

JOANNA KLEPACKA, ŁUCJA FORNAL

OKREŚLENIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ WYBRANYCH ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH A WARTOŚCIĄ PRZEMIAŁOWĄ ZIARNA PSZENICY

Streszczenie

Celem badań było określenie zależności między zawartością wybranych frakcji związków fenolowych a cechami odmianowymi oraz wartością przemiałową ziarna pszenicy.

Do badań wybrano ziarno 10 odmian pszenicy uprawianej w Polsce, należące do różnych klas jakościowych, a w uzyskanej z nich mące i otrębach oznaczono zawartość: związków fenolowych ogółem oraz kwasu ferulowego. Określono również wydajność przemiału (wyciąg mąki) i na tej podstawie dokonano oceny wartości przemiałowej.

Uzyskane wyniki potwierdziły znany fakt większej zawartości związków fenolowych w otrębach pszenicznych (247,67 - 529,79 $\mu\text{g/g}$ s.m.) w porównaniu z mąką (62,26 - 135,00 $\mu\text{g/g}$ s.m.), co wynika ze specyfiki ich rozmieszczenia w ziarnie pszenicy. Między grupami odmian, należącymi do różnych klas jakościowych, nie wykazano różnic pod względem ogólnej zawartości wolnych związków fenolowych. Odmiany ozime charakteryzowały się większą zmiennością zawartości związków fenolowych ogółem, w porównaniu z odmianami jarymi. Zawartość kwasu ferulowego w mące analizowanych odmian mieściła się w zakresie 45,92 - 75,20 $\mu\text{g/g}$ s.m., a w otrębach jego ilość była prawie dwudziestokrotnie wyższa i wynosiła od 1160,78 do 1372,63 $\mu\text{g/g}$ s.m. Wykazano różnice pod względem zawartości kwasu ferulowego w mące między odmianami ozimymi należącymi do klasy jakościowej A a odmianami należącymi do klas B i C. Odmiany jare nie różniły się pod względem zawartości kwasu ferulowego w zależności od klasy jakościowej ziarna. Zawartość związków fenolowych zależała od wartości przemiałowej analizowanych odmian pszenicy. Wykazano, że istnieje zależność korelacyjna statystycznie istotna między wydajnością przemiału a ilością kwasu ferulowego zawartego w mące badanych odmian ozimych ($r = -0,554$). Stwierdzono również, że wraz ze wzrostem wydajności przemiału maleje zawartość ogólnej ilości związków fenolowych w otrębach odmian ozimych ($r = -0,623$).

Słowa kluczowe: pszenica, wartość przemiałowa, wyciąg mąki, związki fenolowe, kwas ferulowy

Wprowadzenie

Związki fenolowe występują tylko w roślinach i należą do ważniejszych wtórnych produktów ich metabolizmu. Charakteryzują się dużą różnorodnością budowy chemicznej. Występują m.in. w postaci wolnej i związanej z takimi składnikami, jak: białka, polisacharydy i kwasy organiczne. Wykryto ponad 800 aglikonów i około 4000 tych związków w formie glikozydów, estrów oraz w innych połączeniach [1]. Badania naukowe dowodzą, że wzrastający w diecie człowieka udział produktów roślinnych wpływa na zmniejszenie zachorowań na nowotwory i choroby serca. Jedną z możliwych dróg wyjaśnienia tego faktu stało się określenie roli przeciwutleniaczy w zmniejszaniu zapadalności na choroby zwyrodnieniowe i łagodzeniu ich objawów. Wolne rodniki są czynnikami ryzyka w ponad 100 chorobach, włączając w nie nowotwory, arteriosklerozę, reumatyzm, zapalenie jelita, czy zaćmę [19]. Procesom oksydacyjnym zapobiega się przez dodatek przeciwutleniaczy. Zastosowanie syntetycznych przeciwutleniaczy jest ograniczone ze względu na ich toksyczność, dlatego też wzrasta zainteresowanie naturalnymi produktami roślinnymi, jako źródłem bezpiecznych antyoksydantów [4]. Ze względu na skalę spożycia znaczącym źródłem przeciwutleniaczy mogą być produkty zbożowe. Aktywność przeciwutleniająca wyciągów z produktów zbożowych wykazuje korelację z zawartością w tych produktach fenoli roślinnych [2]. Zboża zawierają liczne frakcje związków fenolowych, wśród których szczególne znaczenie mają kwasy fenolowe [7]. W ziarnie pszenicy w największych ilościach występuje kwas ferulowy. Występuje on głównie w okrywie nasiennej, warstwie aleuronowej oraz zarodku, a jedynie w śladowych ilościach obecny jest w bielmie skrobiowym ziarniaków [16]. Lempereur i wsp. [12] wykazali, że ilość kwasu ferulowego w ziarniakach pszenicy zależy od jej cech odmianowych oraz od wielkości ziarniaków.

