

CHARAKTERYSTYKA PORÓWNAWCZA WARTOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ZIARNA STARYCH ODMIAN I NOWYCH RODÓW ORKISZU (*TRITICUM SPELTA* L.) ORAZ ZIARNA PSZENICY ZWYCZAJNEJ (*TRITICUM VULGARE*)

Anna Sobczyk[✉], Karolina Pycia, Grażyna Jaworska
Uniwersytet Rzeszowski

Streszczenie. Celem pracy było porównanie wartości technologicznej ziarna starych odmian i nowych rodów orkiszu oraz ziarna pszenicy zwyczajnej (odmiana Tonacja). Zastosowana metodyka badań obejmowała analizę właściwości fizyczno-chemicznych ziarna (MTZ, celność i wyrównanie, gęstość w stanie usypowym, zawartość popiołu, białka, wydajność glutenu) oraz jego przemiał laboratoryjny. Na podstawie bilansu przemiałowego wyznaczono wydajność mąki. W otrzymanych mąkach oznaczono wilgotność, zawartość popiołu, wskaźnik sedimentacji oraz wartość liczby opadania. Stwierdzono, że ziarno orkiszu różniło się pod względem właściwości fizyczno-chemicznych od ziarna pszenicy. Wartości masy 1000 ziaren, gęstości usypowej oraz celności, a także wyrównania ziarna orkiszu były mniejsze w porównaniu do uzyskanych przez próbki pszenicy zwyczajnej. Spośród próbek orkiszu największe wartości omawianych parametrów uzyskano dla ziarna odmiany Oberkulmer Rotkorn. Stwierdzono także, że ziarno orkiszu cechowało się mniejszą zawartością białka oraz wydajnością glutenu niż ziarno pszenicy zwyczajnej, ale uzyskano z niego większą wydajność mąki. Na podstawie uzyskanych wyników wytypowano jako rekomendowane do uprawy odmianę Ostro oraz rody STH 11 i STH BFC.

Słowa kluczowe: orkisz, pszenica zwyczajna, jakość ziarna, właściwości przemiałowe, jakość mąki

WSTĘP

Produkty zbożowe od zarania dziejów stanowią podstawę żywienia ludzkości. Światowa produkcja zbożowa jest zdominowana obecnie przez trzy rodzaje zbóż: kukurydzę, pszenicę oraz ryż. Wyznacznikiem ostatnich lat jest ogromny postęp w hodowli nowych

