

*Anna STOLARSKA¹, Andrzej GREGORCZYK², Krystyna PRZYBULEWSKA³,
Joanna PODLASIŃSKA⁴*

OCENA ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH ORAZ CECH JAKOŚCIOWYCH ZIARNA PSZENICY

EVALUATION OF HEAVY METALS CONTENT AND QUALITATIVE TRAITS OF WHEAT GRAIN

¹Zakład Fizjologii Roślin, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. J. Słowackiego 71-434 Szczecin, e-mail: anstolarska@zut.edu.pl

²Katedra Agronomii, Zakład Doświadczalnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

³Zakład Biotechnologii i Mikrobiologii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie, ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

⁴ Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie, ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

Abstract. The degree of heavy metal contamination and effect of storage time of wheat grain on quality traits of milling, used for five type of flour production. The content and weakening of gluten and falling number was estimated. It was noticed, that concentration of heavy metals did not exceed values admissible for consumption flour. Gluten quality for every grades of flour was good and did not decrease during the storage time. After longer storage time increase of falling number was observed.

Słowa kluczowe: liczba opadania, mąka pszenna, metale ciężkie, rozpywalność glutenu, zawartość glutenu.

Key words: falling number, gluten content, gluten weakening, heavy metals, wheat flour.

WSTĘP

Surowce stosowane w przemyśle zbożowo-młynarskim to głównie ziarna zbóż. Najpopularniejszym zbożem uprawianym w Polsce jest pszenica, ze względu na wszechstronność jej wykorzystania i duży potencjał plonotwórczy. Liczne walory technologiczne ziarna pszenicy przyczyniają się do wzrostu zapotrzebowania na produkty z mąki pszennej, która musi odpowiadać wygórowanym normom jakościowym (Jakubczyk, Haber 1983; Cygankiewicz 1997; Subda i in. 1997).

Celem pracy było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wpływu czasu przechowywania ziarna pszenicy na wybrane cechy jakościowe przemiałów, wykorzystanych do produkcji różnych typów mąki w województwie zachodniopomorskim.

MATERIAŁ I METODY

Pszenica pobrana do analiz przechowywana była w spiżu typu komorowego w stanie suchym (tj. o zawartości wody 12–14,5%), będąc okresowo podawana aktywnemu suszeniu. Przemiał wykorzystany był do produkcji mąki tortowej typu 450, wrocławskiej 500, luksusowej 550, bułkowej 650 oraz chlebowej 750. Dla poszczególnych typów mąki oznaczono zawartość popiołu (metodą wagową wg PN-ISO 2171) oraz metali ciężkich – metodą płomieniowej spektrofotometrii absorpcji atomowej ASA (wg PN-59-A-04010, PN-59-A-04011).

W pracy oznaczono także zawartość i rozpuszczalność glutenu (wg PN-77A-74041) oraz liczbę opadania metodą Hagberga (wg PN-ISO 3093).

Wyniki wszystkich oznaczeń przedstawiono jako średnie z trzyletnich badań (średnia z 30 wyników z każdego roku badań). Średnie wartości (z 9 powtórzeń) porównano, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji dla zawartości metali ciężkich i popiołu oraz dwuczynnikową analizę wariancji dla pozostałych cech (średnie z 12 powtórzeń), określając wpływ terminu przechowywania w różnych typach mąki. Najmniejsze istotne różnice testowano procedurą Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W Polsce gatunkowanie mąki przeprowadza się na podstawie zawartości popiołu; maksymalna jego zawartość dla poszczególnych typów mąki kształtuje się następująco: mąka tortowa typu 450 – 0,48%, mąka wrocławska 500 – 0,53%, mąka luksusowa 550 – 0,58%, bułkowa 650 – 0,68%, chlebowa 750 – 0,78%. Zawartość popiołu w badanym przemiale wykorzystanym do produkcji poszczególnych gatunków mąki była zgodna z normami PN-ISO 2171 oraz wynikami podanymi przez Cichoń i Ptak (2005) – tab. 1.

