

**ANALIZA MIKROSKOPOWA ZIARNA PSZENICY DWU POKOLEŃ  
WYHODOWANYCH Z NASION OGRZANYCH MIKROFALAMI**

*Jerzy Ryszard Warchalewski<sup>1</sup>, Romualda Dolińska<sup>1</sup>, Wioletta Błaszczak<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Biochemii i Analizy Żywności, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego  
ul. Mazowiecka, 48, 60-623 Poznań

<sup>2</sup>Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, ul. Tuwima, 10 10-747 Olsztyn  
e-mail: kbiaz@au.poznan.pl

**Streszczenie.** Znaczne ograniczenie strat powodowanych przez owady w magazynowanym ziarnie zbóż można osiągnąć, stosując fizyczne metody między innymi ogrzewanie mikrofalowe obok chemicznych metod, np. pestycydy. Praca zawiera wyniki badań wpływu wybranych dawek ogrzewania mikrofalowego w zakresie temperatur od 28°C do 98°C na zmiany mikrostruktury ziarniaków pszenicy odmiany Bęgra w dwu kolejnych pokoleniach. Stwierdzono, że przedświecne ogrzewanie ziarna pszenicy o wilgotności 12,2% za pomocą mikrofal o czasie ekspozycji 120 s (79°C) i 180 s (98°C) negatywnie wpłynęło na zdolność kiełkowania ziarna, a tym samym spadek uzyskanego plonu ziarna pierwszego pokolenia odpowiednio o 9% i 57%. Nie stwierdzono pośredniego wpływu ogrzewania mikrofalowego na mikrostrukturę okrywy owocowo-nasiennej, warstwy aleuronowej, subaleuronowej i bielma ziarniaków pszenicy zebranych w dwu kolejnych pokoleniach. Odnotowano natomiast niewielkie zmiany komórek epidermy zewnętrznej, ale tylko dla ziarna zebranego w pierwszym pokoleniu, które analizowano pod elektronicznym mikroskopem skaningowym (SEM).

**Słowa kluczowe:** ziarno pszenicy, ogrzewanie mikrofalowe, analiza mikroskopowa, pokolenia następcze

**WSTĘP**

Zboża zalicza się do grupy uprawnych traw gruboziarnistych, które rosną w umiarkowanym i tropikalnym klimacie (Evers i in. 1999). Ich owocem są skrobiowe ziarniaki służące jako pożywienie ludzi (67%), pasza dla zwierząt (20%), materiał siewny (7%) i surowiec przemysłowy (6%) (Grundas 2003).

Podstawowym surowcem przetwarzanym na żywność w Europie i zachodniej części Azji jest pszenica wraz z żytem i jęczmieniem. Roczna produkcja zbóż w skali światowej wynosi około 2 mld ton, z czego połowa wymaga magazyno-

wania (Warchalewski i in. 2000). Szkody ponoszone w okresie długotrwałego magazynowania zanieczyszczonego owadami ziarna zbóż są olbrzymie. Stąd poszukuje się bardziej bezpiecznych metod pozwalających na ograniczenie fumigacji celem zwalczania owadów szkodników. Wśród metod fizycznych wymienia się ogrzewanie mikrofalowe (Dolińska i Warchalewski 2003). Stosując tunelowy system ogrzewania mikrofalami, stwierdzono wysoką śmiertelność owadów w ziarnie pszenicy (Prądyńska i Warchalewski 1999, Warchalewski i in. 2000). Skuteczność zwalczania owadów szkodników w magazynach podczas stosowania mikrofal wiąże się ściśle z osiągniętą temperaturą ziarna zbóż. Tunelowy system suszenia ziarna mikrofalami jest bardziej skuteczny w niszczeniu żerujących owadów wskutek mniejszej różnicy temperatury między wewnętrznymi i zewnętrznymi warstwami ziarna zbóż. Równocześnie ma to znaczenie z punktu widzenia wartości technologicznej ogrzewanego ziarna w taśmowej suszarce mikrofalowej. Charakterystyczne dla mikrofal intensywne pochłanianie energii elektromagnetycznej przez cząsteczki wody pozwala nagrzewać bardzo szybko całą objętość suszonego ziarna z dużą precyzją kontroli procesu (Parosa 2007, Vadivambal i Jayas 2007).

W ostatnim czasie ukazały się prace na temat pośredniego wpływu ogrzewania mikrofalowego na kolejne pokolenia ziarna pszenicy wyhodowane z ziarna ogrzewanego mikrofalami. Donoszono o następczym wpływie mikrofal na zmiany w skrobi (Dolińska i in. 2004), strawności albumin (Dolińska i Warchalewski 2002) i niektórych właściwości fizycznych ziarna pszenicy (Warchalewski i in. 2006) kolejnych pokoleń.