[✉]annasob@ur.edu.pl

odmian zbóż, również tych hybrydowych, z których można uzyskać duży plon. Wysokoplenność nie idzie jednak w parze z przydatnością technologiczną, w tym ze zrównoważoną wartością odżywczą ziarna. Coraz częściej hodowcy, rolnicy oraz przetwórcy wykazują więc zainteresowanie starymi, sprawdzonymi odmianami zbóż, których mniejszy plon rekompensuje duża wartość pokarmowa ziarna. Przykładem takiego zboża jest orkisz, znany od 5000 lat i coraz częściej uprawiany w gospodarstwach ekologicznych [Makowska i in. 2008]. Orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) to starożytny podgatunek pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*). Od początku XX wieku zboże to było wykorzystywane do produkcji chleba w krajach zachodniej Europy, takich jak: Niemcy, Szwajcaria, Austria lub północna część Włoch [Bonafaccia i in. 2000, Escarnot i in. 2010]. W Polsce produkcja zbóż zdominowana jest głównie przez uprawę pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum*), a hodowla orkiszu ma miejsce głównie w gospodarstwach ekologicznych. Z danych statystycznych wynika, że krajowa powierzchnia uprawy pszenicy orkisz w 2010 roku wynosiła około 1600 ha [Cacak-Pietrzak i in. 2013]. Orkisz wykazuje znaczną tolerancję na niesprzyjające warunki agrotechniczne, dlatego może być uprawiany na glebach mało żyznych, kamienistych lub glebach na terenach wysokogórskich. Daje równomierne plony, a jego uprawa nie wymaga stosowania nawozów sztucznych oraz pestycydów [Abdel-Aal i in. 1995, Bonafaccia i in. 2000, Kohajdova i Karovicova 2008]. Jak wynika z danych literaturowych [Campbell 1997, Waga i in. 2002, Kohajdova i Karovicova 2008], ziarno orkiszu charakteryzuje się korzystniejszym składem chemicznym w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej, z uwagi na większą zawartość białka, tłuszczu (źródło nienasyconych kwasów tłuszczowych), składników mineralnych, błonnika oraz witamin z grupy B. Pod względem wartości biologicznej białka jest ono również bardziej cenione niż pszenica, z racji większej zawartości aminokwasów egzogennych. Zdaniem Campbella [1997], produkty na bazie mąki orkiszowej są lepiej tolerowane przez osoby zmagające się z wrodzoną nietolerancją pokarmową glutenu. Jak dowiodły badania, wynika to z większej zawartości cynku w ziarnie orkiszu. Cynk jest kofaktorem enzymów proteolitycznych układu pokarmowego, stąd jego obecność wzmacnia proces trawienia alergicznych gliadyn. Niemniej jednak *Codex Alimentarius* zalicza orkisz do zbóż przeciwwskazanych w diecie chorych na celiakię [Majewska i in. 2007]. Orkiszowi przypisuje się wiele innych właściwości prozdrowotnych, takich jak: obniżanie poziomu cholesterolu oraz cukru we krwi, wzmacnianie uczucia sytości po posiłku, wspomaganie odchudzania oraz poprawę pamięci i koncentracji [Czerwińska 2009, Escarnot i in. 2012]. Wiodącym kierunkiem wykorzystania ziarna orkiszu jest przemiał na mąki będące surowcem do wypieku pieczywa oraz produkcji makaronu. Ze względu na dużą wartość odżywczą orkiszu i jego specyficzny, przyjemny smak, jaki nadaje produktom, stosuje się go jako dodatek do mąki pszennej [Abdel-Aal i in. 1995, Achremowicz i in. 1999, Kohajdova i Karovicova 2008, Cacak-Pietrzak i in. 2013]. Trwają prace hodowlane nad wytworzeniem nowych odmian orkiszu łączących w sobie najbardziej korzystne cechy tego ziarna oraz pszenicy zwyczajnej. Zachodzi więc konieczność dokładnej charakterystyki starych odmian oraz nowopowstałych rodów hodowlanych orkiszu, które mogłyby w przyszłości być uprawiane na szerszą skalę.

Celem pracy była charakterystyka porównawcza starych odmian oraz nowych rodów hodowlanych orkiszu pod względem właściwości użytkowych, w tym wartości przemiałowej ziarna, a także porównanie ich z cechami wybranej odmiany pszenicy zwyczajnej ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było ziarno niemieckich i szwajcarskich odmian orkiszu (*Triticum spelta* L.): Oberkulmer Rotkorn, Schwabenkorn, Frankenkorn, oraz ziarno orkiszu odmiany Ostro, będącego krzyżówką starych odmian orkiszu: Oberkulmer Rotkorn z Frankenkorn i Altgold Rotkorn. Ponadto analizom poddano ziarna orkiszu rodów hodowlanych będących krzyżówką z pszenicą zwyczajną (STH 28-4614, STH 11, STH 28-4619, STH 28-4609, STH 8, STH BFc). Próbą kontrolną było ziarno pszenicy zwyczajnej (*Triticum vulgare*) odmiany Tonacja. Wszystkie próbki ziarna orkiszu oraz pszenicy zwyczajnej pochodziły z Hodowli Roślin Strzelce (Grupa IHAR) ze zbiorów w 2015 roku. Analizowane ziarno pochodziło z uprawy ekstensywnej. Po zbiorze ziarno zostało odplewione mechanicznie przy użyciu bukownika.