Tabela 1. Zawartość popiołu [%] oraz metali ciężkich [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] w przemiale do produkcji wybranych typów mąki

Typ mąki Flour grade	Popiół Ash	Cu	Pb (WE)	Zn	As	Cd
Tortowa 450	0,42	1,25	0,097	4,40	0,010	0,024
Wrocławska 500	0,49	1,17	0,067	5,10	0,020	0,030
Luksusowa 550	0,50	1,02	0,067	4,48	0,011	0,037
Bułkowa 650	0,61	1,74	0,060	5,55	0,020	0,033
Chlebowa 750	0,73	1,97	0,040	8,46	0,012	0,017
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,02	0,798	0,060	n.s.	n.s.	n.s.
Norma Standard		6,0	0,2	40,0	0,2	0,1

NIR_{0,05} – najmniejsza istotna różnica przy $\alpha = 0,05$,

LSD_{0,05} – least significant difference at $\alpha = 0,05$,

n.s. – różnica nieistotna – not significant difference.

W przemiale przeznaczonym do produkcji mąki chlebowej odnotowano największą ilość popiołu (0,73%), najmniejszą natomiast do produkcji mąki tortowej (0,42%). Odwrotnie proporcjonalnie w stosunku do zawartości popiołu kształtowała się zawartość ołowiu; największe ilości tego metalu stwierdzono w przemiale przeznaczonym na mąkę tortową (0,097 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), najmniejsze w przemiale na mąkę chlebową, tylko 0,040 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Sugerować to może, że ołów jest łatwiej kumulowany w głębszych warstwach ziarna, gdyż do produkcji mąki tortowej właśnie ta warstwa ziarniaka jest wykorzystywana. Mazurkiewicz (2005) twierdzi, że istotny wpływ na poziom tego metalu w ziarnie ma typ uprawy. W swoich badaniach wykazał prawie dwukrotnie większą zawartość ołowiu w ziarnie pszenicy uprawianej ekologicznie, aniżeli w warunkach konwencjonalnych.

Przemiał przeznaczony na mąkę chlebową charakteryzował się największą zawartością miedzi ($1,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), i ilości te były istotnie większe niż stwierdzone w przemiale na mąkę luksusową 550. Największe ilości cynku odnotowano również w mące chlebowej, jednak różnice te nie były statystycznie istotne. Pod względem zawartości arsenu i kadmu wszystkie typy mąki stanowiły grupę jednorodną statystycznie.

Ogólnie koncentracja badanych metali nie przekraczała dopuszczalnych wartości dla mąki konsumpcyjnej (DzU 37, poz. 326, DzU UE. L 364/5 (2012. 2006) i były mniejsze niż wartości przedstawione w pracy Cichoń i Ptak (2005).

Dla potrzeb przemysłu piekarskiego ocena mąki polega na określaniu jej przydatności do produkcji pieczywa, czyli badaniu wartości wypiekowej. Ilość i jakość glutenu w mące ma duże znaczenie dla wartości wypiekowej mąki, ponieważ właściwości fizykochemiczne glutenu pozwalają na zatrzymanie w cieście tworzących się gazów podczas fermentacji oraz wpływają na sposób rozmieszczenia ich w całej masie ciasta w postaci drobnych, równych pęcherzyków (Miś 2005).

Wyniki dotyczące wpływu zawartości oraz rozplywalności glutenu w poszczególnych typach mąki oraz wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się tych parametrów przedstawiono w tab. 2 i 3.

Tabela 2. Wpływ czasu przechowywania (P) na zawartość glutenu [%] wybranych typów mąki (M)
Table 2. Effect of storage time (P) on gluten content [%] of selected flour grade (M)

Typ mąki Flour grade	Czas przechowywania (dni) Storage time (days)				Średnia Mean
	90	180	270	360	
Tortowa 450	30,7	30,7	29,3	28,7	29,8
Wrocławska 500	33,3	33,7	34,0	31,0	33,0
Luksusowa 550	34,0	33,7	34,0	31,0	33,2
Bułkowa 650	34,0	33,3	33,7	28,0	32,2
Chlebowa 750	31,3	30,0	30,3	31,0	30,7
Średnia – Mean	32,7	32,3	32,3	29,9	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	dla – for	M – 2,0	P – 1,68		MxP – n.s.

Objaśnienia – patrz tab. 1; explanations – see the Table 1.

