

Dr inż. Grażyna CACAK-PIETRZAK  
Dr hab. Alicja CEGLIŃSKA, prof. SGGW  
Katedra Technologii Żywności, Zakład Technologii Zbóż  
Dr inż. Ewa GONDEK  
Dr inż. Ewa JAKUBCZYK  
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji  
Wydział Nauk o Żywności SGGW w Warszawie

Praca finansowana w ramach grantu nr N312 1588 34 MNiSW w latach 2008-2010

## WPŁYW STRUKTURY ZIARNA PSZENICY NA PROCES ROZDRABNIANIA®

*W artykule przedstawiono badania mające na celu określenie wpływu struktury ziarna pszenicy na proces jego rozdrabniania. Materiał badawczy stanowiło ziarno dwóch odmian pszenicy o różnej strukturze bielma. Strukturę ziarna oceniano na podstawie jego szklistości i twardości oraz zdjęć przekroju bielma wykonanych za pomocą mikroskopu skaningowego. Proces rozdrabniania (mielenia) ziarna przeprowadzono w sześciopasażowym młynie laboratoryjnym MLU-202 firmy Bühler. Wykazano, że struktura rozdrabnianego ziarna pszenicy miała wpływ na: wydajność mąki ogółem, wydajność mąki uzyskanej z pasaży śrutowych i wymiałowych, nakłady energetyczne na przemiał oraz stopień rozdrobnienia.*

### WSTĘP

Rozdrabnianie jest podstawowym procesem technologicznym stosowanym powszechnie w przemyśle zbożowo-młynarskim. Jest to operacja typu mechanicznego, która polega na zmniejszeniu wymiarów ziarna połączonym z częściowym zniszczeniem jego struktury wewnętrznej. W przemyśle zbożowo-młynarskim do rozdrabniania ziarna zbóż stosuje się różnego rodzaju rozdrabniacze, z których najpowszechniej wykorzystywane są mlewniki walcowe i gniotowniki, rozdrabniacze tarczowo-rzutowe (entoletery), rozdrabniacze młotkowe oraz śrutowniki tarczowe. W zależności od układu sił działających na ziarno (wynika to z konstrukcji urządzenia) rozdrabnianie może następować przez zgniatanie (ściskanie), rozrywanie, ścinanie (cięcie), łamanie, ścieranie, uderzanie lub rozłupywanie. Podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym proces rozdrabniania jest stopień rozdrobnienia, wyrażający się ilorazem średniego wymiaru liniowego cząstek materiału przed rozdrobnieniem i średniego wymiaru liniowego cząstek po rozdrobnieniu. Stopień rozdrobnienia uzyskiwany w procesie przemysłowego przemiału ziarna pszenicy mieści się w przedziale 20-50. Ze względu na wielkość uzyskiwanych cząstek (poniżej 5 mm), proces rozdrabniania ziarna zbóż nosi nazwę mielenia [7, 9].

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonych badań dotyczących określenia wpływu struktury wewnętrznej ziarna pszenicy na proces jego rozdrabniania.**

### METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło ziarno pszenicy jarej i ozimej, zróżnicowane pod względem struktury wewnętrznej. Strukturę wewnętrzną ziarna oceniano metodą mikroskopii elektronowej przy użyciu mikroskopu skaningowego FEJ typ Quanta 200 (parametry obserwacji: napięcie akcelerujące w kolumnie mikroskopu – 25,0 kV, ciśnienie 1,00

Torr, powiększenie 1000x). Badania prowadzono na przekrojach poprzecznych ziarna. Strukturę ziarna oceniano także na podstawie procentowego udziału ziaren szklistych oraz jego twardości. Twardość ziarna oraz nakłady energetyczne na jego rozdrabnianie określano przy pomocy przystawki do farinografu Brabendera (przy szczelinie mielącej 100/5). Wilgotność ziarna oznaczono metodą suszenia do stałej masy w temp. 105°C. Zawartość białka ogółem oznaczono metodą Kjeldahla (Nx5, 70). Przed mieleniem ziarno poddano procesowi czyszczenia z wykorzystaniem granotestu firmy Brabender, a następnie przeprowadzono proces kondycjonowania. Zabieg ten wykonywano dwustopniowo: na 24 godziny przed mieleniem ziarno nawilżano do wilgotności 14,0%, a następnie na godzinę przed mieleniem do wilgotności 14,5%. Proces mielenia prób ziarna (o masie 30 kg) przeprowadzono w młynie laboratoryjnym MLU-202 firmy Bühler, uzyskując każdorazowo trzy mąki śrutowe i trzy mąki wymiałowe oraz otręby śrutowe i wymiałowe. Wielkości szczeliny mielącej i opięcia sit stosowane na poszczególnych pasażach zamieszczono w tabeli 1. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono bilans przemiałowy, a następnie zmieszano mąki pasażowe uzyskując mąkę ogółem. Granulację mąki ogółem określono metodą analizy sitowej z wykorzystaniem odsiewacza laboratoryjnego typ SZ-1 z zestawem sit o wielkości oczek: 225, 150, 120, 105,95 µm. Stopień rozdrobnienia ziarna obliczono jako iloraz sumarycznej powierzchni cząstek po rozdrobnieniu (powierzchnia mąki i otrąb) do sumarycznej powierzchni cząstek przed rozdrobnieniem (powierzchnia ziarna) [3, 8].