Celem pracy było określenie wpływu cech odmianowych oraz wartości przemiałowej ziarna pszenicy jarej i ozimej na zawartość wolnych związków fenolowych i kwasu ferulowego w mące i otrębach.

Material i metody badań

Badano ziarno pszenicy odmian ozimych i jarych, jednolite odmianowo, pochodzące ze zbiorów z 2001 roku ze Stacji Hodowli Roślin we Wroclikowie (woj. warmińsko-mazurskie), należące do różnych klas jakościowych (tab. 1).

Ziarno pszenicy oczyszczano ręcznie z zanieczyszczeń luźno związanych. Do badań wydzielano frakcję ziarna o grubości większej od 1,7 mm. Oznaczano zawartość wody w ziarnie i doprowadzano jego wilgotność (po 24-godzinnym leżakowaniu) do 14 %. Przed samym przemiałem ziarno nawilżano do 14,5 % wilgotności. Z każdej odmiany pszenicy wydzielano po 3 próby ziarna, z których otrzymywano mąkę i otręby w wyniku przemiału w młynie laboratoryjnym Quadrumat Junior firmy Brabender.

Tabela 1

Klasyfikacja odmian pszenicy wg COBORU.

Classification of wheat varieties according to COBORU (Research Centre for Cultivar Testing).

	Odmiana Variety	Klasa jakości Quality grade	Rok wpisania do rejestru odmian Year when the wheat varieties were entered into the Register of Varieties
Odmiany ozime Winter varieties	Korweta	A	1997
	Zyta	A	1999
	Mewa	B	1998
	Rysa	B	1998
	Sakwa	C(B)	1996
	Kris	C	2000
Odmiany jare Spring varieties	Jasna	A	1996
	Opatka	A	1999
	Eta	B	1986
	Hena	B	1997

Źródło: / Source: [5, 6]

W doświadczeniu oznaczano:

- wydajność przemiału poprzez: przemiał ziarna o masie 200 g, określenie masy uzyskanej mąki i otrąb oraz obliczenie procentowego udziału (wyciągu) mąki;
- zawartość wolnych związków fenolowych ogółem metodą spektrofotometryczną wg Ribereau-Gayon [21] z zastosowaniem ekstrakcji związków fenolowych za pomocą metanolu. Metanol odparowywano i wywoływano reakcję barwną za pomocą odczynnika Folina-Ciocalteu'a i węgla sodu. Pomiar barwy przeprowadzono przy długości fali 720 nm. Wyniki wyrażono jako ekwiwalent D-katechiny użytej do wykonania krzywej wzorcowej;
- zawartość kwasu ferulowego metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej [20] z zastosowaniem hydrolizy kwasowej i enzymatycznej oraz rozdziel kwasu ferulowego w kolumnie chromatograficznej długości 150 mm wypełnionej żelalem krzemionkowym modyfikowanym chemicznie o granulacji 5 µm.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w 3 powtórzeniach.