Tabela 3. Wpływ czasu przechowywania (P) na rozplywalność glutenu [mm] wybranych typów mąki (M)
Table 3. Effect of storage time (P) on gluten weakening [mm] of selected flour grade (M)

Typ mąki Flour grade	Czas przechowywania (dni) Storage time (days)				Średnia Mean
	90	180	270	360	
Tortowa 450	3,17	3,17	2,67	2,67	2,92
Wrocławska 500	4,67	4,67	4,00	3,67	4,25
Luksusowa 550	4,67	5,50	4,50	4,67	4,83
Bułkowa 650	5,33	5,33	4,83	4,33	4,96
Chlebowa 750	6,33	6,10	5,83	5,33	5,92
Średnia – Mean	5,92	4,96	4,25	4,13	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	dla – for	M – 0,640	P – 0,537		MxP – n.s.

Objaśnienia – patrz tab. 1; explanations – see the Table 1.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zawartość glutenu istotnie różniła się w zależności od rodzaju mąki. Największą jego zawartością charakteryzowały się mąki: wrocławska, bułkowa i luksusowa, natomiast istotnie największą rozplywalnością charakteryzowały się mąki: chlebowa, bułkowa i luksusowa. Czas przechowywania przemiału miał istotny wpływ zarówno na zawartość, jak i rozplywalność glutenu. Dopiero po upływie czterech kwartałów zauważono istotny spadek zawartości glutenu (tab. 2), a jego rozplywalność malała istotnie wraz z czasem przechowywania (tab. 3).

Ziarno przeznaczone do przetwórstwa na mąkę do wypieku pieczywa powinno charakteryzować co najmniej 25-procentową zawartością glutenu i rozplywalnością nie większą niż 9 mm (Mazurkiewicz i Bojarczyk 2004).

Z badań wielu autorów (Wróbel i Szempliński 1999; Podolska i Stankowski 2001; Stankowski i in. 2004; Mazurkiewicz 2005) wynika, że poziom nawożenia azotowego na ogół zwiększa zawartość glutenu, ale obniża jego jakość, wyrażającą się zwiększeniem rozplywalności.

Oznaczenie jedynie zawartości glutenu nie jest jednak jednoznaczne z oceną wartości technologicznej ziarna, ponieważ wysoka zawartość białka ogólnego i mokrego glutenu nie zawsze koreluje z dobrą wartością wypiekową mąki (Achremowicz i in. 1995; Bichoński 1995). W ocenie wartości wypiekowej mąki ważna jest zdolność mąki do kleikowania, a szczególnie tworzących łańcuchy skrobiowe podjednostek gliadynowych i gluteinowych niskocząsteczkowych i wysokocząsteczkowych (El Hadal i in. 1995).

Jednym z najczęściej stosowanych wskaźników aktywności amylolitycznej jest liczba opadania. Gwarancją uzyskania mąki pszennej o odpowiedniej jakości jest stosowanie do przemiału ziarna pszenicy o liczbie opadania w granicach 200–300 (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ czasu przechowywania (P) na liczbę opadania [s] wybranych typów mąki (M)
Table 4. Effect of storage time (P) on falling number [s] of selected flour grade (M)

Typ mąki Flour grade	Czas przechowywania (dni) Storage time (days)				Średnia Mean
	90	180	270	360	
Tortowa 450	308	354	401	384	362
Wrocławska 500	300	322	385	382	347
Luksusowa 550	300	326	384	380	348
Bułkowa 650	295	309	364	381	337
Chlebowa 750	277	303	342	354	319
Średnia – Mean	296	323	375	376	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	dla – for	M – 21,3	P – 17,9	MxP – n.s.	

Objaśnienia – patrz tab. 1; explanations – see the Table 1.

Liczba opadania w badanych mąkach mieściła się w zakresie od 277 do 401, a największą jej wartość odnotowano w mące tortowej (powyżej 360 s). Zdaniem Dojczewa i in. (2003) zbyt wysoka wartość liczby opadania (ponad 400 s) może wpływać niekorzystnie na proces wypieku chleba, gdyż wtedy jest zbyt niska aktywność enzymów amylolitycznych. Andrzejczak-Hybel i in. (1994); Dojczew i in. (2003) stwierdzają, że występuje duży zakres wartości liczby opadania w obrębie odmian zbóż. Na aktywność amylolityczną ziarna po przemiale ma wpływ lokalizacja enzymów amylolitycznych. Ziarno żyta charakteryzuje się niższymi wartościami liczby opadania niż ziarno pszenicy, z uwagi na naturalnie wyższy poziom aktywności enzymów amylolitycznych.