W analizowanych próbkach ziarna określono masę 1000 ziaren [PN-68/R-74017], gęstość w stanie usypowym [PN-ISO 7971-2:1998], szklistość oraz mączystość [PN-70/R-74008], celność i wyrównanie [Jakubczyk i Haber 1983], wilgotność [Jakubczyk i Haber 1983] oraz zawartość popiołu całkowitego [PN-ISO 2171:1994]. Ponadto oznaczono skład chemiczny ziarna przy użyciu spektrofotometru typ DA 7200 (Perten Instruments, Szwecja). Analizator widma ciągłego NIR (DA7200, Perten Instruments, Niemcy) wykorzystuje stacjonarny monochromator oraz matrycę 256 detektorów (Diodę Array) o czułościach odpowiadających energiom uzyskiwanym w zakresie NIR: 950-1700 nm [PN-EN ISO 12099:2010]. Analiza obejmowała oznaczenie zawartości białka (% s.m.), skrobi (% s.m.), włókna (% s.m.), wydajności glutenu (%) oraz wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego (cm³). Wartość analizowanych cech jest funkcją ilości pochłoniętego promieniowania elektromagnetycznego w bliskiej podczerwieni. Przed przemiałem ziarno orkiszu oraz pszenicy poddano kondycjonowaniu do wilgotności 15%. Przemiału dokonano w młynie Quadrumat Junior (firmy Brabender). Następnie wyliczono wydajność mąki, a po oznaczeniu jej popiołowości (% s.m.) [PN-ISO 2171:1994], wyliczono wskaźnik efektywności przemiału według Brabanda (X) oraz określono typ mąki [Jurga 2006]. Oprócz zawartości popiołu w otrzymanych mąkach oznaczono wilgotność (%) [PN-A-74022:2003], wskaźnik sedymentacji (cm³) [PN-EN ISO 5529:2010] oraz liczbę opadania [PN-EN ISO 3093:2010].

W celu wyznaczenia istotności różnic między wartościami średnimi zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji oraz wykonano test Duncana przy poziomie istotności $p = 0,05$. Dodatkowo między analizowanymi parametrami charakteryzującymi ziarno oraz mąkę obliczono wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona, których istotność testowano przy poziomie istotności $p = 0,05$. Wszystkie analizy statystyczne wykonano z użyciem programu MS Excel oraz Statistica 12.0 (StatSoft Inc., USA).

WYNIKI I DYSKUSJA

Masa 1000 ziaren (MTZ) jest parametrem świadczącym o dorodności ziarna, czyli stopniu jego wypełnienia przez substancje zapasowe [Krawczyk i in. 2008]. Wartości omawianego parametru w przypadku badanych odmian orkiszu mieściły się w zakresie od 39,5 g (Schwabenkorn) do 47,4 g (STH 8) (tab. 1) i były zbliżone do prezentowanych

Tabela 1. Cechy fizykochemiczne ziarna orkiszu oraz pszenicy zwyczajnej

Table 1. Physicochemical properties of spelted and wheat grain

Odmiana Variety	Masa 1000 ziaren Weight of 1,000 grains [g]	Gęstość w sta- nie usypowym Weight test [kg·hl ⁻¹]	Szklistość Glassiness [%]	Celność Selectness [%]	Wyrównanie Uniformity [%]	Wilgotność Moisture [%]	Popiół Ash [% s.m.] [% dm]
Oberkulmer Rotkorn	45,8 ^a	73,6 ^e	11,0 ^{abc}	95,5 ^c	95,5 ^c	11,8 ^{ac}	1,66 ^{cd}
Schwabekorn	39,5 ^c	71,2 ^c	11,0 ^{abc}	90,3 ^c	90,3 ^c	12,0 ^{ab}	2,20 ^e
Frankenkorn	40,3 ^{bc}	70,4 ^d	3,3 ^d	81,8 ^b	81,8 ^b	12,1 ^b	2,40 ^b
Ostro	45,3 ^a	72,8 ^f	10,0 ^{ab}	93,1 ^d	93,1 ^d	12,0 ^{ab}	2,40 ^b
STH 28-4614	40,9 ^b	38,5 ^c	7,0 ^{fg}	81,1 ^b	81,1 ^b	11,9 ^{ab}	2,40 ^b
STH 11	44,2 ^d	74,4 ^b	32,0 ^h	92,5 ^d	92,5 ^d	11,3 ^d	1,73 ^d
STH 28-4619	46,0 ^a	77,6 ^h	12,0 ^{bc}	94,8 ^{ac}	94,8 ^{ac}	11,6 ^c	2,03 ^a
STH 28-4609	41,2 ^b	68,0 ^a	13,0 ^c	90,6 ^c	90,6 ^c	11,4 ^{ac}	2,00 ^a
STH 8	47,4 ^c	74,8 ^b	4,0 ^{de}	94,3 ^a	94,3 ^a	11,7	2,10 ^{ac}
STH BFc	45,9 ^a	68,0 ^a	6,0 ^{ef}	94,4 ^a	94,4 ^a	11,8 ^{abc}	1,58 ^c
Tonacja	49,4 ^f	82,4 ⁱ	9,0 ^{ag}	98,0 ^f	98,0 ^f	8,6 ^f	1,17 ^f