Celem pracy była ocena następczego wpływu ogrzewania mikrofalowego na mikrostrukturę ziarniaków pszenicy odmiany Begra zebranej w dwu kolejnych pokoleniach.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły dwa pokolenia pszenicy, wyhodowane z ziarna pszenicy ozimej odmiany Begra poddanej ogrzewaniu mikrofalowemu. Proces ogrzewania mikrofalowego ziarna przeprowadzono w kuchence mikrofalowej Samsung Electronics Re 1100, emitującej promieniowanie o częstotliwości 2450 MHz. Przed ogrzewaniem ziarna Kuchenkę poddano kalibracji zgodnie z ASTM STANDARD 1996.

5000 g ziarna układano porcjami w szalce Petriego, o średnicy 20 cm oraz grubości warstwy ziarna 3 cm i poddano działaniu mikrofal w czasie od 15 do 180 sekund. W kuchence do procesu ogrzewania zastosowano wysoką moc 1250 W i talerz obrotowy. Natychmiast po procesie ogrzewania zmierzono trzykrotnie temperaturę ziarna. Zastosowane czasy mikrofalowania pozwoliły uzyskać temperaturę ziarna w zakresie od 28°C do 98°C. Następnie ziarno ochłodzono i przechowywa-

no w szczelnych pojemnikach, w temperaturze pokojowej do momentu wysiewu. Wilgotność początkowa ziarna wynosiła 12,2%. Wilgotność ziarna oznaczano w trzech powtórzeniach stosując naważkę 2 g ziarna i temperaturę suszenia 135°C przez 2 godz. wg AACC Method 44-19/191982.

W tabeli 1 przedstawiono parametry ogrzewania mikrofalowego wraz z osiągniętą wilgotnością ziarna.

**Tabela 1.** Charakterystyka przedsiewnego procesu ogrzewania mikrofalowego nasion pszenicy  
**Table 1.** Characteristics of wheat seed microwave heating process before sowing

Próby ziarna Grain samples	Kontrolna Control		Próby ogrzane mikrofalami Microwave heated samples				
	Czas ogrzewania Heating time (s)	0	15	45	60	90	120
Moc dawki pochłoniętej Absorbed power dose (kJ)	0,0	8,55	25,65	34,20	51,30	68,40	102,60
Temperatura ziarna Grain tem- perature (°C)*	20,0	28,0	43,0	48,0	64,0	79,0	98,0
Wilgotność Grain mois- ture content (%)*	12,2	12,2	12,12	12,2	11,7	10,6	9,9
Kody prób Sample codes	Pierwsze pokolenie ziarna – First generation crop						
	IM-O	IM-15	IM-45	IM-60	IM-90	IM-120	IM-180
	Drugie pokolenie ziarna – Second generation crop						
	IIM-O	IIM-15	IIM-45	IIM-60	IIM-90	IIM-120	IIM-180

\* średnia z trzech powtórzeń – mean value of triplicate.

Nasiona pszenicy po ogrzaniu mikrofalami wysiano na specjalnie założonych poletkach doświadczalnych (30 m<sup>2</sup> każde) w Zakładzie Hodowli Roślin DANKO w Choryni.

Z ziarna zebranego w pierwszym i drugim pokoleniu wraz z ich próbami kontrolnymi pobrano po około 5 g ziarniaków, które przeznaczono do oceny wizualnej w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). Wybrane ziarniaki (po 10 z każdej próby) pocięto żyłką i pokryto cienką warstwą węgla i złota w napyłarce próżniowej JEE 4x. Następnie oglądano je w mikroskopie JEOL 5200 (Japan) przy napięciu 10 Kev, tak jak opisano to dokładnie wcześniej (Błaszczak i in. 2002).

Natomiast zdjęcia i wymiary komórek epidermy zewnętrznej ziarniaków wraz z analizą wizualną obrazów ziarna zebranego w pierwszym i drugim pokoleniu wykonano za pomocą mikroskopu Hitachi S-3000N Scanning Electron Microscope (Japan) w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu. Zastosowano dekodery elektronów wtórnych, napięcie przyspieszające 2 kV, powiększenie uzyskane spod mikroskopu wynosiło 500 x, odległość robocza 11 mm. Pojedyncze ziarniaki przyklejano na stoliku przy pomocy kleju na bazie srebra. Ziarno mocowano do stolika zawsze od strony bruzdy. Zdjęcia wykonano od strony grzbietowej, nie stosując żadnych preparatów barwiących. Pod mikroskopem SEM oceniano po dziesięć przypadkowo wybranych ziarniaków, których epidermę zewnętrzną oglądano zawsze w okolicy zarodka, a następnie wykonano pomiary komórek przy pomocy podziałki znajdującej się w mikroskopie.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