Czas przechowywania również wpływał na aktywność tego typu enzymów. Warunki składowania takiego ziarna (temperatura i wilgotność) muszą być dokładnie kontrolowane

(Andrzejczak-Hybel i in. 1994; Dojczew i in. 2003). We własnych badaniach największą liczbę opadania stwierdzono w trzecim i czwartym kwartale przechowywania; najprawdopodobniej aktywność enzymów amylolitycznych zmniejszyła się na skutek przesuszenia ziarna.

WNIOSKI

1. Koncentracja badanych metali ciężkich nie przekraczała dopuszczalnych wartości dla mąki konsumpcyjnej.
2. Wszystkie typy mąki odznaczały się dobrą jakością glutenu, która nie pogarszała się wraz z czasem przechowywania ziarna.
3. Dłuższy czas przechowywania powodował wzrost liczby opadania, co jednak nie powinno wpłynąć negatywnie na wartość wypiekową mąki.

PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundaś S.** 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. Biul. IHAR 193, 29–34.
- Andrzejczak-Hybel J, Bartoszewicz K., Bielawski W., Kaczkowski J.** 1994. Changes of activity of some hydrolases during triticale grain development differentiated in pre-harvest sprouting resistance. Acta Physiol. Plant. 16 (4), 279–284.
- Bichoński A.** 1995. Wartość ważniejszych cech technologicznych z kolekcji pszenicy jarej. Biul. IHAR 194, 123–129.
- Cichoń Z., Ptak E.** 2005. Analiza jakościowa wybranych rodzajów maki pszennej. Zesz. Nauk. AE Krak. 678, 89–102.
- Cygankiewicz A.** 1997. Ocena jakościowa odmian i rodów pszenicy ozimej i jarej z doświadczeń hodowlanych. Prz. Zboż. Młyn. 2, 21–23.
- Dojczew D., Pietrych A., Haber T.** 2003. Wpływ aktywności wybranych hydrolaz na wartość wypiekową mąk pszennych z ziarna porośniętego. Żywność, Nauka, Technologia, Jakość 3, 93–101.
- DzU 37, poz. 326. Maksymalne poziomy zanieczyszczeń metalami ciężkimi szkodliwymi dla zdrowia.** 2003.
- DzU. UE. L 364/5 (2012. 2006) Rozp. Kom. (WE) Nr 188/2006 ustalające dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.**
- El Hadal I., Aussenac T., Fabre J.L., Sarrafi H.** 1995. Relationship between polymeric glutenin and the characteristic for common wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in the field and greenhouse. Cereal Chem. 72, 598–601.
- Jakubczyk T., Haber T.** 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. SGGW Warszawa
- Mazurkiewicz J.** 2005. Porównanie jakości technologicznej pszenicy i żyta uprawianych w warunkach konwencjonalnych i gospodarstwa ekologicznego. Acta Agrophys. 6 (3), 729–741.
- Mazurkiewicz J. Bojarczyk M.** 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość technologiczną odmian pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, E Agric. LIX 4, 1621–1629.
- Miś A.** 2005. Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne glutenu pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). Acta Agrophys., Rozprawy i monografie 128, s. 121.
- PN-59-A-04010. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie zawartości arsenu.**
- PN-77-A-74041. Oznaczanie ilości i jakości glutenu.**
- PN-59-A-04011. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie zawartości ołowiu.**
- PN-ISO 2171. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego.**

PN-ISO 3093. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.

Podolska G., Stankowski S. 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. Biul. IHAR 218/219, 127–136.

Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K. 2004. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, E Agric. LIX 3, 1363–1369.

Subda H., Prorok D., Gebura E., Zeler J. 1997. Skład chemiczny i wartość wypiekowa maki pszennej. Cz. 2. Wartość wypiekowa. Biul. IHAR 201, 101–107.

Wróbel E., Szempliński W. 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł. 118, 463–469.