Analiza statystyczna wyników obejmowała obliczenie: wartości średnich, odchyleń standardowych, współczynników zmienności oraz współczynników korelacji między wybranymi wskaźnikami [23].

Wyniki i dyskusja

Wyciąg mąki uzyskanej z ziarna pszenicy odmian ozimych kształtował się na poziomie od 69,88 do 77,01 % (tab. 2), natomiast w przypadku odmian jarych wynosił od 70,54 do 74,54 % (tab. 3).

Tabela 2

Wydajność przemiału oraz zawartość związków fenolowych w mące i otrębach uzyskanych z ziarna pszenicy formy ozimej.

Milling quality and the content of phenolic compounds in flour and bran produced of winter wheat grains.

Odmiana Variety	Klasa jakości Quality grade	Wyciąg mąki Yield of flour [%]		Zawartość wolnych związków fenolowych ogółem Content of total free phenolic compounds [$\mu\text{g/g s.m. / d.m.}$]				Zawartość kwasu ferulowego Content of ferulic acid [$\mu\text{g/g s.m. / d.m.}$]			
		$x_{1,2,3}$	\bar{X}	Mąka Flour		Otręby Bran		Mąka Flour		Otręby Bran	
				$x_{1,2,3}$	\bar{X}	$x_{1,2,3}$	\bar{X}	$x_{1,2,3}$	\bar{X}	$x_{1,2,3}$	\bar{X}
Korweta	A	69,55	69,88	64,49	62,26	513,68	529,79	57,53	61,06	1263,34	1301,19
		70,07		64,70		549,36		64,93		1363,66	
		70,02		57,59		526,32		60,73		1276,58	
Zyta	A	74,96	74,16	102,51	101,61	246,14	247,67	55,65	55,19	1316,77	1258,91
		74,21		101,85		251,27		56,71		1165,68	
		73,31		100,48		245,60		53,21		1294,29	
Mewa	B	77,05	77,01	80,59	84,00	346,00	332,09	47,52	47,11	1278,83	1288,82
		77,14		86,59		323,17		46,35		1304,94	
		76,84		84,83		327,09		47,47		1282,70	
Rysa	B	72,96	72,61	141,83	135,00	325,93	319,77	48,37	45,92	1341,88	1372,63
		72,36		126,08		312,20		43,56		1402,31	
		72,51		137,10		321,18		45,84		1373,71	
Sakwa	C (B)	71,86	72,40	88,80	88,97	336,99	324,34	76,16	75,20	1168,92	1184,87
		72,65		90,90		324,31		74,34		1211,05	
		72,69		87,22		311,71		75,10		1174,64	
Kris	C	69,68	70,65	104,47	103,73	377,66	365,80	61,89	66,14	1174,25	1173,80
		70,72		101,81		353,89		70,68		1182,93	
		71,55		104,90		365,85		65,86		1164,21	
Wartość średnia Mean value		72,79		95,93		353,24		58,44		1263,37	
Odchylenie standardowe Standard deviation		2,46		23,05		89,54		10,89		79,46	
Współczynnik zmienności [%] Coefficient of variation		3,38		24,03		23,35		18,63		6,29	

Tabela 3

Wydajność przemiału oraz zawartość związków fenolowych w mące i otrębach uzyskanych z ziarna pszenicy formy jarej.

Milling quality and the content of phenolic compounds in flour and bran produced of spring wheat grains.