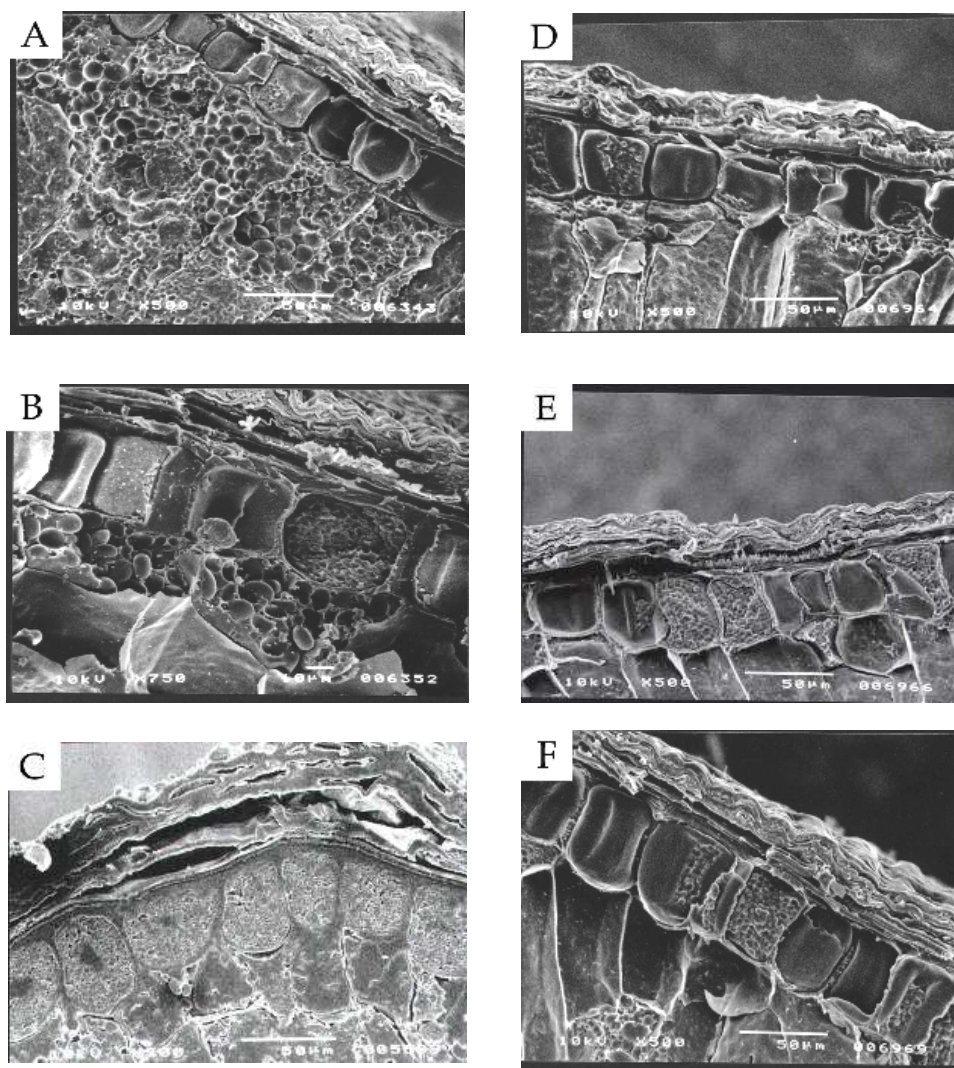
Owadzie szkodniki występujące w zbożowych magazynach charakteryzuje optimum cieplne ich rozwoju w granicach 25-32°C oraz zakres temperatur letalnych, który rozciąga się poniżej 13°C i powyżej 38°C (Warchalewski i in. 2000). Przykładowo, letalna temperatura dla większości stadiów rozwojowych trojszyka ulca (*Tribolium Confusum* Duv.) wynosiła 80°C (Dolińska i Warchalewski 2003). Osiągnięte temperatury ziarna bezpośrednio po mikrofalowaniu uzasadniają wybór czasów ekspozycji na mikrofałe stosowane w tych badaniach. Ogrzewanie mikrofalami nasion pszenicy przed wysianiem, których średnia wilgotność początkowa wynosiła 12,2%, spowodowało obniżenie zdolności kiełkowania w przypadku najdłuższych czasów traktowania mikrofalami. Próby ziarna, które po zakończeniu ogrzewania osiągnęły temperaturę 79°C i 98°C, charakteryzowały się największym spadkiem wilgotności ziarniaków odpowiednio 10,6% i 9,9% (tab. 1). Równocześnie wpływ wysokiej temperatury ziarna znalazł odbicie w ilości zebranego plonu, ale tylko w pierwszym pokoleniu. W przypadku próby IM-120 (79°C) był niższy o 9%, a próby ziarna IM-180 (98°C) aż o 57%. Dodatkowo plon ziarna próby IM-180 charakteryzował się dużą ilością poślada, który stanowił 50% ilości zebranego ziarna po oczyszczeniu. Według Prądyńskiej (1995) ziarno o wilgotności początkowej 12,3-12,8% ogrzane do temperatury 60°C w pełni zachowało zdolność kiełkowania

