

## WPLYW SUSZENIA MIKROFALOWEGO NA ZMIANY STRUKTURY ZIARNA PSZENICY. CZĘŚĆ II - TWARDOŚĆ TECHNOLOGICZNA

*W. Woźniak, J. Niewczas*

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

**Streszczenie:** W pracy dokonano oceny zmian indeksu twardości technologicznej próbek ziarna trzech odmian pszenicy ozimej (Kamila, Kobra, Roma). Próbkę te były suszone w suszarce z nawiewem ciepłego powietrza z udziałem i bez udziału mikrofal. W miarę wydłużania czasu suszenia indeks twardości monotonicznie malował. Dotyczyło to obu sposobów suszenia, jednak suszenie mikrofalowe w całym zakresie zadanych czasów suszenia powodowało istotne obniżenie indeksu twardości ziarna. Zmiany twardości miały ścisły związek z wielkością uszkodzeń wewnętrznych ziarna, które powstały podczas suszenia.

**Słowa kluczowe:** ziarno pszenicy, suszenie mikrofalowe, twardość technologiczna

### WSTĘP

Jak podaje literatura [4,5] twardość ziarna jest obecnie najlepszym pośrednim wskaźnikiem wartości wypiekowej mąki pszennej. Związek twardości z cechami młynarskimi (łatwość prowadzenia przemiału, stopień uszkodzenia skrobi w czasie rozdrabniania ziarna, granulacja mąki) i piekarskimi (cechy reologiczne ciasta i jego podatność na działanie enzymów amylolitycznych) umożliwia wstępne określenie przydatności technologicznej surowca.

W ostatnich latach można zauważyć coraz większe zainteresowanie nowymi metodami suszenia, które pozwalają na skrócenie czasu suszenia oraz oszczędności energetyczne. Jedną z takich metod jest suszenie mikrofalowe. Do rozwiązania pozostaje jednak problem jakości ziarna, które przeszło taki proces technologiczny. Powstałe podczas suszenia uszkodzenia wewnętrzne mogą być przyczyną niekorzystnych skutków fizycznych i biologicznych [3]. Stąd tak waż-

ną rolę ma dobór metod i parametrów suszenia, które z jednej strony zapewniają efektywność procesu, a z drugiej nie pogarszają właściwości użytkowych i produkcyjnych suszonego materiału.

Przedmiotem niniejszej pracy była ocena zmian twardości technologicznej ziarna i próba powiązania tych zmian z uszkodzeniami wewnętrznymi powstałymi w czasie suszenia z udziałem i bez udziału mikrofal.

#### MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy do testów twardości stanowiły próbki ziarna trzech odmian pszenicy ozimej - Kamila, Kobra i Roma, przygotowane i suszone jak w opisie materiału i metodyki pracy „*Wpływ suszenia mikrofalowego na zmiany struktury ziarna pszenicy. Część I - Uszkodzenia wewnętrzne*”.

Próbki z każdego sposobu traktowania ziarna:

ks - kontrola „sucha”, to próby ziarna, które nie były nawilżane,

km - kontrola „mokra”, ziarno nawilżone do wilgotności 21% i wysuszone w temperaturze otoczenia do wilgotności początkowej,

bmf - ziarno suszone bez udziału mikrofal,

zmf - ziarno suszone z udziałem mikrofal,

poddano testom twardości, wykorzystując zestaw pomiarowy SKCS typ 4100 produkcji Perten Instruments AB - USA [1,2]. Indeks twardości *IH* określano dla 300 ziarniaków w trzech powtórzeniach.

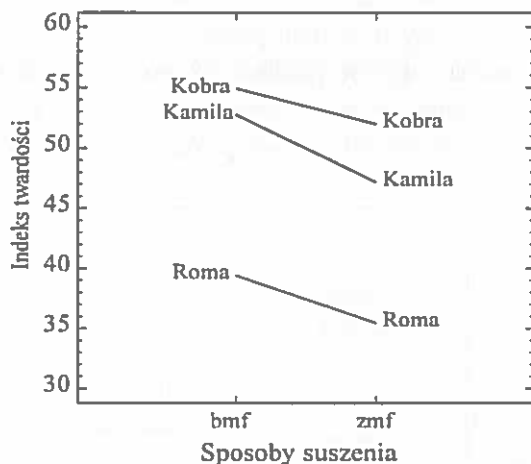
#### WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała, że spośród badanych czynników (odmiany, sposoby suszenia i czas suszenia) największy udział w zmienności całkowitej indeksu twardości *IH* miały odmiany. Udział sposobów i czasów suszenia był porównywalny, ale wyraźnie mniejszy niż odmian.