Wartości średnie oznaczone tym samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie statystycznie przy $p = 0,05$. Mean values followed by the same letters in columns do not differ significantly at $p = 0.05$.

przez innych badaczy [Krawczyk i in. 2008, Makowska i in. 2008]. Cacak-Pietrzak i inni [2013] wykazali zaś, że MTZ badanej przez nich odmiany orkiszu Schwabekorn wynosiła jedynie 34,3 g. We wcześniejszej pracy cytowani autorzy [Cacak-Pietrzak i in. 2010] podają zbliżoną wartość MTZ orkiszu odmiany Schwabekorn do oznaczonej w omawianej pracy. Tymczasem Capouchova [2001] oraz Waga i inni [2002] donoszą, że masa 1000 ziaren analizowanych przez nich odmian orkiszu wynosiła 52–54 g, była więc dużo większa. Ziarno badanych odmian orkiszu charakteryzowało się generalnie mniejszą wartością MTZ w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej (49,4 g). Spośród starych odmian orkiszu największą MTZ charakteryzowała się odmiana Oberkulmer, a wśród nowych odmian ród STH 8. Średnia gęstość ziarna w stanie usypowym badanych odmian oraz rodów orkiszu, podobnie jak ich masa 1000 ziaren, była niższa w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej, stanowiącej w opisywanych badaniach próbę odniesienia (82,4 kg·hl⁻¹). Wartość omawianego parametru dla ziarna orkiszu mieściła się w granicach od 38,5 kg·hl⁻¹ (STH 28-4614) do 77,6 kg·hl⁻¹ (STH 28-4619) i była zbliżona do podawanej przez Krawczyka i innych [2008] oraz Cacak-Pietrzak i innych [2013]. Ziarno większości nowych rodów orkiszu cechowało się niższą gęstością w stanie zsypanym w porównaniu do starych odmian. Ziarno wszystkich badanych odmian oraz rodów orkiszu charakteryzowało się mączystą strukturą bielma, podobnie jak ziarno badanej odmiany pszenicy zwyczajnej. Szklistość i mączystość to parametry pozwalające na ocenę przydatności technologicznej ziarna [Krawczyk i in. 2008]. Wzajemny stosunek obu tych cech zależy od uwarunkowań genetycznych, warunków klimatycznych oraz stopnia nawożenia gleby. Na ogół uznaje się daną partię za mączystą, jeżeli ponad 50% ziaren cechuje matowy, biały przekrój. Zwykle duża mączystość oznacza małą ogólną zawartość białka, w tym białek glutenowych. Nieco większą szklistością korzystnie wyróżniały się

na tle pozostałych badanych próbek ziarniaki rodu STH 11. Oznaczone wartości parametru szklistości były mniejsze od podawanych przez innych badaczy [Krawczyk in. 2008, Makowska i in. 2008, Cacak-Pietrzak i in. 2010, 2013]. Na mączystą strukturę orkiszu wskazują także wyniki badań Cacak-Pietrzak i innych [2010, 2013].

