

WPLYW USZKODZEŃ WEWNĘTRZNYCH ZIARNA PSZENICY NA TWARDOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ

W. Woźniak

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

e-mail: wanda@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. W pracy dokonano oceny zmian indeksu twardości technologicznej ziarna dwóch odmian pszenicy jarej (Torka i Kontesa), nawilżanego w wodzie w różnym czasie i wysuszonego w temperaturze pokojowej do wilgotności początkowej tj. około 12%. Twardość ziarna określono aparatem SKCS typ 4100. Uszkodzenia wewnętrzne wynikię z powyższych procesów rejestrowano technika rentgenowską. Stan fizyczny bielma określono liczbą pęknięć. Stwierdzono istotne różnicowanie międzyodmianowe zarówno twardości ziarna jak i jego odporności na uszkodzenia mechaniczne. Wydłużanie czasu nawilżania spowodowało spadek twardości ziarna. Stwierdzono wysoką, ujemną i istotną korelację ($r = -0,978$) między indeksem twardości a liczbą uszkodzeń wewnętrznych.

Słowa kluczowe: ziarno pszenicy, nawilżanie, suszenie, aparat SKCS, twardość technologiczna, uszkodzenia wewnętrzne.

WSTĘP

Twardość ziarna jest obecnie najlepszym pośrednim wskaźnikiem wartości wypiekowej pszenicy [6]. Jej związek z cechami młynarskimi (łatwość prowadzenia przemiału, stopień uszkodzenia skrobi w czasie rozdrabniania ziarna, granulacja mąki) oraz piekarskimi (cechy reologiczne ciasta i podatność enzymów amylolytycznych) pozwala na wcześniejsze określenie jakości produktu finalnego.

Obuchowski i in. [2,3,4] na podstawie obszernego przeglądu literatury podają, że twardość ziarna nie jest cechą jednoznacznie zdefiniowaną. Ogólnie można powiedzieć, że jest to właściwość wyrażająca się odpornością na odkształcenia

plastyczne i pęknięcia przy działaniu siły skupionej na powierzchni danego ciała. W przypadku ziarna pszenicy, w zależności od metod pomiaru, twardość określa się jako opór stawiany podczas rozdrabniania, miejscowego odkształcania lub obfuskowania. Niekiedy twardość określa się jako funkcję czasu jego rozdrabniania, granulacji mlewa uzyskanego w standardowych warunkach, ilości najdrobniejszej frakcji mąki, stopnia uszkodzenia skrobi. Każda metoda określa nieco inne cechy ziarna i oparta jest na ocenie właściwości mechanicznych różnych części anatomicznych ziarniaka. Stąd też wyniki tych oznaczeń mogą się różnić.

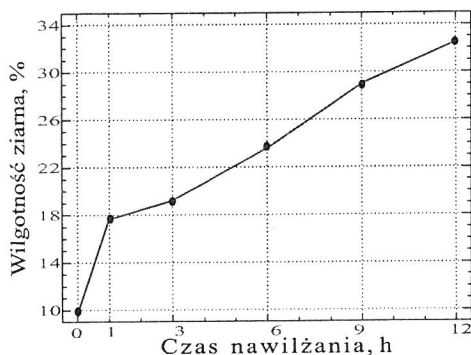
Twardość pszenicy jest cechą odmianową. Cecha ta może być jednak modyfikowana warunkami środowiskowymi, zwłaszcza zabiegami agrotechnicznymi stosowanymi w uprawie polowej. Na cechy technologiczne, w tym również na twardość, mają wpływ warunki pogodowe w czasie rozwoju rośliny i podczas zbioru, zwłaszcza krótkotrwałe opady powodujące nawilżanie ziarna w kłosach. Pszenica uprawiana w suchym klimacie o dużym nasłonecznieniu ma ziarno o wyższej twardości niż ta sama odmiana uprawiana w warunkach o obfitych opadach.

