

WPLYW SUSZENIA MIKROFALOWEGO NA ZMIANY STRUKTURY ZIARNA PSZENICY. CZĘŚĆ I - USZKODZENIA WEWNĘTRZNE

J. Niewczas, W. Woźniak

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

Streszczenie: W pracy dokonano oceny zmian struktury wewnętrznej ziarna trzech odmian pszenicy ozimej (Kamila, Kobra, Roma). Próbki te były suszone w suszarce z nawiewem ciepłego powietrza z udziałem i bez udziału mikrofal. Oceny stanu uszkodzeń wewnętrznych pojedynczych ziaren dokonano przy pomocy wskaźnika uszkodzeń *IS*, wyznaczanego przy pomocy programu komputerowej analizy ich obrazów rentgenowskich (system ZIARNA). Dla obu sposobów suszenia stwierdzono liniowy wzrost wskaźnika uszkodzeń wraz z czasem suszenia. Tempo wzrostu wskaźnika uszkodzeń w wyniku stosowania obu sposobów suszenia było porównywalne, lecz w przypadku suszenia mikrofalowego średnie wartości wskaźnika *IS* były istotnie wyższe niż dla suszenia bez udziału mikrofal. Dodatkowym efektem suszenia z udziałem mikrofal było zatarcie się różnic między stanem uszkodzeń ziarna badanych odmian, które to (różnice) były statystycznie istotne w wyniku suszenia bez mikrofal.

Słowa kluczowe: ziarno pszenicy, suszenie mikrofalowe, rentgenografia, wskaźniki uszkodzeń

WSTĘP

Suszenie jest podstawowym zabiegiem obróbki pozbiorowej ziarna. Stąd tak ważną rolę ma dobór metod i parametrów suszenia, które z jednej strony zapewniają efektywność procesu, a z drugiej nie pogarszają właściwości użytkowych i reprodukcyjnych suszonego materiału.

Oddziaływanie czynników zewnętrznych pozostawia w strukturze ziaren trwałe ślady w postaci pęknięć bielma. Zastosowanie techniki rentgenowskiej i wcześniej opracowanej metody oceny stanu uszkodzeń wewnętrznych ziaren

pozwała na liczbową ocenę zmian ich struktury wewnętrznej wywołanych różnymi czynnikami, w tym spowodowanych różnymi sposobami suszenia, w szczególności z udziałem mikrofal [1]. Otrzymane oceny liczbowe (wskaźniki uszkodzeń ziarna) pozwalają nie tylko na porównanie skutków różnych sposobów suszenia, w tym także zastosowanie różnych suszarek, różnych parametrów tych suszarek (m.in. mocy i czasu suszenia), ale także na określenie wielkości i wpływu wstępnych uszkodzeń, wilgotności ziarna i wreszcie - zmienności spowodowanej cechami genetycznymi. Można zaryzykować tezę, że niewiele jest cech ziarna, które byłyby tak czułe na działanie czynników zewnętrznych. Dzięki temu można badać także bezpośrednie relacje między stanem uszkodzeń wewnętrznych ziarna, a różnorodnymi skutkami tych uszkodzeń [3,5]. Stąd też badanie struktury wewnętrznej ziarna wydaje się być uzasadnione.

Przedmiotem niniejszej pracy była ocena uszkodzeń wewnętrznych ziarna pszenicy powstałych podczas suszenia mikrofalowego w odniesieniu do skutków suszenia bez udziału mikrofal, z zachowaniem pozostałych parametrów suszenia.

MATERIAŁ I METODYKA

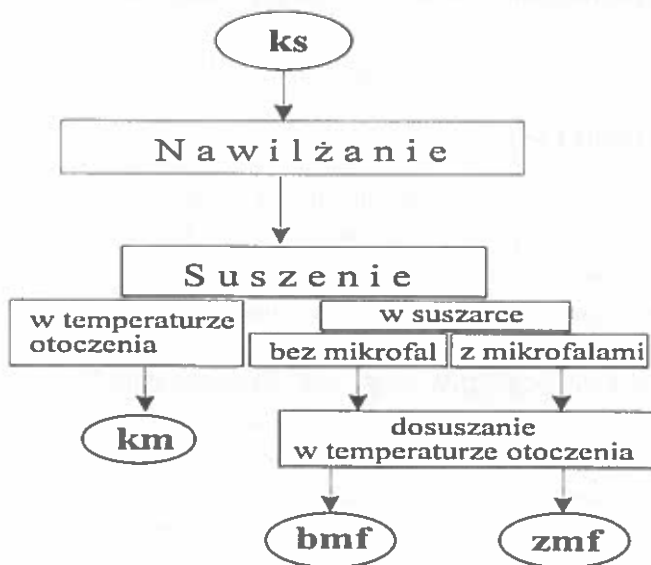
Ziarno trzech odmian pszenicy ozimej - Kamila, Kobra i Roma o wilgotności początkowej 10% zostało nawilżone do wilgotności około 21% poprzez dodanie wymaganej ilości wody destylowanej. Wodę w postaci mgiełki rozpylano na ziarno, które było łagodnie mieszane. Nawilżone ziarno przechowywano w szczelnych pojemnikach w temperaturze 4°C. Próbkę ziarna o masie 140 g doprowadzano do temperatury otoczenia i następnie suszono w laboratoryjnym zestawie z wielofunkcyjną komorą zasilania z generatora mikrofal o kontrolowanej mocy wyjściowej do 700 W i częstotliwości operacyjnej 2450 MHz, [1].