Celność i wyrównanie ziarna badanych próbek orkiszu mieściły się w zakresie od 81,1% (STH 28-4614) do 95,5% (Oberkulmer Rotkorn). Ziarno orkiszu cechowało się gorszą celnością i mniejszym wyrównaniem w stosunku do ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany Tonacja. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała zachodzenie silnej dodatniej korelacji między wartościami celności i wyrównania ziarna a MTZ ($r = 0,82$, $p = 0,05$), a także gęstością w stanie usypowym ($r = 0,75$, $p = 0,05$). Wilgotność ziarna orkiszu była wyższa niż ziarna pszenicy zwyczajnej. Badania Cacak-Pietrzak i innych [2010, 2013] wskazują na większą zawartość popiołu w ziarnie orkiszu w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Tę właściwość potwierdzają także wyniki własne. Zawartość popiołu w ziarnie orkiszu wynosiła od 1,58% s.m. (STH BFc) do 2,40% s.m. (Frankenkorn, Ostro i STH 28-4614). Podobne zawartości popiołu w ziarnie uzyskali Krawczyk i inni [2008] oraz Cacak-Pietrzak i inni [2013]. Większa zawartość popiołu w ziarnie orkiszu może wynikać z większego udziału okrywy owocowo-nasiennej w masie tego ziarna w porównaniu z ziarnem pszenicy zwyczajnej. Ponadto, jak wykazała analiza statystyczna wyników, zawartość popiołu w ziarnie korelowała ujemnie z MTZ ($r = -0,63$, $p = 0,05$). W tabeli 2 zestawiono dane dotyczące składu chemicznego ziarna badanych odmian oraz rodów zbóż. Ważnym parametrem świadczącym o przydatności technologicznej ziarna jest zawartość białka. W badanych próbkach ziarna orkiszu mieściła się ona w zakresie od 9,8% s.m. (STH 28-4614, STH 8) do 13,4% s.m. (Ostro). W ziarnie pszenicy zwyczajnej (próba odniesienia) stwierdzono 12% tego składnika w suchej masie

Tabela 2. Skład chemiczny oraz wydajności i jakości glutenu ziarna orkiszu oraz pszenicy

Table 2. Chemical composition and performance and quality of gluten of spelled and wheat grains

Odmiana Variety	Zawartość białka ogółem [% s.m.] Total protein content [% dm]	Wydajność glutenu Gluten yelt [%]	Wskaźnik sedymentacji Sedimentation value [cm ³]	Zawartość skrobi [% s.m.] Starch content [% dm]	Zawartość włókna [% s.m.] Fiber content [% dm]
Oberkulmer Rotkorn	13,2 ^c	28,1 ^a	44,0 ^d	59,2 ^c	3,10 ^a
Schwabenkorn	12,2 ^d	25,3 ^g	43,0 ^d	59,7 ^f	3,00 ^a
Frankenkorn	11,8 ^c	24,5 ^c	30,0 ^a	58,7 ^b	3,20 ^a
Ostro	13,4 ^c	28,4 ^a	39,0 ^c	58,4 ^d	3,20 ^a
STH 28-4614	9,8 ^a	20,0 ^b	29,3 ^a	61,2 ^a	3,20 ^a
STH 11	10,9 ^f	22,4 ^f	37,0 ^b	61,0 ^a	3,20 ^a
STH 28-4619	10,2 ^b	19,5 ^b	37,0 ^b	61,3 ^a	3,10 ^a
STH 28-4609	10,3 ^b	21,1 ^c	29,0 ^a	60,7 ^c	3,00 ^a
STH 8	9,8 ^a	18,2 ^d	37,0 ^b	60,7 ^c	3,10 ^a
STH BFc	11,5 ^g	24,3 ^c	23,0 ^c	58,6 ^b	3,10 ^a
Tonacja	12,0 ^{cd}	27,9 ^a	40,0 ^c	61,9 ^g	2,70 ^b

Wartości średnie oznaczone tym samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie statystycznie przy $p = 0,05$. Mean values followed by the same letters in columns do not differ significantly at $p = 0.05$.

ziarna. Wyhodowane rody orkiszu charakteryzowały się ziarnem o mniejszej zawartości białka w porównaniu do starych odmian tego zboża.