Na rysunku 1 pokazano średnie wartości indeksu twardości *IH* dla kombinacji odmian i sposobów suszenia. Widać wyraźne zróżnicowanie odmianowe: ziarno odmian Kobra i Kamila jest zdecydowanie twardsze od Romy. Zastosowane suszenie mikrofalowe spowodowało obniżenie indeksu twardości ziarna w stosunku do suszenia bez mikrofal.

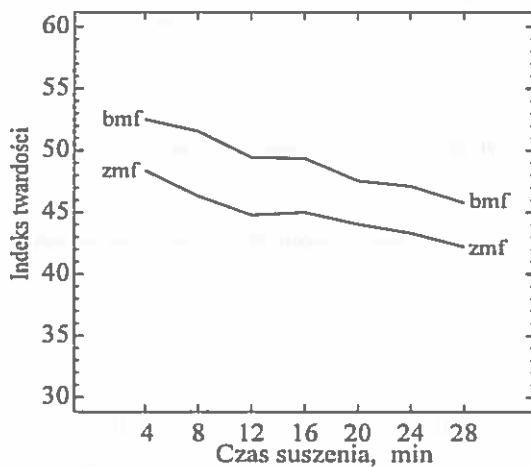
Na rysunku 2 pokazano średnie wartości indeksu twardości dla kombinacji sposobów i czasów suszenia. W miarę wydłużania czasu suszenia wartości indeksu twardości monotonicznie maleją. Dotyczy to obu sposobów suszenia,

jednak suszenie mikrofalowe w całym zakresie zadanych czasów tego procesu spowodowało istotne obniżenie wartości *IH*.



Rys.1. Średnie wartości indeksu twardości ziarna pszenicy dla kombinacji odmiany x sposoby suszenia.

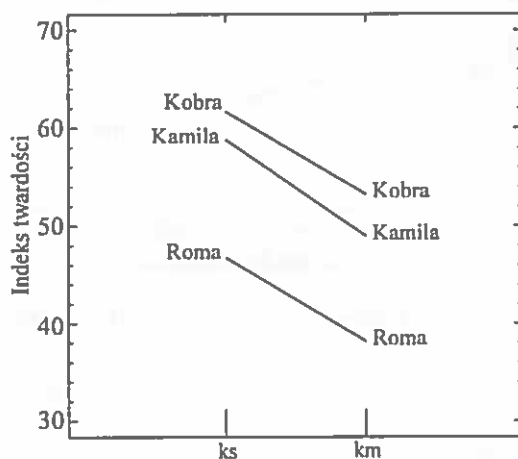
Fig. 1. Average values of hardness index for combination varieties x drying manners.



Rys.2. Średnie wartości indeksu twardości ziarna pszenicy dla kombinacji sposoby suszenia x czasy suszenia.

Fig.2. Average values of hardness index for combination drying manners x drying periods.

Analiza wariancji dla indeksu twardości ziarna w układzie „odmiany x rodzaje kontroli” wykazała istotny wpływ obu czynników na badaną cechę. Na rysunku 3 pokazano średnie wartości *IH* dla kombinacji badanych czynników. Ziarno wszystkich testowanych odmian po nawilżeniu i wysuszeniu w temperaturze otoczenia charakteryzuje się istotnie niższymi wartościami indeksu twardości. Widać więc wyraźnie, że nawet doprowadzenie ziarna do wysokiej wilgotności i łagodne wysuszenie powoduje istotny spadek jego twardości.