i wartość konsumpcyjną, a jednocześnie ten zabieg termiczny był skuteczny w zwalczaniu wołka zbożowego we wszystkich stadiach rozwoju, przy zachowaniu odpowiedniego czasu ogrzewania. Również w tych badaniach zastosowane ogrzewanie mikrofalowe przez 90 sekund do uzyskania temperatury ziarna 64°C nie miało wpływu na zdolność kiełkowania i ilość zebranego plonu pomimo odnotowanego spadku wilgotności ziarna pszenicy o 0,5% (tab. 1).

### **Mikrostruktura ziarniaków**

Mikrostrukturę warstw zewnętrznych ziarniaków i bielma pszenicy pierwszego i drugiego pokolenia wyhodowanych z ziarna poddanego ogrzewaniu mikrofalowemu przedstawiono na mikrofotografiach (fot. 1 i 2). Analizie poddano ziarno wybranych prób: IM-0, IM-60 i IM-180, a także analogicznych prób drugiego pokolenia. Na podstawie oceny mikroskopowej, wizualnej grubość okrywy, jej budowa, wielkość i wypełnienie komórek aleuronowych, a także wielkość ziarenek skrobi i ich rozmieszczenie w komórkach pryzmatycznych w próbach ziarna IM-60 (fot. 1 B) i IM-180 (fot. 1 C) nie odbiegają od mikrostruktury ziarniaków kontrolnych IM-0 (fot. 1 A). Aczkolwiek okrywa owocowo-nasienna w próbie IM-180 (fot. 1 C) została oceniona jako bardziej delikatna, co potwierdzono w ocenie twardości ziarniaków mierzonej w aparacie SKCS (Warchalewski i in. 2006), gdzie stwierdzono istotnie statystycznie niższą twardość ziarniaków tej próby. Podobne obserwacje poczyniono w przypadku ziarniaków drugiego pokolenia. Również tutaj nie zaobserwowano różnic w budowie okrywy owocowo-nasiennej i w poszczególnych warstwach, to jest: warstwie aleuronowej oraz subaleuronowej (fot. 1 D,E,F). W ocenie wizualnej, porównawczej dziesięciu przypadkowo wybranych ziarniaków z każdej próby za mało znaczące, wynikające raczej z odmiennego położenia komórek w bielmie (komórki zewnętrzne bielma mają kształt pryzmatyczny a środkowe wieloboczny), jak i ich rodzaju, uznać należy zróżnicowanie obrazów mikroskopowych endospermu ziarniaków (fot. 2).

Błaszczak i in. (2002) analizując strukturę bielma ziarna pszenicy bezpośrednio po ogrzaniu mikrofalami za pomocą SEM, zaobserwowali destrukcję składników komórek bielma w wyniku termicznych zmian w białku, które rozpoczynały się już w ziarnie ogrzanym do temperatury 64°C (90 s), gdzie tworzyły się białkowe filamenty zawierające ziarna skrobi. W wyższych dawkach (120 s – 79°C i 180 s – 98°C) zauważono postępującą denaturację białka oraz wyraźny spadek zebranego plonu ziarna pszenicy pierwszego pokolenia IM-120 (79°C) i IM-180 (98°C) odnotowany w tej pracy. Obserwowane filamenty przekształcały się w cienkie włókienka, a następnie tworzyły gęstą błonę ciasno pokrywającą ziarna skrobiowe, które zaczynały wchodzić w fazę kleikowania, co powodowało znaczną deformację ziaren skrobiowych (Błaszczak i in. 2002).