Oznaczone zawartości białka w ziarnie orkiszu były zbliżone do podawanych przez Abdul-Aal i innych [1995], Achremowicza i innych [1999] oraz Cacak-Pietrzak i innych [2013]. Krawczyk i inni [2008] wykazali zaś, że w ziarnie rodów orkiszu oraz odmiany Schwabenkorn Rotkorn zawartość białka oznaczona metodą Kjeldahla wynosiła 13,1–16,4 % s.m. Analizowane stare odmiany orkiszu charakteryzowały się większą wydajnością glutenu w porównaniu z nowowyhodowanymi rodami tego zboża (tab. 2) za wyjątkiem odmiany Ostro (wydajność glutenu 28,4%). Dla ziarna pozostałych rodów orkiszu wartość omawianego parametru wahała się w granicach od 18,2% (STH 8) do 24,3% (STH BFc) i była mniejsza w porównaniu z podawaną przez innych autorów [Abdel-Aal i in. 1995, Krawczyk i in. 2008, Makowska i in. 2008]. Wydajność oraz jakość glutenu wpływają na właściwości reologiczne ciasta, które są funkcją właściwości lepkością glutenu, kształtowanych pod wpływem stosunku ilościowego głównych jego frakcji – gliadyny oraz gluteniny [Kohajdova i Karovicowa 2008]. Kolejnym wyróżnikiem świadczącym o jakości ziarna jest wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego, który w przypadku ziarna orkiszu wynosił od 23 cm³ (STH BFc) do 44 cm³ (Oberkulmer Rotkorn). Spośród starych odmian orkiszu największą wartością omawianego parametru charakteryzowało się ziarno odmian Oberkulmer Rotkorn oraz Schwabenkorn (44 cm³ i 43 cm³). Podobne do prezentowanych wartości wskaźnika sedymentacji dla mąki orkiszowej otrzymali Majewska i inni [2007]. Zawartość skrobi w ziarnie orkiszu wynosiła od 58,6% s.m. (STH BFc) do 61,3% s.m. (STH 28-4619) i była mniejsza w porównaniu z zawartością omawianej substancji oznaczonej w ziarnie pszenicy zwyczajnej odmiany Tonacja (tab. 2). Zawartość włókna mieściła się w przedziale 3,0–3,2% s.m., przy czym nie stwierdzono zróżnicowania istotnego statystycznie pod względem omawianego parametru między próbkami orkiszu. Wykazano także, że ziarno pszenicy zwyczajnej charakteryzowało się istotnie mniejszą zawartością włókna od ziarna badanych odmian i rodów orkiszu. Oznaczona w badaniach własnych zawartość włókna w ziarnie orkiszu była mniejsza do wartości oznaczonych przez innych autorów [Sulewska i in. 2008]. Cytowani autorzy wykazali, że zawartość włókna w ziarnie orkiszu odmiany Schwabenkorn wynosiła 3,94%. Ponadto, zdaniem wymienionych autorów, zawartość włókna w ziarnie wzrasta w miarę opóźniania terminu siewu zbóż. Analiza statystyczna wyników badań własnych wykazała zachodzenie istotnej dodatniej korelacji między zawartością włókna w ziarnie a zawartością składników mineralnych w ziarnie oraz w mące (odpowiednio $r = 0,84$, $r = 0,79$, $p = 0,05$). Ponadto stwierdzono, że zawartość włókna w ziarnie zmniejszała się wraz ze wzrostem MTZ oraz celności i wyrównania (odpowiednio $r = -0,73$, $r = -0,75$, $p = 0,05$) (tab. 4). Parametry charakteryzujące proces przemiału oraz właściwości technologiczne mąki otrzymanej z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej zebrano w tabeli 3. Wydajność mąki z ziarna badanych odmian i rodów orkiszu mieściła się w granicach od 64,1% (Schwabenkorn) do 73,9% (Ostro). Spośród starych odmian orkiszu największą wydajność mąki uzyskano z ziarna odmiany Oberkulmer Rotkorn, a spośród nowych z ziarna odmiany Ostro i rodu STH 28-4609. Wykazano, że ziarno odmian i rodów orkiszu charakteryzowało się na ogół dużą wydajnością mąki w porównaniu do pszenicy zwyczajnej odmiany Tonacja (65,0%). Zbliżoną wydajność mąki orkiszowej uzyskali Krawczyk i inni [2008], Makowska i inni [2008] oraz Cacak-Pietrzak