Twardość pszenicy wydaje się być zdeterminowana przez fizyczną strukturę endosperm - matryca białkowa. Stenwert i Kingswood [7] analizując obrazy skaninowe bielma pszenic o różnej twardości zauważyli wyraźne różnice w budowie matrycy białkowej pszenic miękkich i twardych. Podobne różnice zaobserwowano w obrazie bielma ziarniaków mączystych i szklitych tej samej odmiany [5]. Jakkolwiek twardość pszenicy jest cechą uwarunkowaną genetycznie, to na ciągliwość matrycy białkowej wpływać mogą również czynniki środowiskowe.

Przedmiotem niniejszej pracy była ocena wpływu zmian struktury wewnętrznej bielma, spowodowanych nawilżaniem ziarna na jego twardość technologiczną. Otrzymane wyniki pozwoliły określić związek ilościowy twardości technologicznej ziarna z pęknięciami wewnętrznymi.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiał doświadczalny stanowiło ziarno dwóch odmian pszenicy jarej - Kontesa i Torka. Ziarno o wilgotności około 10% nawilżano w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C (między dwoma mokrymi bibułami) przez 1, 3, 6, 9 i 12 godzin i następnie wysuszono w temperaturze otoczenia do wilgotności początkowej. Rysunek 1 przedstawia zależność wilgotności ziarna (średnie dla dwóch odmian) od czasu nawilżania. Wilgotności próby kontrolnej odpowiada czasowi oznaczonemu na osi poziomej 0.



Rys. 1. Zależność wilgotności ziarna od czasu nawilżania.

Fig. 1. Relation between grain moisture content and wetting period.

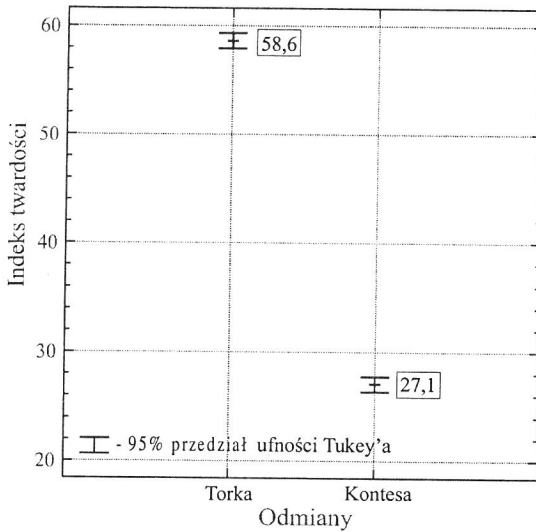
Z każdej próby (kontrola, ziarno po 1, 3, 6, 9 i 12 godzinach nawilżania i wysuszeniu) wybrano po 180 ziarniaków, prześwietlono je i na podstawie obrazów rentgenowskich wyznaczono liczbę pęknięć [8, 9]. Następnie, za pomocą zestawu pomiarowego SKCS typ 4100 produkcji firmy Perten Instruments AB, wyznaczono dla każdego ziarniaka indeks twardości HI [1,10].

WYNIKI

Wnioskowanie przeprowadzono w oparciu o trójczynnиковą analizę wariancji w układzie „odmiany x czas y nawilżania x liczba pęknięć” i przedziały ufności Tukey’a.

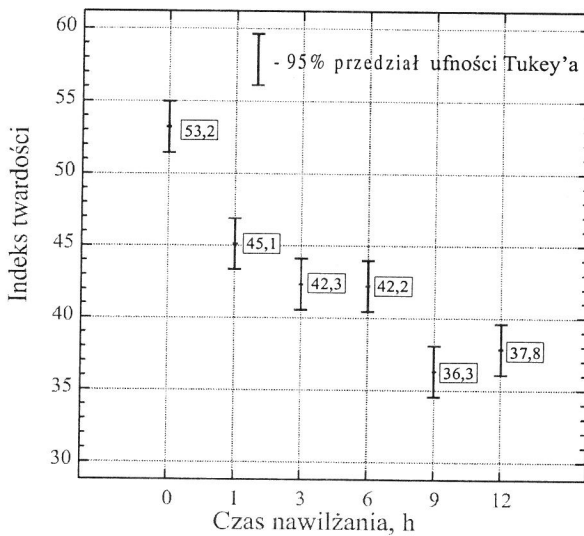
Na Rys. 2 pokazano średnie wartości indeksu twardości HI ziarna badanych odmian pszenicy i 95% przedziały ufności Tukey’a. Widać wyraźne zróżnicowanie międzyodmianowe: skrajnie niska wartość dla odmiany Kontesa - $HI = 27,1$ i wysoka dla Torki - $HI = 58,6$.