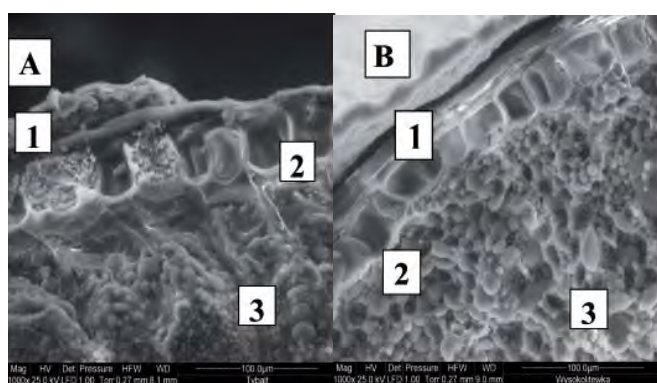
Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w programie komputerowym Statgraphics Plus 4.1, do szczegółowego porównania średnich stosowano test Tukey'a.

**Tabela 1.** Wielkości szczeliny mielącej i opięcia sit na poszczególnych pasażach

Pasaż	Wielkość szczeliny mielącej (mm)	Opięcia sit ( $\mu\text{m}$ )
S I	0,52	244
S II	0,10	180
S III	0,07	150
W 1	0,05	225
W 2	0,01	180
W 3	-	150

## OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

W ziarnie pszenicy jarej okrywa owocowo-nasienna ściśle przylegała do warstwy komórek aleuronowych, natomiast w ziarnie pszenicy ozimej związanie okrywy owocowo-nasiennej z warstwą aleuronową było słabsze (rys. 1). W ziarnie obu badanych pszenic warstwa aleuronowa składała się z jednej warstwy wielokątnych komórek, różniących się kształtem i wielkością. Do warstwy aleuronowej ściśle przylegały komórki bielma. Analiza zdjęć wykazała duże różnice w strukturze bielma badanych prób ziarna (rys. 2). W przypadku pszenicy ozimej ułożenie ziaren skrobi i białka było luźne. Ziarna skrobi były gładkie, oddzielone od siebie, a przestrzenie między nimi były puste lub częściowo wypełnione białkiem. W bielmie pszenicy jarej ziarna skrobi były natomiast głęboko wtopione w matrycę białkową. Część ziaren skrobi pokrywała warstewka białka przylegającego. Brak było pustych przestrzeni, a skrobia i białko nie były wyraźnie oddzielone od siebie. Na duże zróżnicowanie w strukturze bielma ziarniaków pszenicy wskazują również wcześniejsze badania przeprowadzone w Zakładzie Technologii Zbóż SGGW [1, 5].



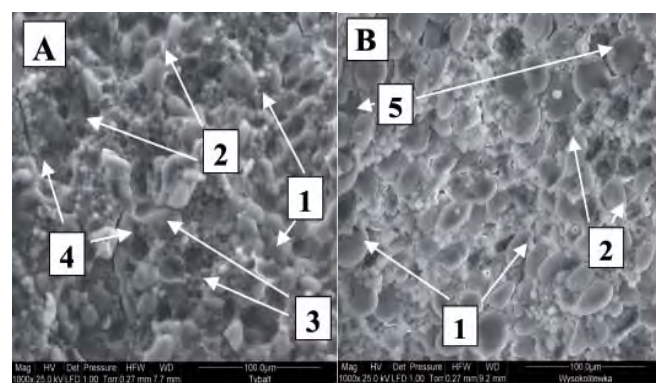
**Rys. 1.** Przekrój poprzeczny ziarna pszenicy o szklistej (A) i mączystej (B) strukturze bielma-fragment warstwy aleuronowej i bielma peryferyjnego: 1 – okrywa owocowo-nasienna, 2 – warstwa aleuronowa, 3 – bielmo.