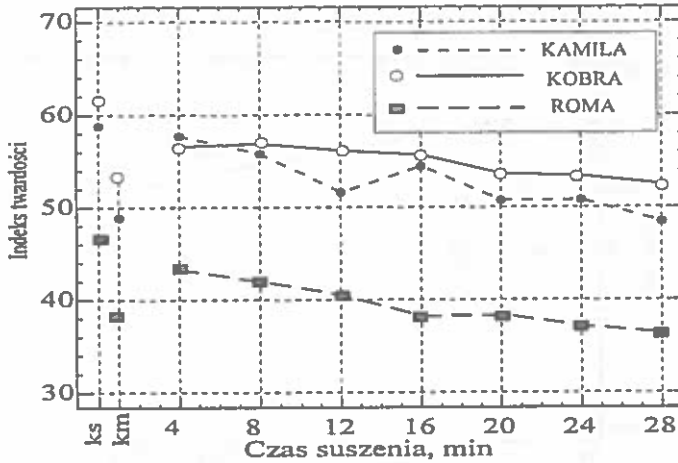


Rys.3. Średnie wartości indeksu twardości ziarna pszenicy dla kombinacji odmiany x rodzaje kontroli („sucha”- ks i „mokra” - km).

Fig.3. Average values of hardness index for combination varieties x controls („dry” - ks and „wet” - km).

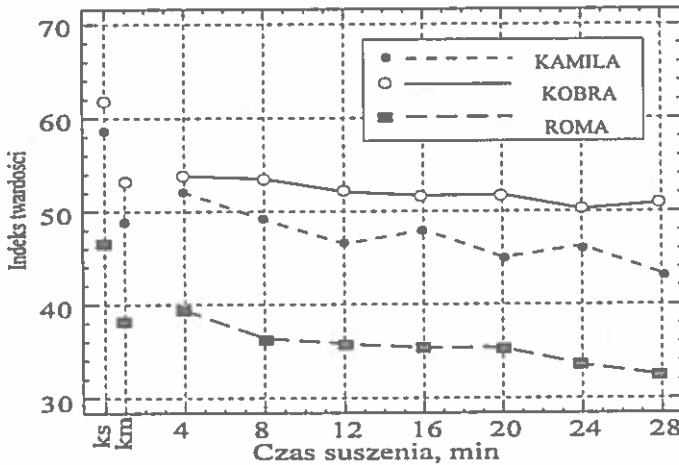
Na rysunkach 4 i 5 pokazano zależności indeksu twardości od czasu suszenia mikrofalowego i bez mikrofal wraz z kontrolą suchą i mokrą dla badanych odmian pszenicy. Ziarno kontrolne (*ks*) charakteryzuje się najwyższym indeksem twardości. Po nawilżeniu i łagodnym wysuszeniu twardość jego wyraźnie spada. Suszenie ziarna, zarówno z udziałem jak i bez udziału mikrofal, w miarę wydłużania czasu suszenia powoduje łagodny spadek wartości *IH*. Indeks twardości ziarna po łagodnym wysuszeniu przyjmuje wartości zbliżone do indeksu twardości dla ziarna suszonego bez udziału mikrofal po 28 minutach dla Kamili i Kobry i po 16 minutach dla Romy. Suszenie z udziałem mikrofal powoduje, że już po 8 minutach suszenia indeks twardości ziarna jest zbliżony do indeksu twardości dla ziarna suszonego w temperaturze otoczenia. Tak więc analizując trzy sposoby suszenia: w temperaturze otoczenia, bez udziału mikrofal

i z mikrofalami można zauważyć, że suszenie mikrofalowe prowadzi do największego obniżenia twardości ziarna.



Rys. 4. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy suszonego bez udziału mikrofal od czasu suszenia.

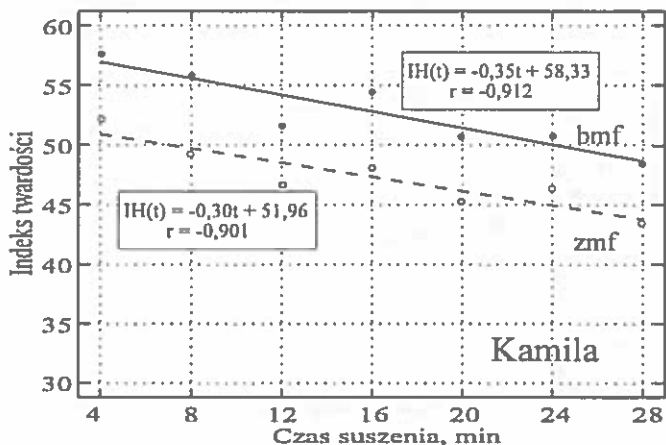
Fig. 4. Hardness index vs. drying period of wheat grain dried without microwave assistance power.



