody ale również czasem składowania. Dla wszystkich czasów przechowywania gęstość usypowa maleje wraz ze wzrostem zawartości wody. Wydłużenie czasu składowania również powoduje spadek wartości gęstości usypowej. Dla ziarna o początkowej zawartości wody 12% na początku składowania gęstość usypowa wynosiła 0,469 kg/dm³, a w trakcie 10-dniowego składowania zmalała w niewielkim stopniu do 0,466 kg/dm³. Największe zmiany wartości gęstości usypowej zaobserwowano dla owsa o początkowej zawartości wody 24%. W tym przypadku gęstość usypowa podczas składowania zmalała od 0,436 kg/dm³ do 0,410 kg/dm³. Zależność gęstości usypowej owsa od początkowej zawartości wody i czasu przechowywania opisano stosując metodę regresji wielokrotnej za pomocą wielomianu stopnia pierwszego:

$$\rho_u = 0,52 - 0,0039u_o - 0,0013t \quad (2)$$

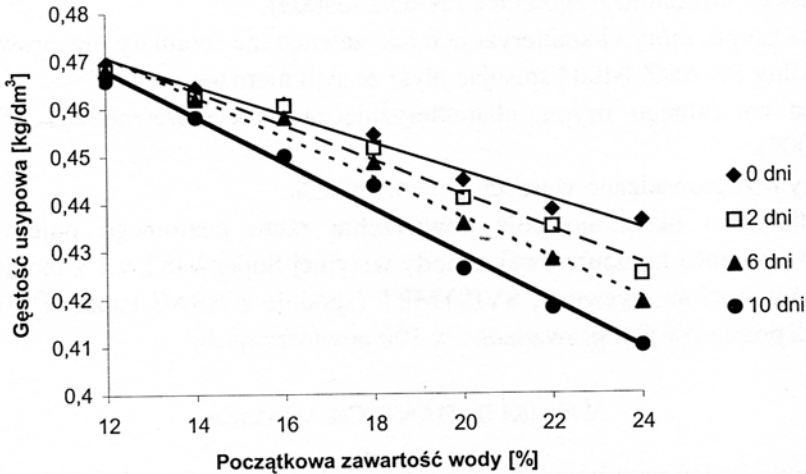
gdzie:

ρ_u – gęstość usypowa owsa, kg/dm³,

u_o - początkowa zawartość wody, %,

t – czas przechowywania, dni.

Współczynnik determinacji tego równania wynosi $R^2 = 0,95$, a zawartość wody i czas przechowywania na wyniki pomiaru gęstości usypowej wpływają istotnie (na poziomie istotności $\alpha \leq 0,01$).



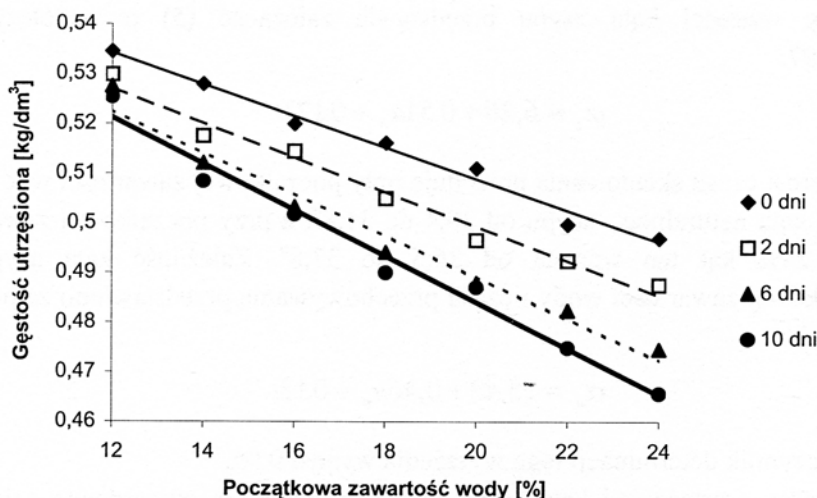
Rys. 1. Gęstość usypowa ziarna owsa w zależności od zawartości wody i czasu składowania.

Fig. 1. Bulk density as influenced by the moisture content and the time of storage.