Masa 140 g zapewniała podwójną warstwę ziaren, które były przedmuchiwane strumieniem powietrza o temperaturze 40-42°C i prędkości 0,7 m/s. Ziarno było następnie suszone przy jednym poziomie mocy mikrofalowej - około 150 W w czasie 4, 8, 12, 16, 20, 24 i 28 minut z mikrofalową pulsacją (1 minuta ON/1 minuta OFF). Te same czasy zastosowano przy suszeniu ziarna bez udziału mikrofal, jedynie z nawiewem powietrza. Po tych zabiegach ziarno dosuszano (w warunkach pokojowych) do wilgotności początkowej, tj. 10%.

Na rysunku 1 pokazano schemat przygotowania ziarna do badań. Przyjęto następujące oznaczenia:

ks - kontrola sucha - 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.



Rys. 1. Schemat przygotowania ziarna do badań.

Fig.1. Scheme of grain preparation for tests.

Po zakończeniu eksperymentów suszarniczych przystąpiono do oceny stanu uszkodzeń ziarna. Ocena taka dawała możliwość określenia wpływu sposobów i czasów suszenia na wielkość uszkodzeń ziarna różnych odmian. W celu wykrycia uszkodzeń wewnętrznych ziarna zastosowano technikę detekcji rentgenowskiej [4]. Dla każdego sposobu traktowania ziarna (ks, km, bmf i zmf) wykonano zdjęcia rentgenowskie 120 ziaren w pięciokrotnym powiększeniu - 10 rentgenogramów po 12 ziaren. Dla liczbowej oceny stanu uszkodzeń ziaren użyto wskaźników sumarycznych IS , wyznaczonych w oparciu o podział obrazu ziarna na 12 pól - 6 pasów poziomych i 2 pionowe [2,3]. Wskaźniki wyznaczano przy pomocy systemu ZIARNA [4].

Rozkład wskaźnika IS ma charakter dyskretny i w badanych próbkach często nie jest zgodny z rozkładem normalnym. Z tego względu bezpośrednio stosowanie analizy wariancji, korelacji i regresji w odniesieniu do wskaźników

uszkodzeń byłoby niepoprawne. Dlatego też dla każdego powtórzenia (12 obserwacji źródłowych) wyznaczano średnie wskaźniki *IS*. Zabieg ten pozwala otrzymać wielkości mające charakter cechy ciągłej, a ich rozkłady w próbach zbliżone są do rozkładu normalnego. Wnioskowanie statystyczne w analizach wariancji przeprowadzono w oparciu o 95% przedziały ufności Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kontrola sucha (*ks*)

Na stan uszkodzeń próbek kontrolnych (*ks*) nakładają się:

- pęknięcia, które powstały w polu przed zbiorem wskutek zmiennych warunków atmosferycznych,
- pęknięcia, które powstały w trakcie zbioru i pozbiorowej obróbki ziarna wskutek obciążeń mechanicznych występujących podczas tych procesów.

Na poziom tych uszkodzeń mogą mieć również wpływ cechy genetyczne, wyrażające się różną podatnością ziaren na pękanie.

Ziarno próbek kontrolnych wszystkich odmian charakteryzowało się średnimi wskaźnikami uszkodzeń *IS* istotnie wyższymi od zera. Dla odmiany Kamila ziaren nie uszkodzonych było 66,7%, dla Kobry - 27,5% i dla Romy - 17,5%.

Średnie wartości wskaźników uszkodzeń *IS* dla poszczególnych odmian wynosiły: Kamila - 0,86, Kobra - 2,18 i Roma - 2,50. Wielkości te charakteryzowały Kamilę jako odmianę o najniższym średnim wskaźniku uszkodzeń.