**Fot. 1.** Mikrofotografie (SEM) struktury okrywy owocowo-nasiennej, warstwy aleuronowej i subaleuronowej ziarniaków pszenicy pierwszego i drugiego pokolenia wyhodowanych z ziarna ogrzewanego mikrofalami

**Photo. 1.** Microphotographs (SEM) of structure of pericarp, aleurone layer and subaleurone endosperm of wheat kernels of first and second generation grain crops grown from microwave heated seeds

Pierwsze pokolenie ziarna

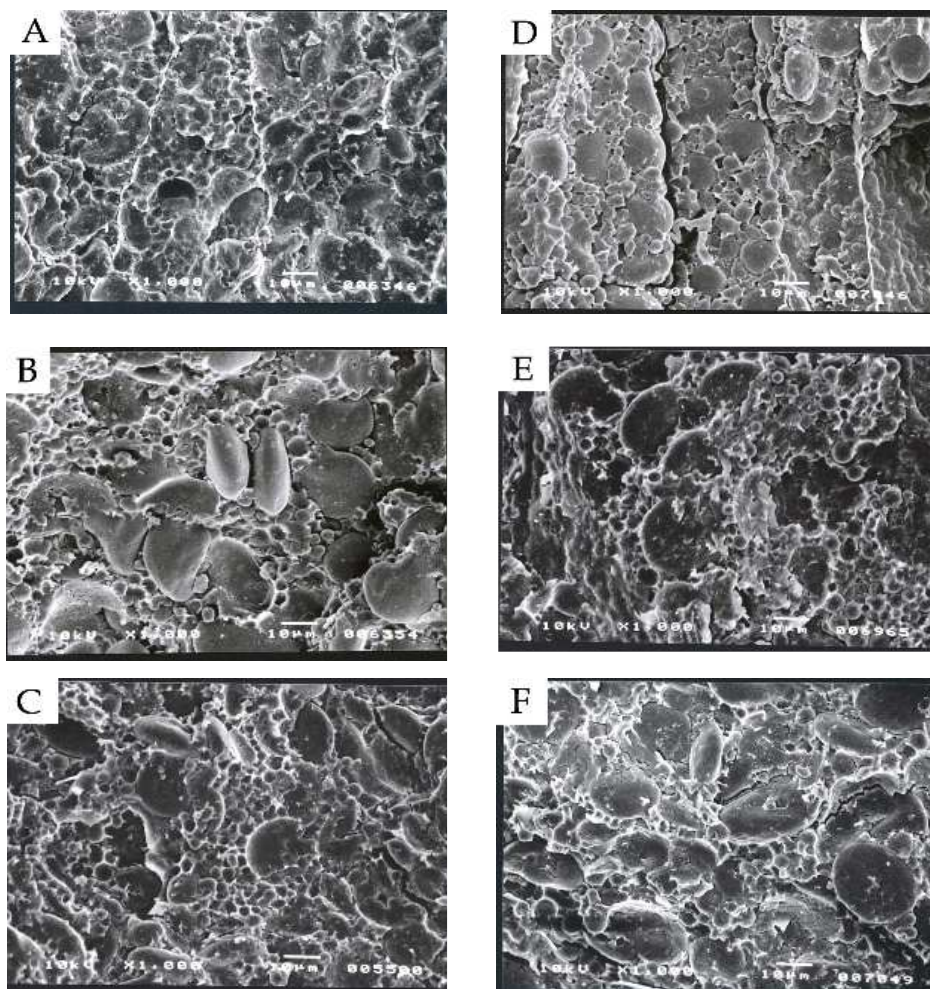
First generation crop

A – IM-0, B – IM-60, C – IM-180

Drugie pokolenie ziarna

Second generation crop

D – IIM-0, E – IIM-60, F – IIM-180



**Fot. 2.** Mikrofotografie (SEM) bielma ziarniaków pszenicy pierwszego i drugiego pokolenia wyhodowanych z ziarna ogrzewanego mikrofalami

**Photo. 2.** Microphotographs (SEM) of starch endosperm of wheat kernels of first and second generation grain crops grown from microwave heated seeds