Wyniki pomiaru gęstości utręzionej owsa przedstawiono na Rys. 2. Wzrost początkowej zawartości wody również i w tym przypadku powoduje spadek gęstości utręzionej. Największe wartości gęstości w stanie utręzionym odpowiadają początkowemu okresowi przechowywania, a najmniejsze – dziesiątemu dniu przechowywania. Największy wpływ czasu składowania jest zauważalny dla owsa o początkowej zawartości wody 24%. Wydłużenie czasu składowania w tym przypadku powoduje spadek gęstości utręzionej od 0,497 do 0,466 kg/dm³. Analiza regresji wykazała, że na wartości gęstości utręzionej owsa istotnie wpływa początkowa zawartość wody oraz czas przechowywania (na poziomie $\alpha \leq 0,01$), a zależność między zmienną zależną i zmiennymi niezależnymi jest liniowa i można ją przedstawić za pomocą wyrażenia ($R^2 = 0,95$):

$$\rho_{utr} = 0,58 - 0,0039u_o - 0,0021t \quad (3)$$

gdzie: ρ_{utr} – gęstość ziarna owsa w stanie utręzionym, kg/dm³.



Rys. 2. Wpływ zawartości wody i czasu przechowywania na gęstość utrżoną owsa.

Fig. 2. The influence of moisture content and time of storage on the shaken density of oat.

Wszystkie wartości gęstości utrżonej ρ_{utr} są większe od odpowiadających im wartości gęstości usypowej ρ_u . Zależność między wartościami gęstości usypowej oraz gęstości utrżonej przy współczynniku determinacji $R^2 = 0,89$ można przedstawić w następującej postaci:

$$\rho_u = -0,0038 + 0,896\rho_{utr} \quad (4)$$

Między wartościami gęstości utrżonej i gęstości usypowej istnieje duża korelacja na poziomie istotności $\alpha \leq 0,01$ (współczynnik korelacji wyniósł 0,94).

Analiza statystyczna wyników pomiaru kąta zsypania α_z i kąta naturalnego usypu α_u ziarna owsa (Rys. 3 i 4) wykazała, że na ich wartości istotny wpływ (na poziomie istotności $\alpha \leq 0,01$) również wywiera nie tylko początkowa zawartość wody, ale i czas magazynowania. Oba czynniki powodują wzrost omawianych cech.

Wzrost zawartości wody wywoływał największy przyrost wartości kąta zsypania w 10 dniu składowania (od 13,5 do 21°), a na początku procesu magazynowania wzrost wartości następował od 13,1 do 18°.

Zmiany wartości kąta zsypania przedstawia zależność (5) o współczynniku $R^2 = 0,97$:

$$\alpha_z = 6,26 + 0,51u_o + 0,171t \quad (5)$$

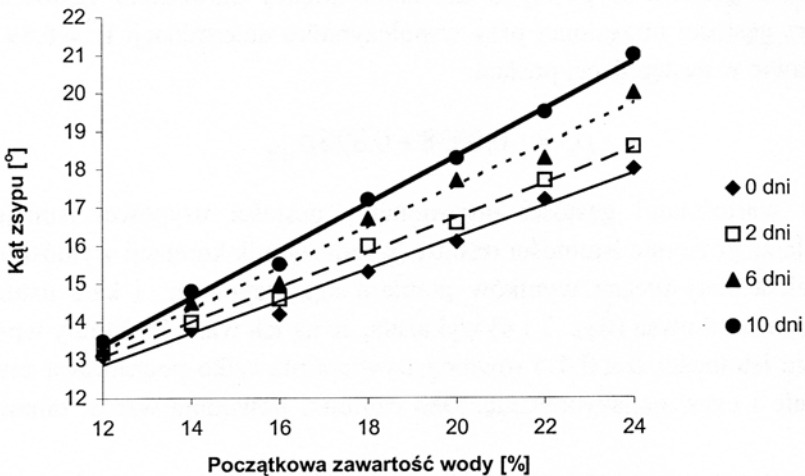
Wzrost czasu składowania powoduje przy początkowej zawartości wody 12% wzrost kąta naturalnego usypania od 30,4 do 31,8°, a przy początkowej zawartości wody 24% kąt ten wzrasta od 36,5 do 37,8°. Zależność kąta usypania od początkowej zawartości wody i czasu przechowywania przedstawiono za pomocą równania:

$$\alpha_u = 25,43 + 0,46u_o + 0,18t \quad (6)$$

Współczynnik determinacji tego wyrażenia wynosi 0,95.