Rysunek 3 przedstawia średnie wartości indeksu twardości ziarna pszenicy badanych odmian i 95% przedziały ufności Tukey’a dla prób kontrolnych (oznaczone jako czas 0 - ziarno nie nawilżane) i zastosowanych czasów nawilżania - 1, 3, 6, 9, 12 godzin. Ziarno próby kontrolnej charakteryzowało się najwyższym indeksem twardości - 53,2. W miarę wydłużania nawilżania spadała twardość ziarna - po 12 godzinach o około 30% w stosunku do próby kontrolnej. Największy spadek twardości nastąpił już po pierwszej godzinie nawilżania ziarna, z 53,2 do 45,1.



Rys. 2. Średnie wartości indeksu twardości HI ziarna dwóch odmian pszenicy jarej.

Fig. 2. Average values of hardness index HI of two varieties of spring wheat grains.

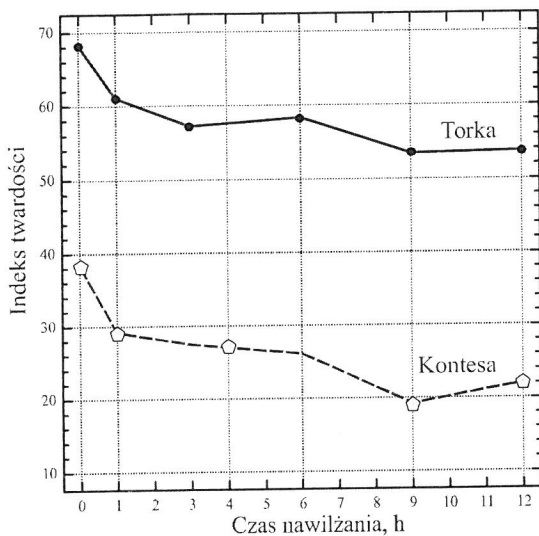


Rys. 3. Średnie wartości indeksu twardości HI ziarna pszenicy jarej wysuszonego po nawilżaniu w różnym czasie.

Fig. 3. Average values of hardness index HI of spring wheat grain dried after different wetted time.

Na Rys. 4 pokazano zależności indeksu twardości od czasu wcześniejszego nawilżania ziarna pszenicy jarej. Po nawilżeniu i łagodnym wysuszeniu (w temperaturze pokojowej) twardość ziarna badanych odmian wyraźnie spadła. Jakkolwiek różnica między indeksem twardości dla ziarna kontrolnego i ziarna po 12 godzinach nawilżania była zbliżona ($\Delta HI = HI_0 - HI_{12} \sim 15$ dla Torki i około

16 dla Kontesy), to spadek względny HI względem kontroli był wyraźnie różny dla tych odmian i wynosił odpowiednio: 21 i 42%. Tak więc reakcja odmian na zmiany struktury bielma spowodowane nawilżaniem i suszeniem ziarna jest różna. Im ziarno charakteryzuje się mniejszą twardością wyjściową (próba kontrolna) tym spadek twardości spowodowany destrukcją bielma jest większy – w przypadku badanych odmian aż dwukrotny.