Pierwsze pokolenie ziarna

Drugie pokolenie ziarna

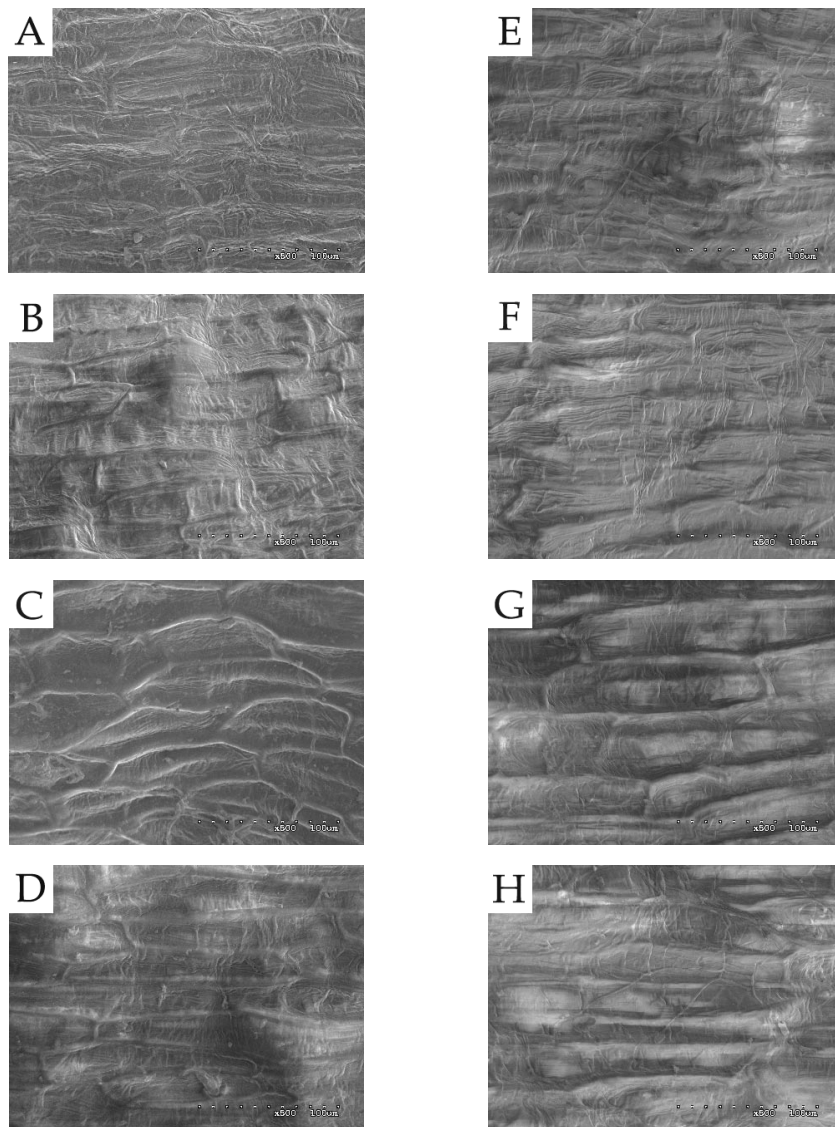
First generation crop

Second generation crop

A – IM-0, B – IM-60, C – IM-180

D – IIM-0, E – IIM-60, F – IIM-180

Zdjęcia epidermy zewnętrznej ziarniaków pszenicy pierwszego i drugiego pokolenia przedstawiono na mikrofotografiach (fot. 3). Komórki epidermy zewnętrznej mają kształt wydłużony i są ułożone wzdłuż długiej osi ziarna, tak jak typowe komórki tej tkanki (Gąsiorowski i Cierniewska 2004).



**Fot. 3.** Mikrofotografie (SEM) komórek epidermy zewnętrznej ziarniaków pszenicy pierwszego i drugiego pokolenia wyhodowanych z ziarna ogrzewanego mikrofalami.

**Photo. 3.** Microphotographs (SEM) of external epidermal cells of first and second generation grain crops grown from microwave heated seeds

Pierwsze pokolenie ziarna

First generation crop

Drugie pokolenie ziarna

Second generation crop

A-IM-0, B-IM-60, C-IM-90, D-IM-180 E -IIM-0, F-IIM-60, G-IIM-90, H-IM-180



Ściany komórek są zgrubiałe. Średnie wymiary komórek tworzących epidermę zewnętrzną ziarniaków pierwszego i drugiego pokolenia podano w tabeli 2.

W pierwszym pokoleniu odnotowano mniejszą długość (119  $\mu\text{m}$ ) i jednocześnie większą szerokość (31  $\mu\text{m}$ ), a także grubość ścian (5,83  $\mu\text{m}$ ) komórek epidermy zewnętrznej ziarna próby IM-90 w porównaniu do próby kontrolnej IM-0 (145  $\mu\text{m}$ , 25  $\mu\text{m}$  i 4,72  $\mu\text{m}$ ). Próba ziarna IM-90 odznaczała się również większą twardością zmierzoną w aparacie Single Kernel Characterization system – SKCS typ 4100 (Warchalewski i in. 2006). Wcześniej Dolińska (2004) stwierdziła, że ziarniaki tej próby charakteryzowały się wyższą wartością rozjaśnienia L\* i intensywnością barwy czerwonej b\*. Szerokość komórek epidermy zewnętrznej była również większa w ziarnie prób IM-15, IM-60 i IM-180. W drugim pokoleniu średnie wymiary długości i szerokości oraz grubości ściany komórek epidermy zewnętrznej były mniej zróżnicowane i nie różniły się znacząco od średnich rozmiarów tych komórek ziarniaków próby kontrolnej IM-0.