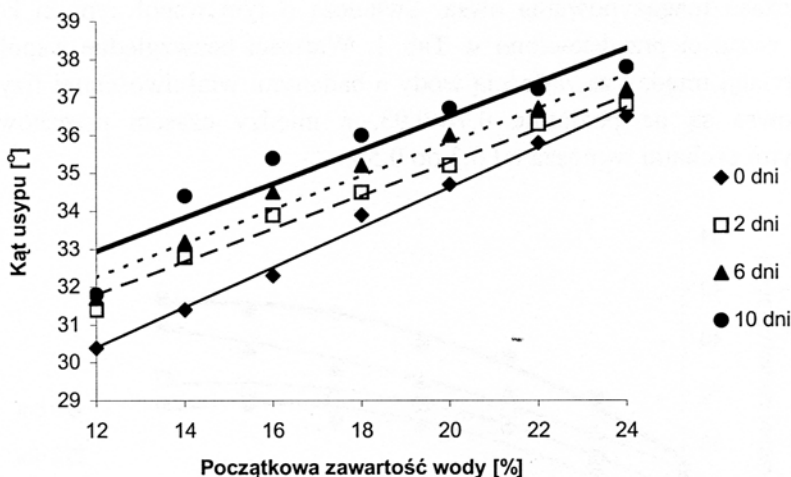
Między wartościami kąta zsypania α_z i kąta usypania α_u stwierdzono zależność liniową o $R^2 = 0,9$ oraz $\alpha \leq 0,01$, która ma następującą postać:

$$\alpha_u = 20,17 + 0,89\alpha_z \quad (7)$$



Rys. 3. Kąt zsypania ziarna owsa w funkcji zawartości wody i czasu przechowywania.

Fig. 3. Chute angle of oat as the function of the moisture content and the storage time.



Rys. 4. Wykres zależności kąta usypu ziarna owsa od zawartości wody i czasu składowania.

Fig. 4. The graph showing the dependence of angle of natural repose on the moisture content and the storage time.

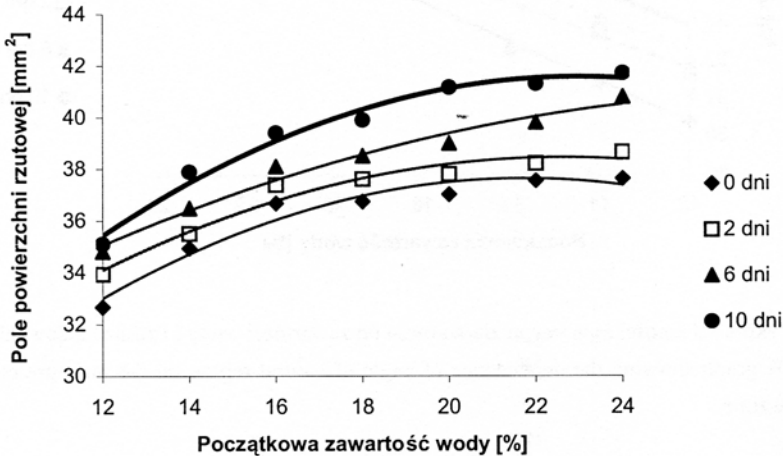
Pole powierzchni rzutu poziomego pojedynczego ziarna owsa S wzrasta wraz ze zwiększeniem zawartości wody oraz czasu przechowywania (Rys. 5). W zerowym dniu składowania przy zwiększeniu zawartości wody od 12 do 24% pole powierzchni pojedynczego ziarna wzrasta odpowiednio od 32,68 do 37,83 mm², a w dziesiątym dniu – od 35,1 do 41,72 mm². Zmiany tego parametru opisane są wielomianem stopnia drugiego o $R^2=0,95$:

$$S = 16,26 + 1,87u_o + 0,33t - 0,04u_o^2 \quad (8)$$

W tym wyrażeniu początkowa zawartość wody oraz czas magazynowania powodują występowanie istotnych różnic badanego parametru na poziomie istotności $\alpha \leq 0,01$.

Na podstawie przedstawionych wyników stwierdzono, że wszystkie badane parametry nie były stabilne. Względem wartości początkowej pod wpływem wzrostu zawartości wody i czasu magazynowania nastąpił wzrost kąta zsypu o 13,1%, kąta usypu o 24,3% i pola powierzchni rzutowej o 27,7% oraz spadek wartości gęstości usypowej o 12,7% i gęstości utręzionej o 12,9%. Na zmiany

badanych parametrów większy wpływ wywiera wzrost zawartości wody niż wzrost czasu magazynowania owsa. Świadczą o tym współczynniki korelacji, których wartości przedstawiono w Tab. 1. Wartości bezwzględne współczynników korelacji między zawartością wody a badanymi właściwościami fizycznymi ziarna owsa są na poziomie 0,76-0,93, a między czasem przechowywania a badanymi cechami wynoszą od 0,3 do 0,56.