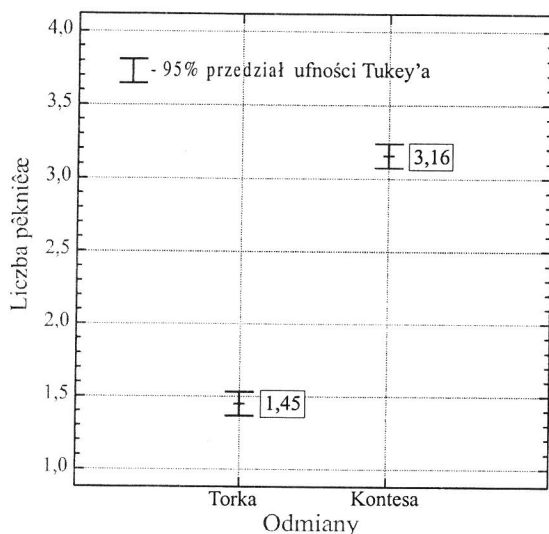


Rys. 4. Zależność indeksu twardości HI ziarna dwóch odmian pszenicy jarej od czasu nawilżania.

Fig. 4. Hardness index HI vs. wetting time of two varieties of spring wheat grains.

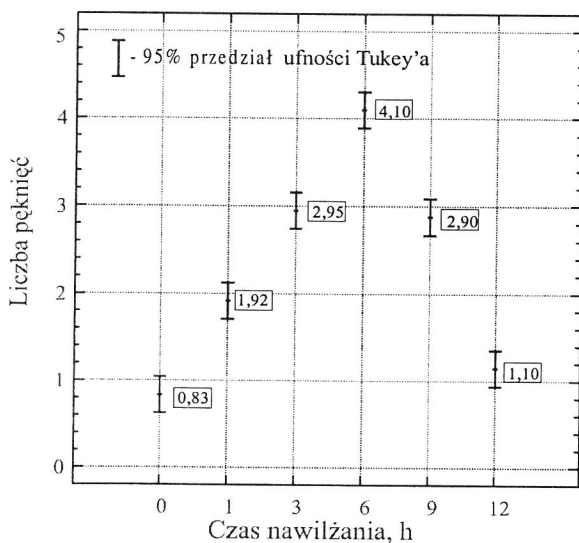
Na Rys. 5. pokazano średnie liczby pęknięć wewnętrznych bielma dla badanych odmian. Ziarno odmiany Torka charakteryzuje się wyraźnie mniejszą odpornością na uszkodzenie bielma od ziarna Kontesy. Średnia liczba pęknięć, która jest ilościową miarą uszkodzenia, jest dla Torki (1,45) ponad dwukrotnie mniejsza od Kontesy (3,16).

Rysunek 6 pokazuje średnie liczby pęknięć wewnętrznych ziarna pszenicy jarej dla różnych czasów nawilżania. Po nawilżeniu i łagodnym wysuszeniu w temperaturze pokojowej liczba zarejestrowanych pęknięć wewnętrznych początkowo rośnie, po 6 godzinach nawilżania osiąga maksimum, poczym maleje.



Rys. 5. Średnie liczby pęknięć wewnętrznych ziarna dwóch odmian pszenicy jarej.

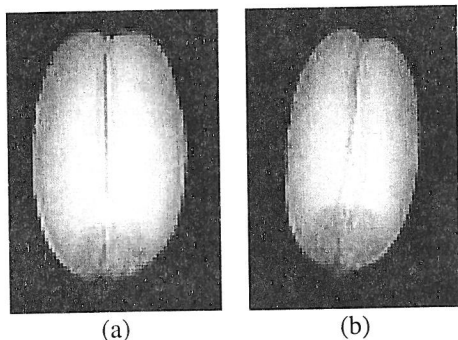
Fig. 5. Average values of numbers of inner cracks of two varieties of spring wheat grains.



Rys. 6. Średnie liczby pęknięć wewnętrznych ziarna pszenicy jarej nawilżanego w różnym czasie.

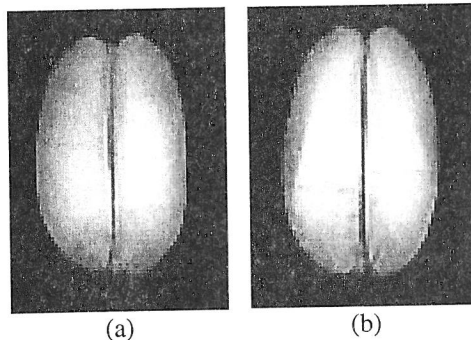
Fig. 6. Average values of numbers of inner cracks of spring wheat grains for different wetted time.

