

*Elżbieta Kusińska*  
*Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych*  
*Akademia Rolnicza w Lublinie*

## **WPLYW PRZECHOWYWANIA PSZENICY W SILOSIE PROSTOPADŁOŚCIENNYM NA INDEKS TWARDOŚCI ZIARNA**

### **Streszczenie**

Praca przedstawia wyniki pomiarów indeksu twardości ziaren pszenicy, które były przechowywane w silosie prostopadłościennym przez 3 tygodnie. Proces przechowywania powodował zmiany twardości ziaren na skutek zachodzących procesów biologicznych. Wzrost zawartości wody powodował spadek indeksu twardości. Po przechowywaniu we wszystkich punktach silosu pszenica nadal należała do ziarna twardego, natomiast zmianie ulegały klasa i indeks twardości.

**Słowa kluczowe:** ziarno pszenicy, przechowywanie, indeks twardości

### **Wstęp**

Jednym z ważnych zagadnień w przetwórstwie zbóż, warunkującym postęp techniczny, jest dostępność surowca o wysokiej jednorodności. Ta cecha ma ważne znaczenie dla przetwórstwa z ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ wyższa jednorodność gwarantuje lepszą efektywność przetwarzania [Geodecki i in. 1998]. Badania Michniewicza i in. [1994] wykazują, że poszczególne partie przyjmowanego ziarna przez elewatory zbożowe mają bardzo zróżnicowaną charakterystykę jakościową. Nawet kilkukrotne przesypywanie zawartości komory nie powoduje ujednoczenia ziarna pod względem wilgotności, zawartości zanieczyszczeń użytecznych, wyrównania ziarna, zawartości glutenu, gęstości i masy 1000 ziaren. Wilgotność ziarna przemieszczanego między komorami ulega zwiększeniu lub zmniejszeniu w zależności od wilgotności względnej powietrza. Wielokrotne wykonywanie zabiegu przemieszczania międzykomorowego powoduje wzrost ilości ziarna mechanicznie uszkodzonego i zmniejsza stopień wyrównania masy ziarna. Zmiany zawartości wody w masie ziarna następują również podczas przechowy-

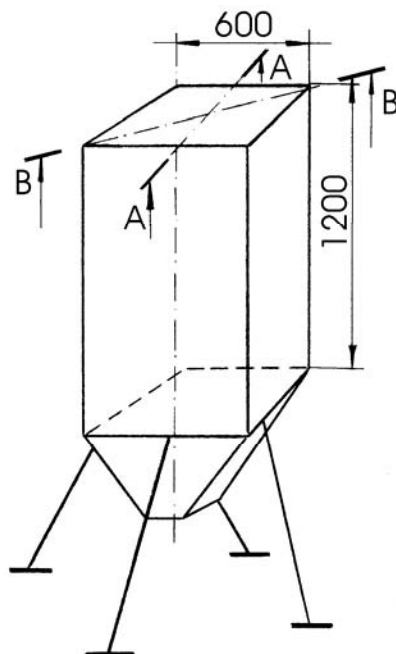
wania ziarna [Khankari i in. 1995; Kusińska 2002]. Podczas magazynowania zawartość wody w ziarnie zmienia się w sposób nierównomierny. Woda w ziarnie o małej zawartości wody w początkowym okresie magazynowania przemieszcza się głównie w dół i w mniejszym stopniu w górę silosu oraz w kierunku poziomym. Następuje jej skraplanie na ścianie silosu oraz większe wydzielanie w punktach położonych w okolicach osi zbiornika. Większe początkowe zawartości wody powodują szybszą migrację wody ku szczytowi silosu. Biorąc pod uwagę duży wpływ nawilżania ziarna na cechy mechaniczne ziarna pszenicy postanowiono sprawdzić jak zmienia się jego indeks twardości podczas magazynowania w silosie o prostopadłościennym kształcie komory. Jest to ważne zagadnienie, ponieważ twardość należy do parametrów decydujących o jakości pszenicy [Soszyńska i in. 1992].