Rys. 5. Zależność rzutu poziomego pola powierzchni pojedynczego ziarna od zawartości wody i czasu przechowywania.

Fig. 5. The horizontal area of single oat grain to the moisture content and the storage time.

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji między zawartością wody, czasem magazynowania oraz badanymi cechami

Table 1. Correlation coefficients between the moisture content, the storage time and the study properties

Badana cecha	Zawartość wody	Czas magazynowania
Gęstość usypowa	-0,93	-0,3
Gęstość utręszona	-0,86	-0,45
Kąt zsypu	0,93	0,3
Kąt usypu	0,91	0,36
Pole pow.	0,76	0,56

W przedstawionych badaniach czas przechowywania odzwierciedla wszelkie zmiany, jakie zachodzą w ziarnie owsa. Ziarno podczas magazynowania w wyniku procesu oddychania wydziela głównie ciepło i wodę. Woda w zamkniętym pojemniku jest pochłaniana przez ziarno, co powoduje jego dodatkowe pęcznienie. Wzrost temperatury ziarna, zwłaszcza przy dużych początkowych zawartościach wody, może również powodować zmianę składu chemicznego ziarna i rozwój pleśni. Przypuszcza się, że te zjawiska są główną przyczyną zmian właściwości fizycznych badanego materiału.

WNIOSKI

1. Na wartości gęstości usypowej i utręzionej, pola rzutu poziomego pojedynczego ziarna oraz kąta zsypu i usypu owsa istotny wpływ wywiera zawartość wody w ziarnie i czas jego przechowywania.
2. Na badane właściwości fizyczne większy wpływ wywiera zawartość wody niż czas przechowywania.
3. Wzrost zawartości wody oraz czasu przechowywania powoduje spadek gęstości usypowej oraz gęstości utręzionej owsa.
4. Wartości kąta naturalnego usypu i zsypu oraz pola powierzchni rzutowej pojedynczego ziarna rosną wraz ze wzrostem zawartości wody i czasu przechowywania.

PIŚMIENNICTWO

1. Clower R.E., Ross I.J., White G.M.: Properties of compressible granular materials as related to forces bulk storage structures. *Trans. ASAE*, 16(3), 476-481, 1973.
2. Kamiński M.: Badania naporu bezkohezyjnych materiałów sypkich w silosach. *Prace Nauk. IB PWr., S. Monografie 50(20)*, 1986.
3. Grochowicz J.: *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wyd. AR Lublin, 1994.
4. Grochowicz J., Kusińska E., Bilański W.K.: Mass exchange in adjacent layers of grain in material stored in silo. *Int. Agrophysics*, 12, 103-108, 1998.
5. Jurga R.: *Przetwórstwo zbóż, Cz.1*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, 1994.
6. Horabik J.: Wpływ właściwości mechanicznych ziarna pszenicy na rozkład obciążenia w zbiorniku. *Acta Agrophysica*, 1, 1994.
7. Kusińska E.: Effect of moisture content of cereal grains layer on pressure distribution of silo wall. *Int. Agrophysics*, 12, 199-204, 1998.

8. Kusińska E.: Modelowe badania wpływu zawartości wody w ziarnie żyta, czasu składowania oraz smukłości silosu na napór poziomy i pionowy. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 63-70, 1999.
9. Molenda M., Horabik J., Grochowicz M., Szot B.: Tarcie ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 4, 1995.
10. Thompson S.A., Galili N., Williams R.A.: Vertical floor pressures during of a full-scale grain bin. *Trans. ASAE*, 39(3), 1093-1100, 1996.

THE INFLUENCE OF STORAGE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF OAT GRAIN

E. Kusińska

Department of Food Engineering and Machinery, University of Agriculture
Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: kusinska@faunus.ar.lublin.pl

Summary. The paper presented the results of laboratory studies of physical properties of the oat grain whose moisture content was about 12-24% and depended on the storage time which was about 0-10 days. On the basis of these results it was stated that the bulk and shaken density, horizontal area of the single oats grain, chute angle and bulk angle grain were significantly affected not only by the moisture content, but also by the storage time. The results were also subjected to regression analysis which made it possible to describe the parameters under study dependent on the moisture content and time of storage.

Keywords: Oat, physical properties, time of storage.