Wyniki oceny technologicznej ziarna badanych prób pszenicy zestawiono w tabeli 2. Zawartość wody w obu próbach ziarna była na podobnym poziomie (12,1-12,3%). Ziarno pszenicy jarej cechowało się szklistą strukturą bielma (szklistość 70%), natomiast ziarno pszenicy ozimej było mączyste

(udział ziaren szklistych 2%). Jednocześnie ziarno szkliste, w porównaniu z mączystym, odznaczało się statystycznie istotnie większą twardością (odpowiednio: 900 i 585 j.B) oraz większą zawartością białka ogółem (odpowiednio: 13,92 i 12,08%). Na wzrost twardości ziarna pszenicy wraz ze wzrostem jego szklistości wskazują również wyniki wcześniejszych badań własnych [2] oraz badań przeprowadzonych przez Symonsa i wsp. [11]. Zdaniem Turnbulla i Rahmana [10] zależność pomiędzy szklistością i twardością ziarna pszenicy nie jest jednak ścisłą regułą.

Różnice w strukturze bielma, wykazane na podstawie analizy zdjęć skaningowych oraz oceny technologicznej ziarna, miały wpływ na proces jego rozdrabniania. Wy-

dajność mąki ogółem uzyskanej z przemiału ziarna pszenicy jarej o szklistej strukturze bielma wynosiła 74,7%, natomiast ilość mąki uzyskanej z ziarna mączystego była o 4,2 punktu procentowego niższa (tab. 3). Na możliwość uzyskania większych ilości mąki z ziarna szklistego niż mączystego wskazują również inni autorzy [4, 10]. Z przemiału ziarna obu badanych pszenic więcej mąki uzyskano z pasaży wymiałowych (odpowiednio: 55,3 i 47,6%), niż śrutowych (odpowiednio: 19,4 i 22,9%). Duży wyciąg mąki wymiałowej wynikał z wyjątkowo dużych wydajności mąki z pierwszego i drugiego pasażu wymiałowego. Z ziarna o szklistej strukturze bielma, w porównaniu z ziarnem mączystym, uzyskano statystycznie istotnie więcej mąki wymiałowej, co wskazuje na jego większą zdolność do kaszkowania oraz lepszą wymielność kaszek i miałów. Z ziarna mączystego uzyskano natomiast nieco więcej mąki z dwóch pierwszych pasaży śrutowych, co świadczy że było ono bardziej podatne na rozdrabnianie. Podobne zależności pomiędzy strukturą bielma a wydajnością mąki z pasaży śrutowych i wymiałowych wystąpiły także we wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w Zakładzie Technologii Zbóż SGGW [2].



**Rys. 2.** Przekrój poprzeczny ziarna pszenicy o szklistej (A) i mączystej (B) strukturze bielma-fragment środkowego bielma mączystego: 1 – ziarna skrobiowe, 2 – matryca białkowa, 3 – wgłębienia w matrycy białkowej po wypadniętych ziarnach skrobiowych, 4 – mikropeknienia bielma, 5 – puste przestrzenie.

**Tabela 2.** Wyniki oceny technologicznej ziarna pszenicy

Pszenica	Wilgotność (%)	Masa 1000 ziaren (g)	Szklistość (%)	Twardość (j.B)	Białko ogółem (% s.m)
jara	12,1a	39,4b	70a	900a	13,92a
ozima	12,3a	47,2a	2b	585b	12,08b

Wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukey'a ( $\alpha=0,05$ ).

**Tabela 3.** Wyniki procesu rozdrabniania ziarna pszenicy

Pszenica	Wyciąg (%)									Nakłady energetyczne na przemiał ( $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	Stopień rozdrobnienia
	mąka śrutowa				mąka wymiłowa				ogółem		
	SI	SII	SIII	ogółem	W1	W 2	W 3	ogółem			
jara	8,0b	9,2b	2,2a	19,4b	34,5a	16,2a	4,6a	55,3a	74,7a	10,9a	16,3b
ozima	10,1a	10,5a	2,3a	22,9a	28,2b	14,5b	4,9a	47,6b	70,5b	8,6b	21,7a

Wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukey'a ( $\alpha=0,05$ ).

Struktura ziarna pszenicy, w stopniu istotnym statystycznie, wpływała również na nakłady energetyczne przy jego rozdrabnianiu (tab. 3). Rozdrobnienie ziarna pszenicy o szklistej strukturze bielma wymagało większego nakładu energii, niż ziarna mączystego (odpowiednio: 10,9 i 8,6  $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Większe ilości energii zużyte na rozdrobnienie ziarna szklistego wynikały, z wykazanej na zdjęciach z mikroskopu skaningowego, bardziej zwięzłej struktury bielma. Uzyskane wyniki wskazują, że bielmo o strukturze szklistej jest bardziej wytrzymałe na działanie sił niszczących niż bielmo mączyste i wymaga większych nakładów pracy koniecznych na pokonanie odkształceń sprężystych i plastycznych oraz na wytworzenie nowych powierzchni. Dodatkowo korelacje pomiędzy szklistością i twardością ziarna, a energochłonnością procesu rozdrabniania wystąpiły także we wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w Zakładzie Technologii Zbóż SGGW [2].