Tabela 3. Charakterystyka mąki z ziarna orkiszu oraz pszenicy

Table 3. Characteristics of flour from spelted and wheat grain

Odmiana Variety	Wydajność mąki Yield of flour [%]	Wskaźnik X Factor X	Wilgotność Moisture content [%]	Zawartość popiołu [% s.m.] Ash content [% dm]	Typ mąki Type flour	Wskaźnik sedymentacji Sedimentation value [cm ³]	Liczba opadania Falling number [s]
Oberkulmer Rotkorn	72,9 ^c	0,7 ^b	11,6 ^a	0,63 ^b	650 ^c	21 ^c	281 ^f
Schwabenkorn	64,1 ^d	0,6 ^a	13,0 ^c	0,65 ^f	650 ^c	25 ^a	364 ⁱ
Frankenkorn	67,9 ^a	0,7 ^b	11,8 ^a	0,78 ^d	750 ^d	25 ^a	316 ^b
Ostro	73,9 ^b	0,8 ^c	11,6 ^a	0,55 ^e	550 ^b	21 ^c	257 ^a
STH 28-4614	66,5 ^f	0,7 ^b	13,2 ^{cd}	0,77 ^d	750 ^d	15 ^d	357 ^h
STH 11	70,7 ^a	0,7 ^b	13,4 ^d	0,62 ^{ab}	650 ^c	27 ^f	257 ^a
STH 28-4619	70,8 ^b	0,7 ^b	13,7 ^f	0,62 ^{ab}	650 ^c	25 ^a	284 ^g
STH 28-4609	73,0 ^c	0,7 ^b	12,3 ^b	0,67 ^e	650 ^c	27 ^f	262 ^d
STH 8	68,9 ^e	0,8 ^c	12,5 ^b	0,54 ^e	550 ^b	19 ^c	281 ^c
STH BFc	67,6 ^a	0,7 ^b	12,5 ^b	0,60 ^a	650 ^c	27 ^f	316 ^b
Tonacja	65,0 ^c	0,8 ^c	12,2 ^c	0,50 ^e	500 ^a	23 ^f	271 ^c

Wartości średnie oznaczone tym samymi literami w kolumnach nie różnią się istotnie statystycznie przy $p = 0,05$.
Mean values followed by the same letters in columns do not differ significantly at $p = 0.05$.

i inni [2013]. Wyniki badań Achremowicza i innych [1999] wskazują, że z ziarna pszenicy orkisz uzyskuje się najmniejszy wyciąg mąki w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Różnice te mogą wynikać z różnej konstrukcji młynów laboratoryjnych stosowanych do przemiału.

Z wydajnością mąki powiązany jest wskaźnik efektywności przemiału według Brabanda (X). Najmniejszą jego wartością charakteryzowała się odmiana orkiszu Schwabenkorn, a największą odmiana Ostro oraz ród STH8. Zawartość popiołu w mące z pszenicy orkisz mieściła się w granicach od 0,54% s.m. (STH 8) do 0,78% s.m. (Frankenkorn) – tabela 3. Mąka z orkiszu cechowała się większą zawartością popiołu w porównaniu do mąki z pszenicy zwyczajnej. Krawczyk i inni [2008] podają, że popiół stanowił 1,96–2,16% s.m. składu mąki orkiszowej. Na podstawie wyników badań własnych stwierdzono, że popiołowość mąki korelowała dodatnio z zawartością włókna w ziarnie ($r = 0,79$, $p = 0,01$), ale ujemnie z MTZ ($r = -0,87$, $p = 0,01$) – tabela 4. Zawartość popiołu w mące przekłada się na jej typ. W związku z tym mąki z ziarna orkiszu odmiany Frankenkorn oraz rodu STH 28-4614 klasyfikowały się do najwyższej kategorii (750). Liczba opadania jest wskaźnikiem świadczącym o aktywności enzymów amylolitycznych zawartych w mące, czyli ich zdolności do hydrolizy skrobi obecnej w mące do cukrów będących substratem w procesie fermentacji ciasta [Krawczyk i in. 2008]. Zdaniem cytowanych autorów, mąki przeznaczone do wypieku chleba powinny cechować się liczbą opadania w zakresie 200–280 s. Aktywność enzymatyczną mieszczącą się w tym przedziale wykazywały mąki z ziarna orkiszu odmian Oberkulmer Rotkorn i Ostro oraz rodów STH 11, STH 28-4619, STH 28-4609 i STH 8. Pozostałe próby mąki charakteryzowały się słabą aktywnością enzymatyczną (liczba opadania powyżej 300 s). W badaniach Krawczyka