Kontrola mokra (*km*)

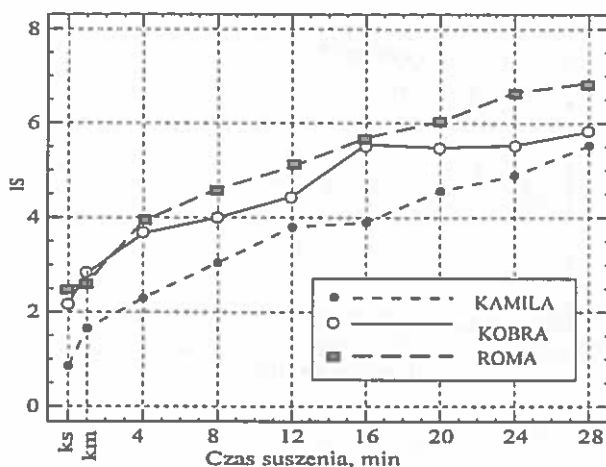
W próbkach poszczególnych odmian kontroli mokrej stwierdzono znacznie mniej ziaren nie uszkodzonych: Kamila - 34,3%, Kobra - 13,3% i Roma - 15,8%.

Odpowiednie średnie wskaźniki uszkodzeń wynosiły: 1,66, 2,83 i 2,63. Przyrost *IS* w stosunku do *ks* był istotny tylko dla ziarna odmiany Kamila. Mimo tego Kamila w dalszym ciągu okazała się odmianą o najniższym wskaźniku uszkodzeń.

Ziarno suszone w suszarce bez udziału mikrofal (*bmf*)

Po 16 minutach suszenia bez udziału mikrofal w próbkach wszystkich odmian nie było już ziaren bez uszkodzeń. Po 4 minutach suszenia w ziarnach wszystkich odmian nastąpił istotny przyrost *IS* w stosunku do *ks*, a po dalszych 4 minutach -

w stosunku do *km*. Dał się zauważyć monotoniczny wzrost *IS* w miarę wydłużania czasu suszenia (rys. 2). Najwyższymi średnimi wskaźnikami *IS* charakteryzowały się próbki ziarna odmiany Roma, a najniższymi Kamili. Różnice średnich *IS* między tymi odmianami dla poszczególnych czasów suszenia wahały się w granicach od 1,3 do 1,8 i były istotne.



Rys. 2. Średnie wskaźniki *IS* dla obu kontroli (*ks*, *km*) i różnych czasów suszenia bez udziału mikrofal dla ziarna badanych odmian pszenicy.

Fig.2. Average damage indices *IS* of wheat grain for control samples (*ks*, *km*) and different drying periods without microwave assistance power.

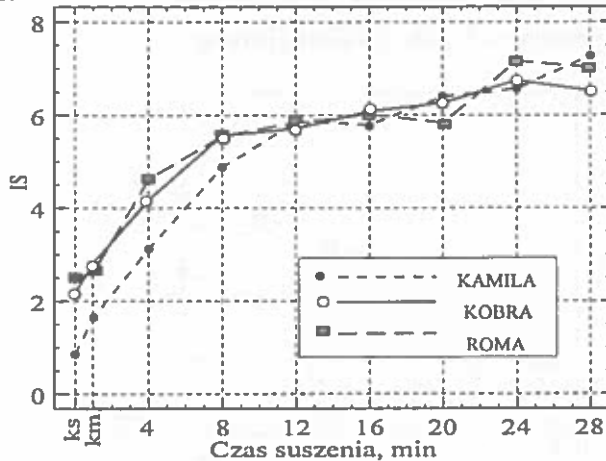
Ziarno suszone w suszarce z udziałem mikrofal (zmf)

Próbki ziarna suszone w suszarce z udziałem mikrofal charakteryzowały się istotnie wyższymi wskaźnikami uszkodzeń od wskaźników uszkodzeń dla ziarna suszonego bez udziału mikrofal (rys.3). Po początkowym (do 8 minuty) szybkim wzroście *IS* daje się zauważyć znacznie wolniejszy wzrost jego wartości. Wszystkie odmiany miały wówczas bardzo zbliżone średnie wartości *IS*.

Przyrost wskaźnika uszkodzeń w stosunku do suszenia bez udziału mikrofal dla ustalonego czasu suszenia nazwano efektem mikrofalowym. Średni efekt mikrofalowy był równy 1,03, lecz wystąpiło wyraźne zróżnicowanie między odmianami (rys.4-6).