Rys. 5. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy suszonego mikrofalowo od czasu suszenia.

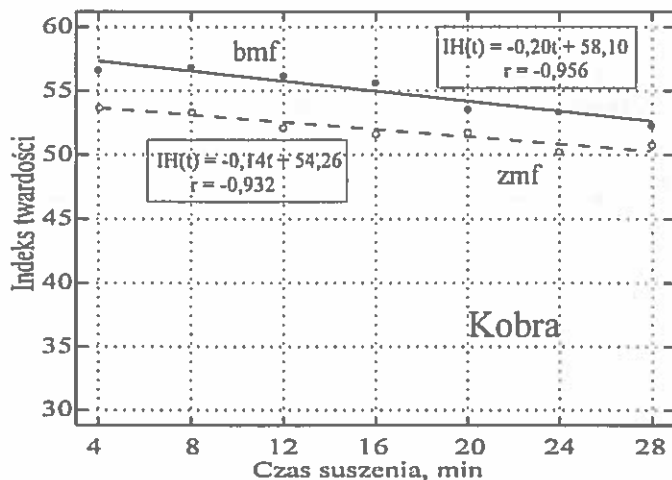
Fig. 5. Hardness index vs. drying period of wheat grain dried with microwave assistance power.

Stwierdzono wysokie, ujemne korelacje pomiędzy  $IH$  a zastosowanymi czasami suszenia, zarówno dla suszenia mikrofalowego jak i bez mikrofal. Wysokie korelacje sugerują przyjęcie modelu liniowego  $IH(t)=at+b$  dla opisu tych zależności. Wyniki analizy regresji pokazano na rysunkach 6-8.



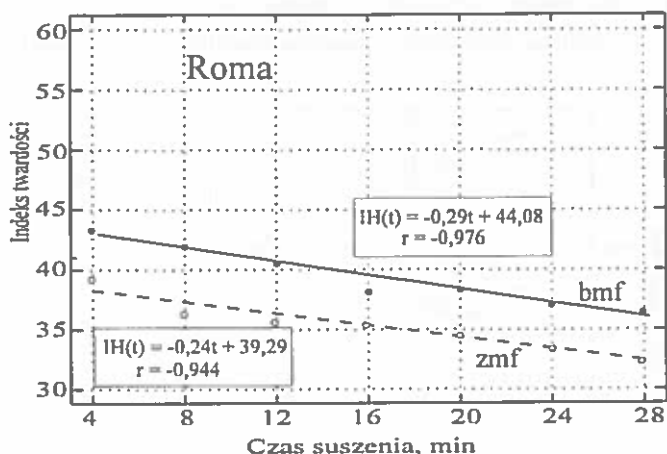
Rys. 6. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Kamila suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od czasu suszenia.

Fig. 6.. Hardness index vs. drying period of wheat grain cv. Kamila dried with and without microwave assistance power.



Rys. 7. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Kobra suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od czasu suszenia.

Fig. 7.. Hardness index vs. drying period of wheat grain cv. Kobra dried with and without microwave assistance power.



Rys. 8. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Roma suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od czasu suszenia.

Fig. 8. Hardness index vs. drying period of wheat grain cv. Roma dried with and without microwave assistance power.

Przebiegi dotyczące suszenia mikrofalowego ziarna zawsze znajdują się poniżej przebiegów odpowiadających suszeniu bez udziału mikrofal.