Odmiana Variety	Klasa jakości Quality grade	Wyciąg mąki Yield of flour [%]		Zawartość wolnych związków fenolowych ogółem [µg/g s.m.] Content of total free phenolic compounds [µg/g d.m.]				Zawartość kwasu ferulowego [µg/g s.m.] Content of ferulic acid [µg/g d.m.]			
		x _{1,2,3}	\bar{X}	Mąka Flour		Otręby Bran		Mąka Flour		Otręby Bran	
				x _{1,2,3}	\bar{X}	x _{1,2,3}	\bar{X}	x _{1,2,3}	\bar{X}	x _{1,2,3}	\bar{X}
		Jasna	A	74,96	74,48	84,27	88,07	385,52	387,52	54,02	54,79
74,23	86,53			381,26		52,88		1303,25			
74,25	93,40			395,77		57,46		1267,92			
Opatka	A	74,72	74,54	102,58	98,62	376,05	367,11	48,40	50,34	1233,12	1221,90
		74,85		97,64		359,67		51,88		1224,11	
		74,04		95,65		365,61		50,75		1208,47	
Eta	B	70,85	71,23	83,26	83,93	292,96	307,57	56,27	52,69	1172,57	1160,78
		71,38		84,36		312,34		51,58		1137,20	
		71,46		84,18		317,42		50,22		1172,57	
Hena	B	70,25	70,54	116,32	112,93	401,29	388,81	52,15	57,39	1208,96	1270,13
		70,68		111,54		364,40		63,67		1300,71	
		70,69		110,94		400,73		56,36		1300,73	
Wartość średnia Mean value		72,70		95,89		362,75		53,80		1226,98	
Odchylenie standardowe Standard deviation		1,93		12,04		36,36		4,12		55,71	
Współczynnik zmienności [%] Coefficient of variation		2,65		12,56		10,02		7,66		4,54	

Analiza zawartości wolnych związków fenolowych ogółem potwierdziła znaną zależność większej ich ilości w otrębach pszenicznych (247,67 - 529,79 µg/g s.m.) w porównaniu z mąką (62,26 - 135,00 µg/g s.m) (tab. 2 i 3). Zależności te zostały stwierdzone już we wcześniejszych badaniach prowadzonych w Katedrze Towaroznawstwa i Badań Żywności UWM w Olsztynie [9, 10, 11]. Wykazano, że zawartość związków fenolowych ogółem w otrębach uzyskanych z wybranych odmian pszenicy uprawianej w Polsce w latach 1995, 1998, 1999 i 2000 wynosiła średnio 773,51 µg/g

i była około 3-krotnie większa niż w mące, w której średnia zawartość tych związków wynosiła 217, 934 $\mu\text{g/g}$.

Zawartość wolnej frakcji związków fenolowych różnicowała poszczególne odmiany pszenicy (tab. 2 i 3). Odmiany ozime charakteryzowały się większą, w porównaniu z odmianami jarymi, zmiennością zawartości związków fenolowych ogółem zarówno w mące, jak i w otrębach. Zawartość tej frakcji związków polifenolowych w mące odmian ozimych kształtowała się na poziomie od 62,26 do 135,00 $\mu\text{g/g}$ s.m. (współczynnik zmienności $v = 24,03\%$), natomiast w mące odmian jarych wynosiła od 83,93 do 112,93 $\mu\text{g/g}$ s.m. ($v = 12,56\%$). Zakres zawartości związków fenolowych ogółem w otrębach pszenicznych to 247,67 – 529,79 $\mu\text{g/g}$ s.m. ($v = 23,35\%$) w odmianach ozimych i 307,57 – 388,81 $\mu\text{g/g}$ s.m. ($v = 10,02\%$) w przypadku odmian jarych (tab. 2 i 3). Większe zróżnicowanie zarówno cech rolniczych, jak i użytkowych odmian pszenicy ozimej potwierdzone jest w Liście Opisowej Odmian [13] i w badaniach Kaczyńskiego [5, 6].