**Tabela 4.** Wyniki oceny granulacji mąki

Pszenica	Udział frakcji mąki (%) o wymiarach cząstek				
	<95 $\mu\text{m}$	95-105 $\mu\text{m}$	105-120 $\mu\text{m}$	120-150 $\mu\text{m}$	>150 $\mu\text{m}$
jara	60,6b	20,1a	5,9a	13,2a	0,2a
ozima	72,4a	12,9b	6,3a	8,3b	0,1a

Wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukey'a ( $\alpha=0,05$ ).

Mąki uzyskane z przemiału ziarna szklistego i mączystego różniły się pod względem granulacji (tab. 4). W trakcie procesu przemiału stwierdzono, że mąka otrzymana z ziarna szklistego łatwiej się przesiewała i nie zalegała na sitach. Można to tłumaczyć mniejszym udziałem cząstek drobnych. Ilość

frakcji mąki o wymiarach cząstek poniżej 95  $\mu\text{m}$  uzyskanej z przemiału ziarna szklistego i mączystego wynosiła odpowiednio: 60,6 i 72,4%. Podobne zależności pomiędzy strukturą ziarna a granulacją mąki wystąpiły we wcześniejszych badaniach własnych [2] oraz w badaniach przeprowadzonych przez Harelanda [6]. Wykazane różnice w granulacji mąki znalazły potwierdzenie w stopniu

rozdrobnienia ziarna. Wskaźnik ten w odniesieniu do ziarna szklistego wynosił 21,7, natomiast w przypadku ziarna mączystego był o 25% większy (tab. 3).

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że struktura bielma pszenicy miała wpływ na proces jego rozdrabniania. Bardziej podatne na rozdrabnianie było ziarno mączyste, natomiast ziarno o szklistym, twardym bielmie cechowało się lepszymi właściwościami kaszkującymi oraz lepszą wymielnością kaszek i miałów. Większy wyciąg mąki ogółem uzyskano z przemiału ziarna szklistego, ale proces jego rozdrabniania wymagał większych nakładów energetycznych. Stopień rozdrobnienia ziarna mączystego był większy niż ziarna o szklistej strukturze bielma.

## LITERATURA

- [1] Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Kocoń J.: Porównanie budowy wewnętrznej ziarna wybranych odmian pszenicy przy użyciu mikroskopu skaningowego, *Przemysł Zbożowo-Młynarski*, 1997, 41 (7), 29-30.
- [2] Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Torba J.: Wartość przemiałowa wybranych odmian pszenicy z hodowli „Nasiona Kobierzyc”, *Pamiętnik Puławski*, 2005, 139, 27-38.
- [3] Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A.: Rozdrabnianie. W: *Wybrane zagadnienia z ogólnej technologii żywności* (red. Jarczyk A., Dłużewska E.), Wyd. SGGW, Warszawa, 2008, 17-27.

- [4] Dzikowski D., Laskowski J.: Wheat kernel physical properties and milling process, *Acta Agrophysica*, 2005, 6 (1), 59-71.
- [5] Haber T., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A.: Porównanie budowy wewnętrznej ziarna wybranych zbóż, *Przemysł Spożywczy*, 1997, 51 (6), 20-22.
- [6] Hareland G.A.: Evaluation of flour particle size distribution by laser diffraction, sieve analysis and near-infrared reflectance spectroscopy, *Journal of Cereal Science*, 1994, 21, 183-190.
- [7] Heim A.: Procesy mechaniczne i urządzenia do ich realizacji, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź, 1996.
- [8] Jakubczyk T., Haber T. (red.): Analiza zbóż i przetworów zbożowych, Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 1983.
- [9] Jurga R.: Przetwórstwo zbóż, cz. I., WSiP, Warszawa, 1994.
- [10] Turnbull K.M., Rahman S.: Endosperm texture in wheat, *Journal of Cereal Science*, 2002, 36, 327-337.
- [11] Symons S.J., Van Schepdael L., Dexter J.E.: Measurement of hard vitreous kernels in durum wheat by machine vision, *Cereal Chemistry*, 2003, 80 (5), 511-517.

## INFLUENCE OF WHEAT GRAIN STRUCTURE ON GRINDING PROCESS

### SUMMARY

*The aim of the present work was to determine the effect of structure of wheat grain on the grinding process. The structure of mealy and vitreous wheat endosperm of two varieties was investigated. The structure was analyzed based on hardness, vitreous of grains well as microphotographs of the cross section of endosperm obtained using a scanning electron microscope (SEM). The milling process of grain was carry out using the laboratory mill MLU-202 (Bühler). It was shown that the structure affected the total yield, break flour and reduction flour, energy consumption of milling and degree of finesses.*