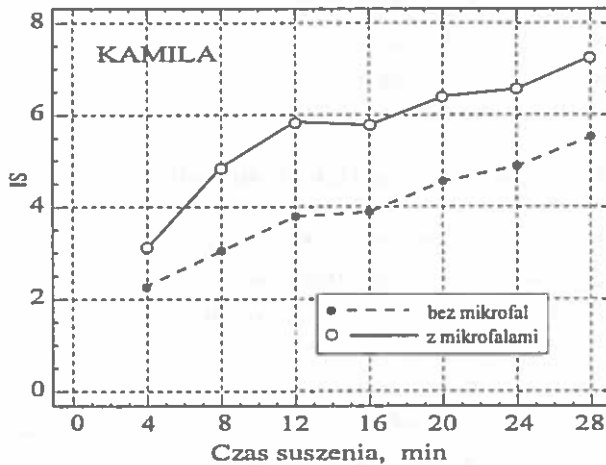
Największy efekt mikrofalowy wystąpił u Kamili (średnio 1,70), mniejszy u Kobry (0,94) i najmniejszy u Romy (0,45). Wielkości te istotnie różnicują

wszystkie odmiany. Najsilniejsze efekty mikrofalowe (około 1,4) wystąpiły dla suszenia przez 8 i 12 minut, najslabsze (poniżej 1,0) dla skrajnych czasów suszenia tj. 4 i 28 minut. Czas suszenia nie różnicował jednakże istotnie efektu mikrofalowego.



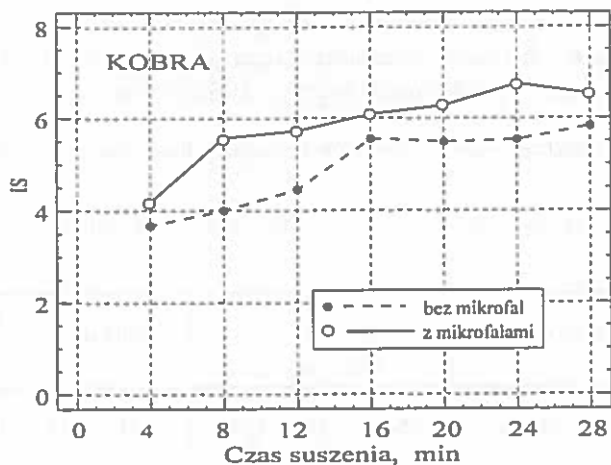
Rys. 3. Średnie wskaźniki IS dla obu kontroli (ks , km) i różnych czasów suszenia z udziałem mikrofal dla ziarna badanych odmian pszenicy.

Fig.3. Average damage indices IS of winter wheat grain for control samples (ks , km) and different drying periods with microwave assistance power.



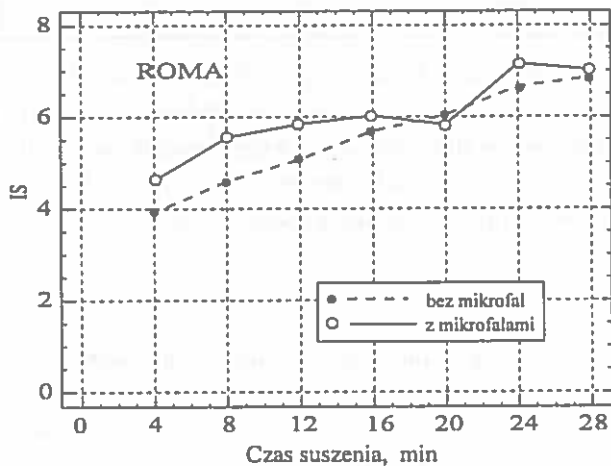
Rys.4. Zmiany średniego wskaźnika uszkodzeń IS w czasie suszenia z udziałem i bez udziału mikrofal dla ziarna pszenicy odmiany Kamila.

Fig. 4. Changes of average damage index IS of Kamila wheat grain during drying with and without microwave assistance power.



Rys. 5. Zmiany średniego wskaźnika uszkodzeń IS w czasie suszenia z udziałem i bez udziału mikrofal dla ziarna pszenicy odmiany Kobra.

Fig. 5. Changes of average damage index IS of Kobra wheat grain during drying with and without microwave assistance power.



Rys. 6. Zmiany średniego wskaźnika uszkodzeń IS w czasie suszenia z udziałem i bez udziału mikrofal dla ziarna pszenicy odmiany Roma.

Fig. 6. Changes of average damage index IS of Roma wheat grain during drying with and without microwave assistance power.