Stwierdzono, że zawartość związków fenolowych ogółem zależy od cech odmianowych analizowanego ziarna pszenicy, ale nie wykazuje związków z wartością technologiczną (klasą jakości). Na zależności między zawartością związków fenolowych ogółem a cechami odmianowymi i gatunkowymi surowców roślinnych wskazują również badania Maillarda i wsp. [15]. Analizowali oni ziarno jęczmienia browarnego i stwierdzili, że w zależności od badanej odmiany zawiera ono od 930 do 1140 $\mu\text{g/g}$ związków fenolowych ogółem. Badania Zielińskiego i Troszyńskiej [25] wykazały, że zawartość związków fenolowych różnicuje nie tylko poszczególne odmiany, ale również gatunki surowców roślinnych. Autorzy ci wykazali, że ogólna zawartość związków fenolowych w obłuszczonych nasionach gryki wynosi 4082 $\mu\text{g/g}$, w ziarnie jęczmienia 1118 $\mu\text{g/g}$, w ziarnie żyta i owsa polifenole roślinne występują na poziomie od 656 do 669 $\mu\text{g/g}$, a w ziarnie pszenicy jest ich 548 $\mu\text{g/g}$.

Analiza zależności między wydajnością przemiału a zawartością wolnych związków fenolowych ogółem wykazała, że istnieje zależność korelacyjna statystycznie istotna między ilością związków fenolowych zawartych w otrębach pszenicy ozimej a wydajnością przemiału ($r = -0,623$) (tab. 4). Wraz ze wzrostem wyciągu mąki malała zawartość wolnych związków fenolowych występujących w otrębach.

Zawartość kwasu ferulowego zależała od cech odmianowych pszenicy i w mące analizowanych odmian mieściła się w zakresie od 45,92 do 75,20 $\mu\text{g/g}$ s.m., a w otrębach była prawie dwudziestokrotnie wyższa i wynosiła od 1160,78 do 1372, 63 $\mu\text{g/g}$ s.m. (tab. 2 i 3). Różnice te wynikają z faktu, że kwas ferulowy w ziarnie pszenicy umiejscowiony jest głównie w okrywie nasiennej i warstwie aleuronowej, które w wyniku przemiału ziarna stanowią frakcję otrąb, a jedynie w śladowych ilościach obecny jest w bielmie skrobiowym ziarna [17]. Kelfkens [8] wykorzystał oznaczanie zawarto-

ści kwasu ferulowego do postawienia pytania, czy nie daje on lepszych, niż zawartość popiołu, możliwości oceny obecności cząstek okrywy w mące. Tezę badań oparł na założeniu, że zawartość kwasu ferulowego w mące jasnej wynosi około 40 µg/g, natomiast w próbkach otręb pobieranych w młynach jego ilość może dochodzić do poziomu 1500 µg/g. Rybka i wsp. [22] wykazali wyraźnie większą zawartość kwasu ferulowego w otrębach pszenicznych (1964 µg/g), w porównaniu z mąką (199 µg/g), a Nishizawa i wsp. [18] określili zawartość kwasu ferulowego w zakresie od 4,7 do 7,9 µg/g w mące pszennej i 1272 µg/g w całym ziarnie. Zależność większej zawartości kwasu ferulowego w całym ziarnie pszenicy w porównaniu z mąką potwierdzona została badaniami Pussayanawina i Wetzla [20]. Autorzy ci wykazali, że w zależności od analizowanej odmiany pszenicy zawartość kwasu ferulowego w mące pszennej wynosiła od 38,3 do 44,3 µg/g, natomiast w całym ziarnie jego zawartość kształtowała się na poziomie od 489,9 do 521,3 µg/g.

Tabela 4

Współczynniki korelacji między zawartością związków fenolowych a wyciągiem mąki.

Coefficients of correlations between the content of phenolic compounds and the flour yield.

Odmiany Varieties	Współczynniki korelacji między zawartością wolnych związków fenolowych ogółem a wyciągiem mąki Coefficients of correlation between total free phenolic compounds and yield of flour		Współczynniki korelacji między zawartością kwasu ferulowego a wyciągiem mąki Coefficient of correlation between ferulic acid content and yield of flour	
	Mąka Flour	Otręby Bran	Mąka Flour	Otręby Bran
Ozime Winter	0,110	-0,623*	-0,554*	0,201
Jare Spring	-0,100	0,551	-0,390	0,391

* - współczynniki korelacji statystycznie istotne / statistically significant correlation coefficients.