Wzrost czasu suszenia powoduje spadek twardości ziarna, niezależnie od sposobu suszenia. Tempo spadku twardości jest nieco mniejsze dla suszenia z udziałem mikrofal, na co wskazują niższe bezwzględne wartości współczynników kierunkowych  $a$  w równaniach regresji. Niższe wartości współczynników  $b$  wskazują, że ten rodzaj suszenia powoduje spadek twardości ziarna w porównaniu z suszeniem bez mikrofal. Odejmując parami współczynniki  $a$  i  $b$  równań regresji można oszacować „czysty” efekt oddziaływania mikrofal na twardość ziarna poszczególnych odmian w zależności od czasu suszenia. I tak dla:

$$\text{Kamili} \quad \Delta IH(t) = IH(t)_{\text{bmf}} - IH(t)_{\text{zmf}} = -0,05 t + 6,37,$$

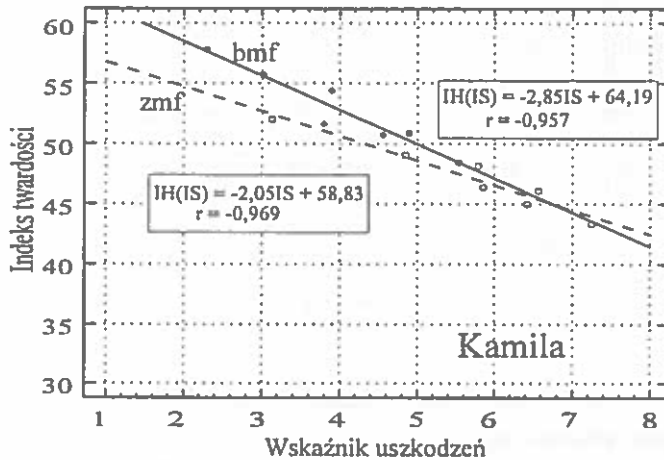
$$\text{Kobry} \quad \Delta IH(t) = -0,06 t + 3,84,$$

$$\text{Romy} \quad \Delta IH(t) = -0,05 t + 4,79.$$

Z otrzymanych zależności wynika, że z wydłużaniem czasu suszenia efekt oddziaływań mikrofal dla każdej odmiany nieznacznie słabnie, o czym świadczą malejące do wartości bezwzględnej i ujemne współczynniki przy  $t$ . Ponadto tempo spadku efektu mikrofalowego jest dla badanych odmian bardzo wyrównane.

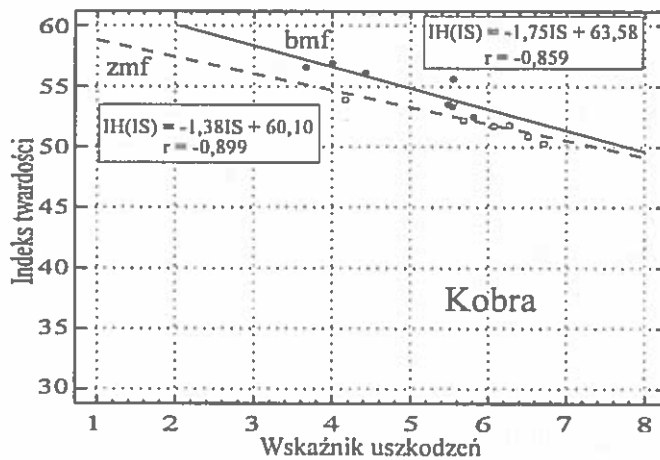
Stwierdzono również wysokie, ujemne korelacje pomiędzy indeksem twardości  $IH$  a wskaźnikami uszkodzeń wewnętrznych  $IS$  (patrz: *Wpływ suszenia*

mikrofalowego na zmiany struktury ziarna pszenicy. Część I - Uszkodzenia wewnętrzne). Otrzymane zależności opisane równaniami liniowymi pokazano na rysunkach 9-11.



Rys. 9. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Kamila suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od wskaźnika uszkodzeń.

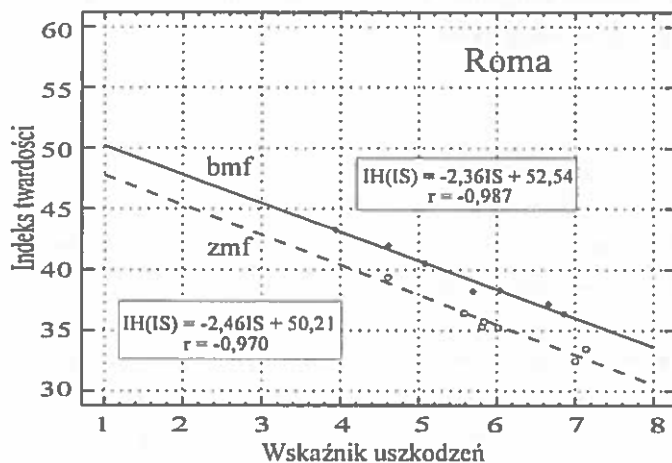
Fig. 9. Hardness index vs. damage index of wheat grain cv. Kamila dried with and without microwave assistance power.