Fotografia 1 przedstawia ziarniaki prób kontrolnych, bez uszkodzeń. Na Fot. 2 pokazano ziarniaki pszenicy Torka (a) i Kontesa (b), które nawilżano 6 godzin w wodzie i następnie wysuszone w warunkach otoczenia. Uszkodzenia ziarna Kontesy są zdecydowanie wyraźniejsze i jest ich więcej.



Fot. 1. Ziarniaki prób kontrolnych pszenicy Torka (a) i Kontesa (b).

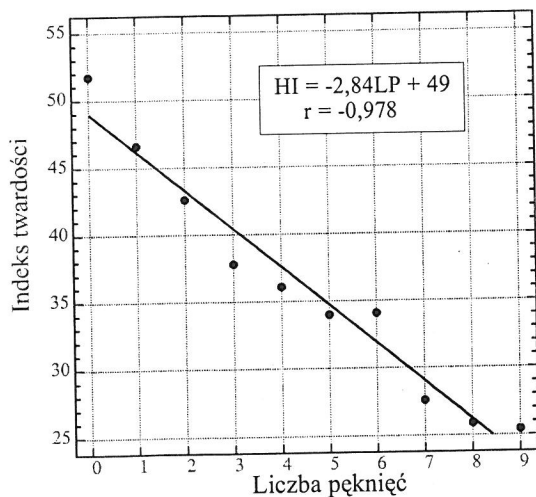
Photo. 1. Grain of control samples of wheat Torka (a) i Kontesa (b).



Fot. 2. Ziarniaki pszenicy Torka (a) i Kontesa (b), które nawilżano 6 godzin w wodzie i następnie wysuszono w warunkach otoczenia.

Photo. 2. Wheat grain of Torka (a) i Kontesa (b) varieties wetted 6 hours and dried in room temperature.

Przeprowadzona analiza regresji wykazała wysoką, ujemną korelację pomiędzy indeksem twardości a liczbą pęknięć wewnętrznych ziarna. Wysokie korelacje upoważniły do przyjęcia modelu liniowego do opisanie tej zależności. Rysunek 7 prezentuje estymowaną prostą.



Rys. 7. Zależność indeksu twardości *HI* od liczby pęknięć wewnętrznych ziarna pszenicy jarej.

Fig. 7. Hardness index *HI* vs. numbers of inner cracks of spring wheat grain.

WNIOSKI

Analiza statystyczna wyników testów twardości i analiz obrazów rentgenowskich pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Analiza wariancji w układzie „odmiany x czasy nawilżania x liczba pęknięć” wykazała, że wszystkie zadane czynniki istotnie różnicowały wartości średnie indeksu twardości *HI*.
2. Stwierdzono istotne zróżnicowanie międzyodmianowe odporności na uszkodzenia wewnętrzne. Ziarno odmiany Kontesa charakteryzowało się mniejszą odpornością na uszkodzenia wewnętrzne niż ziarno Torki. Średnia liczba pęknięć dla kontroli wynosiła odpowiednio 1,3 i 0,4. Maksymalna liczba pęknięć powstałych w wyniku nawilżania ziarna to 5,1 dla Kontesy i 3,2 dla Torki.
3. Stwierdzono istotne zróżnicowanie międzyodmianowe twardości ziarna. Średni indeks twardości ziarna Torki (58,6) był ponad dwa razy większy od średniego indeksu twardości dla Kontesy (27,1).
4. Ziarno odmiany Torka – bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne charakteryzowało się wysokim indeksem twardości, zaś miękkie ziarniaki odmiany Kontesa były jednocześnie bardziej podatne na pękanie.
5. Nawilżanie ziarna spowodowało spadek jego twardości. Średni indeks twardości po 12 godzinach nawilżania i wysuszeniu do wilgotności początkowej był o około 30% niższy od *HI* ziarna próby kontrolnej. Największy spadek twardości następował po pierwszej godzinie nawilżania ziarna. Dłuższe nawilżanie obniżało wprawdzie twardość ziarna, ale zmiany te nie były już tak wyraźne.
6. Stwierdzono, że im niższa twardość ziarna próby kontrolnej tym większy spadek względny twardości spowodowany nawilżaniem. W przypadku Kontesy dwunastogodzinne nawilżanie ziarna doprowadziło do dwukrotnie większego, procentowego spadku twardości niż dla ziarna odmiany Torka.
7. Analiza regresji wykazała ścisły związek twardości ziarna z liczbą uszkodzeń bielma (współczynnik korelacji $r = -0,978$). Otrzymana zależność wykazała, że w miarę wzrostu liczby pęknięć maleje, liniowo, indeks twardości ziarna *HI*.