Podobnie, jak w przypadku zawartości związków fenolowych, również zawartość kwasu ferulowego zależała od cech odmianowych badanego ziarna i była bardziej zróżnicowana w otrębach odmian ozimych. Wykazano różnice zawartości kwasu ferulowego w mące między odmianami ozimymi należącymi do klasy jakościowej A a odmianami należącymi do klas B i C. Odmiany jare nie różniły się pod względem zawartości kwasu ferulowego w zależności od klasy jakościowej. Zawartość kwasu ferulowego jako cecha odmianowa ziarna pszenicy udokumentowana jest w wielu badaniach. Maga i Lorenz [14] wykazali zmienność zawartości kwasu ferulowego

w mąkach pszennych uzyskanych z różnych odmian pszenicy w zakresie od 25 do 32 $\mu\text{g/g}$. Pussayanawin i Wetzel [20] analizowali występowanie kwasu ferulowego w pszenicy amerykańskiej i wykazali, że jego zawartość w całym ziarnie zmienia się w zakresie od 489,9 do 521,3 $\mu\text{g/g}$ w zależności od odmiany. Rybka i wsp. [22] określili zawartość kwasu ferulowego w polskich odmianach pszenicy na poziomie od 772 do 982 $\mu\text{g/g}$ w zależności od analizowanych odmian, natomiast Weidner i wsp. [24] podają, że kwas ferulowy występujący w połączeniach estrowych różnicuje polskie odmiany pszenicy i mieści się w zakresie od 13,51 do 24,91 $\mu\text{g/g}$. Oprócz genotypu odmiany zawartość kwasu ferulowego zależy również od warunków jej uprawy. Lempereur i wsp. [12] analizowali zawartość kwasu ferulowego w pięciu odmianach pszenicy francuskiej i wykazali, że mieści się ona w zakresie od 780 do 1980 $\mu\text{g/g}$ w zależności od cech odmianowych i warunków uprawy (stosowano różny poziom nawożenia azotowego i nawadniania). Różnice w podawanej przez różnych autorów zawartości kwasu ferulowego, oprócz zmienności odmianowej analizowanego ziarna pszenicy i odmiennych warunków środowiskowych, wynikają też ze zróżnicowanych terminów zbioru, odmiennego sposobu przygotowania próbek do badań oraz stosowania różnych metod analitycznych.

Analizując zależności między wydajnością przemiału a zawartością kwasu ferulowego stwierdzono występowanie statystycznie istotnej korelacji pomiędzy wyciągiem mąki a zawartością kwasu ferulowego w mące uzyskanej z pszenicy odmian ozimych ($r = -0,554$) (tab. 4). Wraz ze wzrostem wydajności przemiału malała zawartość kwasu ferulowego występującego w mące pszennej. Na zależności między wyciągiem mąki a zawartością w niej kwasu ferulowego wskazują również badania Hatcherera i Krugera [3]. Analizowali oni zawartość kwasu ferulowego w ziarnie i mące pszennej o różnym wyciągu, pochodzącej z pięciu odmian pszenicy kanadyjskiej. Badali zawartość kwasu ferulowego występującego w rozpuszczalnych połączeniach estrowych i w połączeniach nierozpuszczalnych. Kwas ferulowy w połączeniach estrowych występował na poziomie od 8,6 do 17,6 $\mu\text{g/g}$ w całych ziarniakach różnych odmian i w zakresie od 1,4 do 2 $\mu\text{g/g}$ w mące o wyciągu 75 %, 2,1 – 5,2 $\mu\text{g/g}$ w mące o wyciągu 80 % i 4,6 – 7,8 $\mu\text{g/g}$ w mące o wyciągu 85 %. Zawartość kwasu ferulowego występującego w połączeniach nierozpuszczalnych w całych ziarnach pszenicy kształtowała się w zakresie od 274,8 do 337,6 $\mu\text{g/g}$ w zależności od odmiany, w mące o wyciągu 75 % zmieniała się w zakresie od 57,5 do 75,7 $\mu\text{g/g}$, przy wyciągu 80 % kwas ferulowy występował w ilości od 46,3 do 100,0 $\mu\text{g/g}$, a przy wyciągu 85 % jego zawartość zmieniała się w zakresie od 160,2 do 179,2 $\mu\text{g/g}$.