Zaobserwowane różnice w rozmiarach komórek epidermy zewnętrznej ziarniaków zebranych w pierwszym pokoleniu nie stwierdzono w drugim pokoleniu zebranego ziarna.

**Tabela 2.** Średnie wymiary komórek epidermy zewnętrznej ziarniaków pierwszego i drugiego pokolenia pszenicy wyhodowanych z ziarna ogrzanego mikrofalami\*

**Table 2.** Average dimensions of external epidermal cells of first and second generation grain crops grown from microwave heated seeds\*

Próba ziarna Grain sample	Długość Length ( $\mu\text{m}$ )	Szerokość Width ( $\mu\text{m}$ )	Grubość ściany Wall thickness ( $\mu\text{m}$ )
IM-0	145 $\pm$ 30,39	25 $\pm$ 3,15	4,72 $\pm$ 0,86
IM-15	146 $\pm$ 37,17	30 $\pm$ 3,49	4,50 $\pm$ 0,67
IM-45	147 $\pm$ 29,27	25 $\pm$ 4,01	4,83 $\pm$ 1,99
IM-60	140 $\pm$ 33,16	28 $\pm$ 5,22	4,17 $\pm$ 0,91
IM-90	119 $\pm$ 38,14	31 $\pm$ 6,80	5,83 $\pm$ 2,28
IM-120	150 $\pm$ 11,79	25 $\pm$ 5,89	5,21 $\pm$ 2,08
IM-180	153 $\pm$ 24,06	28 $\pm$ 2,40	4,72 $\pm$ 0,96
IIM-0	147 $\pm$ 19,90	28 $\pm$ 2,15	4,83 $\pm$ 0,70
IIM-15	163 $\pm$ 15,96	29 $\pm$ 3,40	4,58 $\pm$ 0,48
IIM-45	160 $\pm$ 16,67	29 $\pm$ 3,40	4,79 $\pm$ 0,80
IIM-60	150 $\pm$ 28,64	31 $\pm$ 4,85	5,33 $\pm$ 1,73
IIM-90	163 $\pm$ 17,35	32 $\pm$ 3,99	5,21 $\pm$ 0,80
IIM-120	150 $\pm$ 29,67	31 $\pm$ 5,59	5,21 $\pm$ 1,05
IIM-180	148 $\pm$ 20,97	28 $\pm$ 4,41	4,72 $\pm$ 0,96

\*Średnie wartości z przypadkowo pobranych dziesięciu ziarniaków – Mean value of ten randomly picked kernels.

## WNIOSKI

1. Ogrzewanie mikrofalowe ziarna pszenicy zastosowane przed siewem nie wpłynęło wyraźnie na mikrostrukturę ziarniaków pierwszego i drugiego pokolenia, aczkolwiek okrywa owocowo-nasienna próby IM-180 (pierwsze pokolenie) była oceniona jako bardziej delikatna.

2. Odnotowano mniejszą długość i jednocześnie większą szerokość i grubość ścian komórek epidermy zewnętrznej ziarna próby IM-90, a także większą szerokość tych komórek prób IM-15, IM-60 i IM-180 ziarna zebranego w pierwszym pokoleniu.

3. Zaobserwowane różnice w wymiarach komórek epidermy zewnętrznej nie wystąpiły w ziarnie zebranym w drugim pokoleniu.

## Podziękowania

Pani mgr Zofii Banaszak, dyrektorowi Zakładu Hodowli Roślin DANKO Choryń składamy serdeczne podziękowanie za prowadzenie hodowli ogrzanego mikrofalami ziarna pszenicy na specjalnie założonych poletkach doświadczalnych oraz dostarczenie zebranego ziarna do badań. Panu prof. dr hab. Janowi Nawrotowi z Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu dziękujemy za udostępnienie SEM w celu pomiaru epidermy zewnętrznej ziarniaków.