### **Cel badań i metodyka**

Celem pracy jest sprawdzenie tezy mówiącej, że podczas składowania ziarna pszenicy w silosie o prostopadłościennym kształcie komory następują zmiany jego indeksu twardości.

W celu sprawdzenia powyższej tezy przeprowadzono badania doświadczalne na pszenicy jarej odmiany Henika pochodzącej z Centrali Nasiennej w Lublinie, ze zbiorów z 2004 r. Ziarno o zawartości wody 15,59% (średnio suche) i temperaturze 18°C przechowywano w silosie prostopadłościennym o przekroju poprzecznym komory w kształcie kwadratu (szerokość ściany wynosiła 600 mm, a wysokość 1200 mm) przez trzy tygodnie podtrzymując temperaturę zewnętrzną na poziomie 18°C (rys. 1). Było to możliwe dzięki wyposażeniu silosu w płaszcz wodny i ultratermostat. Ziarno przechowywano bez dostępu powietrza z zewnątrz. Pokrywa silosu była termicznie izolowana. W ścianie silosu znajdowały się otwory do pobierania prób. Ziarno pobierano raz w ciągu doby o stałej porze z punktów położonych na wysokości 175; 275; 375; 475; 575; 675; 775; 875 mm w osi silosu i w miejscach rozmieszczonych co 50 mm w kierunku ściany lub naroża silosu. Materiał pobierano w płaszczyźnie prostopadłej do ściany silosu (w przekroju A-A) oraz w płaszczyźnie przechodzącej przez przekątną zbiornika (przekrój B-B). Pobrany materiał testowano za pomocą systemu SKCS 4100, który umożliwiał dokonanie szybkiej i obiektywnej analizy jednorodności próby pod względem następujących cech pojedynczych ziarniaków: masy, grubości, indeksu twardości i zawartości wody [Perten Instruments North America 1995]. Aparat automatycznie odliczał z próby 300 ziaren i po dokonaniu pomiaru podawał mierzone wartości dla

każdego ziarna oraz wartości uśrednione dla danej próby. Badania cech technologicznych ziarna przeprowadzono w Zakładzie Fizycznych Podstaw Oceny i Ulepszania Materiałów Roślinnych PAN w Lublinie.