Wnioski

1. Duże różnice zawartości związków fenolowych występujących w otrębach pszennych, w porównaniu z mąką, są wynikiem ich rozmieszczenia w ziarniakach pszenicy.
2. Zawartość wolnych związków fenolowych ogółem oraz kwasu ferulowego są cechami odmianowymi pszenicy i wykazują zależności korelacyjne z wartością przemiałową odmian ozimych, określoną na podstawie wyciągu mąki. Wraz ze wzrostem wyciągu mąki malała zawartość wolnych związków fenolowych w otrębach ($r = -0,623$) oraz zawartość kwasu ferulowego w mące ($r = -0,554$).

Literatura

- [1] Andersen M.L., Lauridsen R.K., Skibsted L.H.: Power of phenolic compounds. *Functional Foods & Nutraceuticals*, 2005, 3, 44-48.
- [2] Bourne L.C., Rice-Evans C.: Bioavailability of ferulic acid. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1998, 253, 222-227.
- [3] Hatcher D.W., Kruger J.E.: Simple phenolic acids in flours prepared from Canadian wheat: relationship to ash content, colour, and polyphenol oxidase activity. *Cereal Chem.*, 1997, 74 (3), 337-343.
- [4] Holasova M., Fiedlerova V., Smrcinova H., Orsak M., Lachman J., Vavreinova S.: Buckwheat - the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res. Int.*, 2002, 35, 207-211.
- [5] Kaczyński L.: Odmiany pszenicy odpowiednie dla przemysłu młynarsko-piekarskiego. Stan aktualny, wyniki badań zbiorów z lat 1999-2001. *Prz. Zboż. Młyn.*, 2002, 7, 3-7.
- [6] Kaczyński L.: Pszenica dla przemysłu młynarsko-piekarskiego. *Agrochemia*, 2000, 8, 4-6.
- [7] Karakaya S., Taylor & Francis: Bioavailability of phenolic compounds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2004, 44 (6), 453-464.
- [8] Kelfkens M.: Vorausbestimmung der Dauffähigkeit von Weizen. *Die Muhle Mischfuttertechnik*, 1995, 1322, 51/52, 871-875.
- [9] Klepacka J., Fornal Ł., Borejszo Z., Gudaczewski W.: Optical density of wheat grain surface and content of phenolic compounds in wheat coat. *Natur. Sci.*, 1999, 3, 245-261.
- [10] Klepacka J., Fornal Ł., Borejszo Z.: The content of ferulic acid and the seed coat colour of wheat of different technological quality. *Techn. Sci.*, 2000, 6, 55-65.
- [11] Klepacka J., Fornal Ł., Konopka S., Choszcz D.: Relations between ferulic acid content in wheat coat, and milling quality and colour of grain. *Food Sci. Technol.*, 2002, 5 (2), 1-11.
- [12] Lempereur I., Rouau X., Abecassis J.: Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum* L.) grain and its milling fractions. *J. Cereal Sci.*, 1997, 25, 103-110.
- [13] Lista opisowa odmian: Rośliny rolnicze (zbożowe, przemysłowe). Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka 2005.
- [14] Maga J.A., Lorenz K.: Phenolic acid composition and distribution in wheat flours and various triticale milling fractions. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 1974, 7 (5), 273-278.
- [15] Maillard M.N., Soum M.H., Boivin P., Berset C.: Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 1996, 29, 238-244.
- [16] McKeehen J.D., Busch R.H., Fulcher R.G.: Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) phenolic acids during grain development and their contribution to *Fusarium* resistance. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, 47, 1476-1482.
- [17] Morales F., Cerovic Z.G., Moya I.: Time-resolved blue-green fluorescence of sugar beet (*Beta vul-*