## PIŚMIENNICTWO

- ASTM Standards 1996. Standard Test Method for Calibration of Microwave Ovens, Annual Book of ASTM Standards 15.09, 1129-1130.
- Błaszczak W., Gralik J., Klockiewicz-Kamińska E., Fornal J., Warchalewski J.R., 2002. Effect of  $\gamma$ -radiation and microwave, heating on endosperm microstructure in relation to some technological properties of wheat grain. *Nahrung/Food*, 46, (2), 122-129.
- Dolińska R., Warchalewski J.R., 2002. Wpływ promieniowania gamma i ogrzewania mikrofalowego na strawność *in vitro* białek albuminowych ziarna pszenicy I i II pokolenia. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 29, 102-116.
- Dolińska R., Warchalewski J.R., 2003. Przyszłościowe technologie żywności z udziałem mikrofal i ich wpływ na składniki żywności. *Przemysł Spożywczy*, 57 (11), 2, 4, 6-7, 27.
- Dolińska R., 2004. Ocena wpływu promieniowania gamma i mikrofal na zmiany właściwości ziarna pszenicy kolejnych pokoleń w odniesieniu do warunków glebowo-klimatycznych. Praca doktorska, Akademia Rolnicza w Poznaniu.
- Dolińska R., Warchalewski J.R., Gralik J., Jankowski T., 2004. Effect of  $\gamma$ -radiation and microwave heating of wheat grain on some starch properties in irradiated grain as well as in grain of the next generation crops. *Nahrung/Food*, 48 (3), 195-200.
- Evers A.D., Blakeney A.B., O'Brien L., 1999. Cereal structure and composition. *Aust. J. Agric. Res.*, 50, 629-650.
- Gąsiorowski H., Cierniewska A., 2004. Rozdział 8: Morfologia i anatomia. W: *Pszenica chemia i technologia* (pod red. H. Gąsiorowskiego), Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 138-150.
- Grundas S.T., 2003. Wheat. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Second Edition. Ed.-in-Chief. B.Caballero, Ed. by L.Trugo and P.Finglas, Academic Press, an imprint of Elsevier, pp. 6130-6146.

- Parosa R., 2007. Mikrofała w przemyśle spożywcym. *Przemysł Spożywczy*, 61(1), 15-19.
- Prączyńska A., 1995. The role of higher temperatures to control of granary weevil (*Sitophilus granarius L.*). *Prace Naukowe IOR Poznań*, XXXVI, (1/2), 119-127.
- Prączyńska A., Warchalewski J.R., 1999. Rozwój owadów w magazynowanym ziarnie pszenicy napromienionym mikrofalami. *Ochrona Roślin*, 43 (9), 33.
- Vadivambal R., Jayas D.S., 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products – a review. *Biosystems Engineering*, 98, 1-16.
- Warchalewski J.R., Gralik J., Nawrot J., 2000. Możliwości zmniejszania powodowanych przez szkodniki owadzie strat magazynowanego ziarna zbóż. *Post. Nauk Roln.*, 6, 85-96.
- Warchalewski J.R., Grundas S.T., Dolińska R., Gralik J., 2006. Wpływ ogrzewania mikrofalowego na niektóre właściwości fizyczne ziarna pszenicy w kolejnych pokoleniach. *Materiały konferencji pt. Procesy Fizyczne w Kształtowaniu Środowiska i Jakości Surowców Żywności. Komitet Agrofizyki PAN, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Oddział Lubelski PAN, Lublin, 11-12.05, 71-72.*

## MICROSCOPE ANALYSIS OF TWO GENERATIONS OF WHEAT GRAIN CROPS GROWN FROM MICROWAVE HEATED SEEDS

*Jerzy Ryszard Warchalewski<sup>1</sup>, Romualda Dolińska<sup>1</sup>, Wioletta Błaszczak<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Biochemistry and Food Analysis, August Cieszkowski Agricultural University  
ul. Mazowiecka 48, 60-623 Poznań

<sup>2</sup>Institute of Animal Reproduction and Food Research, The Division of Food Science,  
Polish Academy of Science  
ul. Tuwima 10, 10-747 Olsztyn  
e-mail: kbiaz@au.poznan.pl

**Abstract.** Significant reduction of grain damage by insect pests can be achieved by application of physical methods, among them microwave heating, beside chemical methods - for example pesticides. This paper presents the indirect effect of microwave heating of wheat grain, Begra variety, within temperature range from 28 to 98°C, on grain microstructure in two generations crops. The two highest temperatures applied during microwave heating process of wheat grain with initial moisture content 12.2% before sowing weakened the germination power in grain samples treated for 120 s (79°C) and 180 s (98°C), and in consequence lowered grain yield by 9% and 57%, respectively. No visible changes in microstructure of pericarp, aleurone layer, subaleurone and starchy endosperm of wheat kernels collected in two generations crops grown from microwave treated seeds were found. However, some small changes in external epidermal cells were noted, but only in the first generation crop examined by SEM.

**Key words:** wheat grain, microwave heating, microscopic analysis, succession generations