PIŚMIENNICTWO

1. **Grundas S.:** Określenie cech fizycznych pojedynczych ziarniaków pszenicy przy zastosowaniu techniki rentgenowskiej i systemu SKCS. Inżynieria Maszyn, Konferencja Naukowa „Żywnienie Człowieka – Inżynieria Mechaniczna Żywności”, Bydgoszcz, 51-58, 2001.

2. **Obuchowski W.:** Przydatność metod oceny twardości w charakterystyce jakościowej i identyfikacji ziarna pszenicy jare i ozimej. *Hod. Rośl. Aklim. i Nasien.*, 28, 241-250, 1984.
3. **Obuchowski W.:** Twardość ziarna pszenicy, znaczenie technologiczne i czynniki oddziałujące na tę właściwość. *Roczniki AR Poznań, Rozprawy Naukowe*, z.152, 1-52, 1985.
4. **Obuchowski W., Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P.:** Przydatność metody oceny twardości w charakterystyce jakościowej i identyfikacji ziarna odmian pszenic uprawianych w Polsce. *Hod. Rośl. Aklim Nasien.*, 30, 1-2, 95-103, 1986.
5. **Sadowska J., Fornal J.:** Twardość pszenicy – znaczenie i metody oznaczania. *Inżynieria Maszyn, Bydgoszcz, VI Konferencja Naukowo-Techniczna*, 29- 34, 2001.
6. **Soszyńska M., Cacek-Pietrzak G.:** Twardość ziarna pszenicy jako kryterium oceny jego twardości. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2-3, Rok XXXVI, 7-8, 1992.
7. **Stenwert N.L., Kingswood K.:** The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. *J.Sci. Agric.*, 28, 11-19, 1977.
8. **Strumillo P., Niewczas J., Szczypiński P., Makowski P., Woźniak W.:** Computer system for analysis of X-ray images of wheat grains. *International Agrophysics*, vol. 13, 133-140, 1999.
9. **Woźniak W.:** Mechanical properties of wheat grain in internal cracks. *Int. Agrophysics*, 15, 59-64, 2001.
10. **Woźniak W.:** Wpływ nawilżania ziarna pszenicy ma twardość technologiczną. *Acta Agrophysica*, 46, 222-233, 2001.

EFFECT OF INNER DAMAGE OF WHEAT GRAIN ON TECHNOLOGICAL HARDNESS

W. Woźniak

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: wanda@demeter.ipan.lublin.pl

Summary. Estimation of changes in the technological hardness index was carried out for samples of two varieties of spring wheat grain (Torka and Kontesa) wetted in water and dried in room temperature to initial moisture content, about 12% w.b. Hardness of grains was estimated with the instrument for Hardness Classification SKCS type 4100. Significant differentiation of hardness among varieties was found. Inner cracks to grain, caused by those processes, were detected using soft X-ray technique. The physical condition of the endosperm was described by number of cracks. An increase of time of earlier wetting resulted in a decrease of grains hardness. A high, negative and significant correlation was found ($r = -0,978$) between the Hardness Index of grain and number of inner cracks.

Keywords: wheat grain, wetting and drying, instrument for Hardness Classification SKCS, technological hardness, inner damage.