- garis* L.) leaves. Spectroscopic evidence for the presence of ferulic acid as the main fluorophore of the epidermis. *Biochim. Biophys. Acta*, 1996, **1273**, 251-262.
- [18] Nishizawa Ch., Ohta T., Egashira Y., Sanada H.: Ferulic acid contents in typical cereals. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 1998, **45** (8), 499-503.
- [19] Parr A.J., Bolwell G.O.: Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile (review). *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 985-1012.
- [20] Pussayanawin V., Wetzel D.L.: High-Performance Liquid Chromatographic determination of ferulic acid in wheat milling fractions as a measure of bran contamination. *J. Chromatography*, 1987, **391**, 243-255.
- [21] Ribereau-Gayon P.: *Plant phenolics*. Hafner Publishing Company, New York 1972.
- [22] Rybka K., Sitariski J., Raczyńska-Bojanowska K.: Ferulic acid in rye and wheat grain and grain dietary fiber. *Cereal Chem.*, 1993, **70** (1), 55-59.
- [23] Statistica PL: *Podręcznik użytkownika*. Wydawnictwo StatSoft Polska, Kraków 1997.
- [24] Weidner S., Amarowicz R., Karamać M., Dąbrowski G.: Phenolic acids in caryopses of two cultivars of wheat, rye and triticale that display different resistance to pre - harvest sprouting. *Eur. Food Res. Technol.*, 1999, **210**, 109-113.
- [25] Zieliński H., Troszyńska A.: Antioxidant capacity of raw and hydrothermal processed cereal grains. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, **9/50**, (3S), 79-83.

RESEARCH INTO CORRELATIONS BETWEEN THE CONTENT OF SOME SELECTED PHENOLIC COMPOUNDS AND THE MILLING QUALITY OF WHEAT GRAIN

S u m m a r y

The objective of the research was to determine the correlations between the content of some selected fractions of phenolics and the variety-dependent properties & milling quality of wheat grain.

For investigations, grains of 10 wheat varieties grown in Poland were taken; the grains represented different quality grades. In the flour made of those grains, the contents of total phenolic compounds and ferulic acid were determined. The milling quality (yield of flour) was also determined, and, on this basis, the milling quality was assessed.

The results obtained confirmed the known correlation fact, i.e. that the content of total free phenolics was higher in the bran (247.67-529.79 µg/g d.m.) than in the flour (62.26-135.00 µg/g d.m.), which resulted from the specificity of location of those compounds in wheat grain. No differences referring to the total content of free phenolic compounds were found among the groups of wheat varieties having different quality grades. The winter varieties of wheat were characterized by a higher variability in the content of total phenolics than the spring varieties. The content of ferulic acid in the flour made of wheat varieties investigated ranged from 45.92 to 75.20 µg/g d.m. and in the bran from 1160.78-1372.63 µg/g d.m., i.e. this content was almost 20 times higher in the bran than in the flour. The differences were proved to exist in the content of ferulic acid in the flour produced of winter wheat varieties of 'A' quality grade and of the varieties of 'B' and 'C' quality grade. With regard to the content of ferulic acid, the spring varieties showing various grain quality grades did not differ significantly from each other. The content of phenolic compounds depended on the milling quality of the wheat varieties analysed. It was proved that there was a statistically significant correlation between the milling quality and the content of ferulic acid in the flour of the winter wheat varieties investigated ($r = -0.554$). It was also found that the content of total phenolic compounds in bran made of winter wheat varieties decreased along with the increase in the yield of flour ($r = -0.623$).

Key words: wheat, milling quality, yield of flour, phenolic compounds, ferulic acid ☒