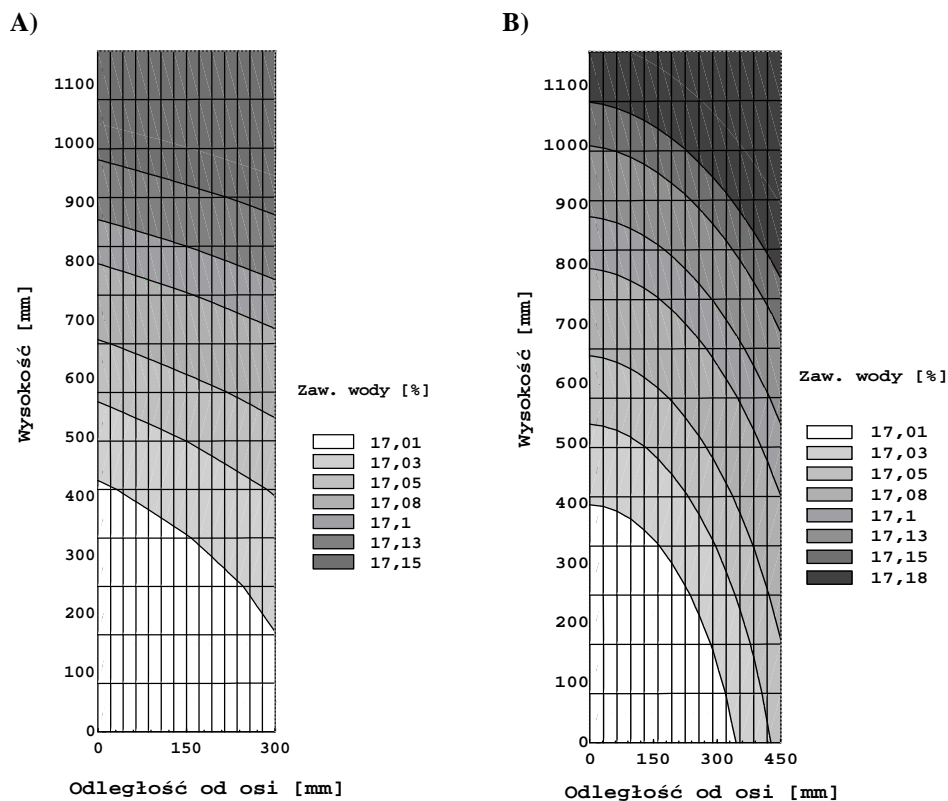


Rys. 1. Schemat silosu  
Fig. 1. Silo chart

### Wyniki badań

W pracy zamieszczono najważniejsze wyniki pomiarów zawartości wody oraz twardości i grubości ziaren pszenicy przed oraz po przechowywaniu.

Na rys. 2 przedstawiono rozkład zawartości wody w pszenicy po trzech tygodniach przechowywania w podłużnych przekrojach silosu A-A i B-B. Procesy biologiczne zachodzące w ziarnie spowodowały wzrost zawartości wody. Wyraźnie dyfundowała ona ku górze oraz w kierunku ścian zbiornika. W górnej części zbiornika wystąpiła jej największa zawartość (17,15 - 17,18%). Najsilniejsze gromadzenie wody zaobserwowano w narożach zbiornika. W dolnej części silosu zawartość wody była najmniejsza i wyniosła 17,01%.



Rys. 2. Rozkład zawartości wody w ziarnie pszenicy po 3 tygodniach przechowywania w silosie a) w przekroju A-A, b) w przekroju B-B

Fig. 2. Distribution of water content in wheat grains after 3 weeks of storage in a silo a) in intersection A-A, b) in intersection B-B

W tab. 1 zamieszczono średnie wartości indeksu twardości ziarna pszenicy przed i po procesie przechowywania dla prób o średnich zawartościach wody: 15,59% (próba kontrolna, przed przechowywaniem); 17,01; 17,08, 17,15 i 17,18% (po przechowywaniu). Indeksy twardości były ściśle związane ze zmianami zawartości wody. Największą wartość indeksu twardości (64,04) miało ziarno przed przechowywaniem. Należało ono do pszenicy twardej o klasie twardości 1. Suma kategorii twardości C i D wyniosła 89%. Po przechowywaniu w ziarnie o zawartości wody 17,01% suma tych kategorii wyniosła 86%. Ziarno nadal miało indeks twardości 1. W miejscach o zawartościach wody 17,08, 17,15 i 17,18% sumy kategorii twardości C i D zmalały odpowiednio do 83, 82 i 80%. Pszenica była bardziej miękka, o klasie twardości 2, ale nadal należała do ziarna twardego.

Tabela 1. Wyniki pomiaru indeksu twardości ziarna pszenicy przed i po procesie przechowywania w silosie

Table 1. Results of measurement of hardness index of wheat grain before storage in a silo and after it

Próba	Zawartość wody [%]	Udział kategorii twardości [%]*				Indeks twardości** [-]	Klasa tward.***
		A	B	C	D		
Przed przechowywaniem	15,59	4	7	19	70	64,04	1
Po przechowywaniu	17,01	4	10	24	62	62,03	1
	17,08	3	12	32	53	60,48	2
	17,15	6	12	30	52	59,17	2
	17,18	6	14	32	48	57,83	2

\* - udział procentowy ziarniaków w 120 - punktowej skali indeksu twardości:

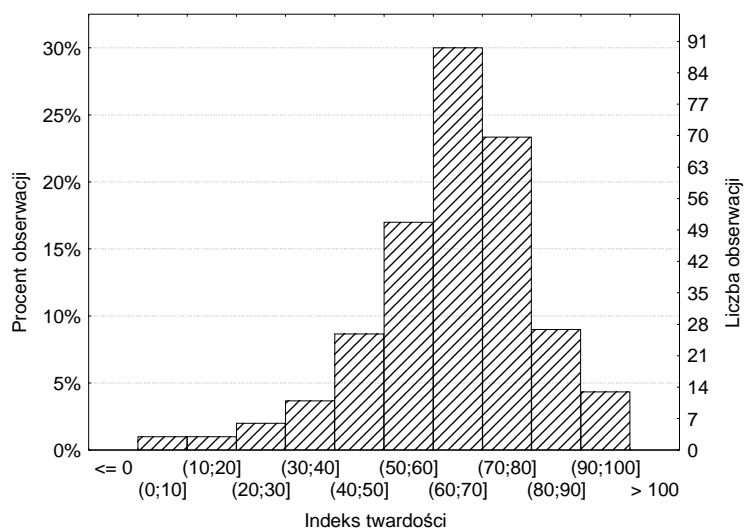
A ≤ 33, B > 33, C > 46, D > 59

\*\* - indeks twardości ziarna jest mierzony w skali 0 - 120 punktów

\*\*\* - klasa 1, 2 – pszenica twarda, 3 – średnia, 4, 5 – miękka.

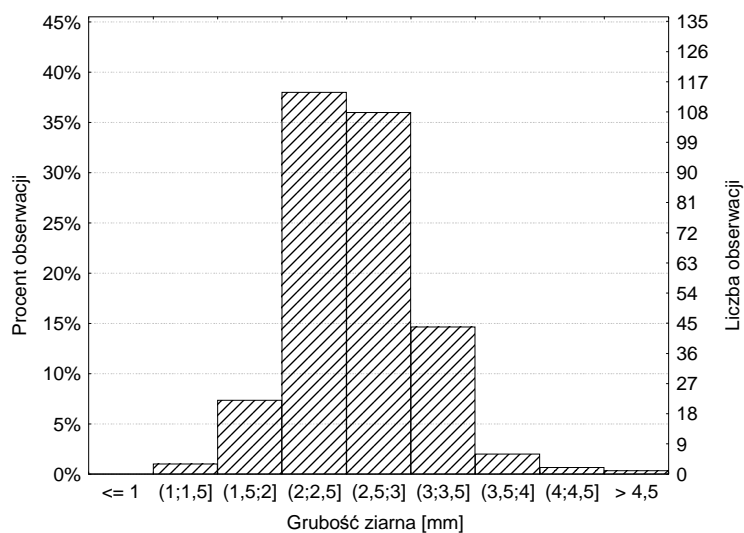
Analiza statystyczna wyników wykazała, że zachodzi bardzo wysoka korelacja między indeksem twardości i grubością ziarna (współczynniki korelacji miały wartość na poziomie 0,9 - 0,97). Na rys. 3 i 4 przedstawiono w postaci histogramów wyniki pomiarów indeksu twardości i grubości ziaren przed przechowywaniem. Największy udział miały ziarna o indeksie twardości od 40 do 90 oraz o grubości od 2 do 3,5 mm (ok. 88%). Po przechowywaniu w próbie o największej zawartości wody (17,18%) udział ziaren o indeksie twardości 40 - 90 zmalał do ok. 84% (rys. 5), a udział ziaren o grubości 2 - 3,5 mm wzrósł do 93%. W wyniku przechowywania średnia wartość grubości ziarna wzrosła od 2,64 do 2,71 mm.

Wyniki badań poddano analizie wariancji, która wykazała, że przechowywanie ziarna pszenicy o zawartości wody 15,59% w silosie przez okres 3 tygodni powodowało istotne zmiany wartości indeksu twardości ( $\alpha=0,05$ ).