Istnieje bardzo silna, dodatnia korelacja między wskaźnikami uszkodzeń i czasem suszenia. Wysokie korelacje sugerują przyjęcie liniowego modelu regresji dla tych cech. Wyniki analiz regresji zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Równania regresji liniowej $IS(t)$ ziarna badanych odmian pszenicy suszonych bez udziału i z udziałem mikrofal

Table 1. Linear regression equations $IS(t)$ of wheat grain dried without and with microwave assistance power

Odmiany	Sposób suszenia	Regresja liniowa $IS(t) = at + b$	Błąd stand.		Współcz. korelacji
			a	b	
Kamila	bez mikrofal	$IS(t) = 0,13t + 1,99$	0,01	0,15	0,989
	z mikrofalami	$IS(t) = 0,15t + 3,36$	0,03	0,46	0,930
Kobra	bez mikrofal	$IS(t) = 0,09t + 3,42$	0,02	0,28	0,938
	z mikrofalami	$IS(t) = 0,09t + 4,45$	0,02	0,35	0,899
Roma	bez mikrofal	$IS(t) = 0,12t + 3,58$	0,01	0,11	0,994
	z mikrofalami	$IS(t) = 0,09t + 4,53$	0,02	0,31	0,921

Analiza regresji wskazuje, że suszenie z udziałem mikrofal powoduje większe uszkodzenie ziarna, o czym świadczą wyższe wartości współczynnika b w równaniach $IS(t)$. Porównywalne wartości współczynników a dla suszenia bez udziału mikrofal jak i z ich udziałem wskazują na podobne tempo wzrostu wskaźnika uszkodzeń wraz ze wzrostem czasu suszenia.

WNIOSKI

1. Opracowana wcześniej metoda wyznaczania wskaźników uszkodzeń wewnętrznych ziarna wykrywanych techniką rentgenowską daje się z powodzeniem zastosować do oceny zmian struktury wewnętrznej ziarna spowodowanych suszeniem mikrofalowym.
2. Parametry suszenia mają istotny wpływ na stan struktury wewnętrznej ziarna, wyrażony wskaźnikami uszkodzeń. W miarę wydłużania czasu suszenia rośnie wskaźnik uszkodzeń. Nawet krótkotrwałe (kilkuminutowe) suszenie mikrofalowe ziarna o wilgotności około 20% powoduje istotny wzrost wskaźnika uszkodzeń.

3. Ziarna suszone z udziałem mikrofal mają wyższy wskaźnik uszkodzeń niż suszone bez mikrofal. Różnica tych wskaźników, nazwana efektem mikrofalowym nie zależy istotnie od czasu suszenia.
4. Tempo wzrostu wskaźników uszkodzeń jest dla obu sposobów suszenia porównywalne.
5. Wpływ zróżnicowania międzyodmianowego na stan uszkodzenia bielma widoczny jest dla suszenia bez mikrofal. Suszenie z udziałem mikrofal zaciera różnice międzyodmianowe.

PIŚMIENNICTWO

1. 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.
2. Niewczas J.: The method of determination of the index of mechanical damage of a single kernel by means of X-ray detection. *Zesz.Probl. Post. nauk Roln.*, 389, 89-95, 1991.
3. Niewczas J.: Assessment of mechanical damage to wheat grain as detected by means of the X-ray technique (in Polish). *Acta Agrophysica*, 2, 1994.
4. Strumillo P., Niewczas J., Szczypiński P., Makowski P., Woźniak W.: Computer system for analysis of X-ray images of wheat grains. *Int. Agrophysics*, 13, 133-140, 1999.
5. Woźniak W., Niewczas J., Kudra T.: Internal damage vs. mechanical properties of microwave-dried wheat grain. *Int. Agrophysics*, 13, 259-268, 1999.

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON CHANGES OF WHEAT GRAIN STRUCTURE. PART I – INTERNAL DAMAGE

J. Niewczas, W. Woźniak

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

Summary: This work analyses changes in internal structure of wheat grain of the three varieties: Kamila, Kobra and Roma. The samples were dried in a dryer using hot air and optionally microwave radiation. The state of internal damage in single grains was determined using the damage index (*IS*), obtained using the computer program "ZIARNA" which automatically analysed the X-ray images of the grains. For the two methods of drying (with and without microwave) the linear increase of damage index was observed, proportional to the time of drying. The rate of change of the damage index as a result of the two methods of drying was similar. However, in the case when the

microwave drying was applied average values of index *IS* were significantly higher than those calculated for the case when no microwave radiation was applied. An additional effect of microwave assisted drying was the fact that the differences between the state of damage of the three wheat varieties effaced, while the same differences were statistically significant if the grain was dried without microwave radiation.

Key words: wheat grain, microwave drying, X-ray detection, damage index