Rys. 10. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Kobra suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od wskaźnika uszkodzeń.

Fig. 10. Hardness index vs. damage index of wheat grain cv. Kobra dried with and without microwave assistance power.





Rys. 11. Zależność indeksu twardości ziarna pszenicy odmiany Roma suszonego z udziałem i bez udziału mikrofal od wskaźnika uszkodzeń.

Fig. 11. Hardness index vs. damage index of wheat grain cv. Roma dried with and without microwave assistance power.

Twardość ziarna maleje więc wraz ze wzrostem wskaźnika uszkodzeń. Generalnie jednak na spadek twardości ziarna spowodowany wzrostem wskaźnika uszkodzeń nakłada się efekt „mikrofalowy”. Daje się bowiem zauważyć, że dla takich samych wartości *IS* indeks twardości przyjmuje niższe wartości dla ziarna suszonego z udziałem mikrofal w porównaniu z suszeniem bez mikrofal.

#### WNIOSKI

1. Twardość ziarna pszenicy determinowana była zarówno cechami odmianowymi jak i czynnikami zewnętrznymi. Spośród badanych czynników największy wpływ na zmienność twardości ziarna miały cechy odmianowe. Wpływ sposobów i czasów suszenia był porównywalny, ale wyraźnie mniejszy niż odmian.
2. Spośród badanych odmian najwyższym indeksem twardości charakteryzowało ziarno Kobry, najniższym - Romy.
3. Wydłużanie czasu suszenia powodowało spadek twardości ziarna, niezależnie od sposobu suszenia.
4. Zastosowane suszenie mikrofalowe spowodowało obniżenie indeksu twardości ziarna w stosunku do suszenia bez mikrofal.

5. Stwierdzono wysokie, ujemne korelacje pomiędzy indeksem twardości *IH* a wskaźnikami uszkodzeń wewnętrznych *IS*.

#### PIŚMIENICTWO

1. Geodecki M.: Uszkodzenia wewnętrzne ziarna pszenicy powstające w okresie przedzbiorowym. Praca doktorska, Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 1999.
2. Geodecki M., Grundas S.: Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w klosie. Przegląd Zbożowo-Młynarski, 4, Rok XLIII, 25-26, 1999.
3. Kudra T., Niewczas J., Szot B., Raghavan G.A.V.: Stress cracking in high-intensity drying and its effect on grain quality. Drying Technology, 14(2), 367-380, 1996.
4. Obuchowski W.: Twardość ziarna pszenicy, znaczenie technologiczne i czynniki oddziałujące na tę właściwość. Roczniki AR Poznań, Rozprawy Naukowe, z. 152, 1-52, 1985
5. Soszyńska M., Cacek-Pietrzak G.: Twardość ziarna pszenicy jako kryterium oceny jego twardości. Przegląd Zbożowo-Młynarski, 2-3, Rok XXXVI, 7-8, 1992.

#### EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON CHANGES OF WHEAT GRAIN STRUCTURE. PART II - TECHNOLOGICAL HARDNESS

*W. Woźniak, J. Niewczas*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

**Summary:** In this work the estimation of changes in the technological hardens index was carried out for samples of three varieties of wheat grain: Kamila, Kobra and Roma. The samples were dried in a dryer using hot air and optionally microwave radiation. The hardness index monotonically decreased in proportion to the time of drying for both, the hot air and the microwave drying methods. In addition, the microwave drying caused a significant reduction in the hardness index in the whole range of the pre-set drying times. The changes in hardness were closely associated with the amount of internal damage in single grains, originated during the drying process.

**Key words:** wheat grain, microwave drying, technological hardness