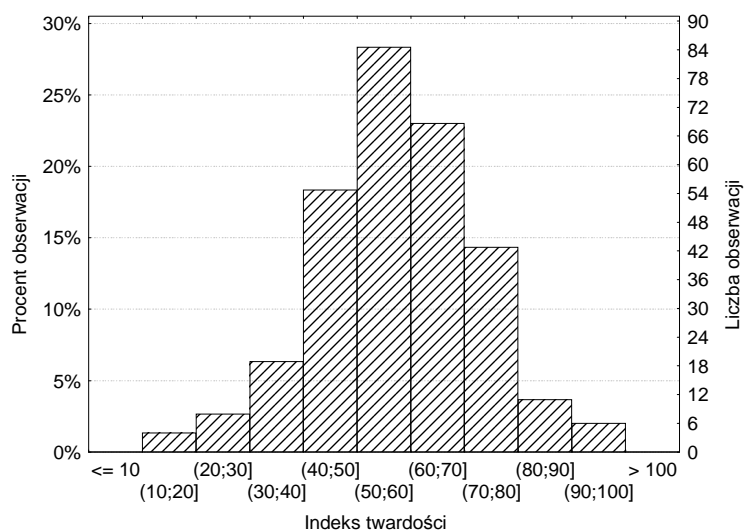
Rys. 3. Histogram rozkładu indeksu twardości ziaren przed przechowywaniem (o średniej zawartości wody 15,59%)

Fig. 3. Histogram of distribution of grain hardness index before storage (with mean water content 15.59%)



Rys. 4. Histogram rozkładu grubości ziaren przed przechowywaniem (o średniej zawartości wody 15,59%)

Fig. 4. Histogram of distribution of grain thickness before storage (with mean water content 15.59%)



Rys. 5. Histogram rozkładu indeksu twardości ziaren po przechowywaniu (o średniej zawartości wody 17,18%)

Fig. 5. Histogram of distribution of grain hardness index after storage (with mean water content 17.18%)

## Wnioski

1. Trzytygodniowy okres przechowywania w silosie ziarna pszenicy o zawartości wody 15,59% powodował istotne zmiany indeksu twardości. Ziarna pobrane z górnej części silosu miały indeks twardości mniejszy niż z dolnej części zbiornika
2. Najmniejszy indeks twardości miało ziarno znajdujące się w narożach zbiornika.
3. Wzrost zawartości wody od 15,59 do 17,18% powodował spadek indeksu twardości od 64,04 do 57,83 i wzrost grubości ziarna od 2,64 do 2,71 mm.
4. Ziarna pszenicy o największych zawartościach wody (17,05 - 17,18%) nadal należały do ziarna twardego, ale o wyższej klasie twardości (2). Ziarna o zawartości wody 15,59 i 17,01% miały klasę twardości 1.

## Bibliografia

Geodecki M., Grundas S. 1998. Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. Biuletyn Zakładu Fiz. Podstaw Oceny i Ulepszania Materiałów Roślinnych IA PAN w Lublinie, 2, 25-26.

Khankari K.K., Patankar S.V., Morey R.W. 1995. A mathematical model for natural convection moisture migration in stored grain. *Trans. ASAE* 38(6), 1777-1787.

Kusińska E. 2002. Wpływ zawartości wody i temperatury ziarna pszenicy na napór poziomy w modelowym silosie. *Rozprawy Naukowe AR w Lublinie*, 255.

Michniewicz J., Kiryluk J., Stachowiak M. 1994. Zmiany cech jakościowych ziarna podczas wykonywania operacji technologicznych w elewatorze. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2/3, 7-8.

Perten Instruments North America. 1995: SKCS 4100. Single Kernel Characterization System. Instruction Manual. Reno, NV.

Soszyńska M., Cacek-Pietrzak G. 1992. Twardość ziarna pszenicy jako kryterium jego jakości. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 3, 21-23.

## **INFLUENCE OF WHEAT STORAGE IN A RECTANGULAR PRISM SILO ON GRAIN HARDNESS INDEX**

### **Summary**

The study presents the results of measurements of hardness index of wheat grain stored in a rectangular prism silo for 3 weeks. The storage process caused changes of grain hardness in result of biological process. An increase of water content caused a decrease of hardness index. After storage, wheat in all points of the silo belonged still to hard grain, although the class and hardness index changed.

**Key words:** Wheat grain, storage, hardness index