Tabela 4. Korelacje między wybranymi parametrami charakteryzującymi ziarno oraz mąkę

Table 4. Correlations between selected parameters characterizing grain and flour

×	Masa 1000 ziaren Weight of 1,000 grains	Gęstość w stanie usypowym Weight test	Celność i wyrównanie Selectness and uniformity	Zawartość popiołu w ziarnie Ash content in grain	Zawartość włókna w ziarnie Fiber content in grain	Zawartość popiołu w mące Ash content in flour
Masa 1000 ziaren weight of 1,000 grains	1,00	r.n. – n.s.	0,82	-0,63	-0,73	-0,87
Gęstość w stanie usypowym Weight test	r.n. – n.s.	1,00	0,75	-0,65	-0,61	r.n. – n.s.
Celność i wyrównanie Selectness and uniformity	0,82	0,75	1,00	-0,63	-0,75	-0,72
Zawartość popiołu w ziarnie Ash content in grain	-0,63	-0,65	-0,63	1,00	0,84	0,75
Zawartość włókna w ziarnie Fiber content in grain	-0,73	r.n. – n.s.	-0,75	0,84	1,00	0,79
Zawartość popiołu w mące Ash content in flour	-0,87	r.n. – n.s.	-0,72	0,75	0,79	1,00

r.n. – różnice nieistotne ($p = 0,05$).

n.s. – non-significant differences ($p = 0,05$).

i innych [2008] mąki z ziarna orkiszu rodu STH 8 oraz odmiany Schwabenkorn charakteryzowały się liczbą opadania w zakresie optymalnym dla mąk wypiekowych. Achremowicz i inni [1999], analizując mąki z orkiszu, wykazali zaś, że liczba opadania badanych próbek była większa i wynosiła 288–343 s. Przy czym, jak podają cytowani autorzy, wartość liczby opadania zależała od typu mąki.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że ziarno orkiszu w porównaniu z ziarnem pszenicy zwyczajnej charakteryzowało się mniejszą masą 1000 ziaren, gęstością w stanie usypowym, celnością i wyrównaniem oraz większą zawartością popiołu. Spośród badanych odmian i rodów orkiszu największe wartości wymienionych parametrów oznaczono w ziarnie odmiany Oberkulmer Rotkorn. Bielmo analizowanych ziaren orkiszu miało strukturę mączystą.
2. W porównaniu z ziarnem pszenicy zwyczajnej, ziarno orkiszu zawierało mniej białka ogółem, w tym białek glutenowych, ale więcej włókna. Ziarno starych odmian orkiszu przewyższało nowe rody tego zboża pod względem zawartości białka i wydajności glutenu.

3. Z przemiału ziarna orkiszu uzyskiwano na ogół większą wydajność mąki niż z ziarna pszenicy zwyczajnej. Spośród badanych odmian i rodów orkiszu najwięcej mąki otrzymano z ziarna odmiany Ostro. Dla tej odmiany oraz rodu STH 8 uzyskano największe wartości wskaźnika efektywności przemiału, porównywalne z wartościami tego parametru dla pszenicy zwyczajnej odmiany Tonacja.
4. Wyniki analizy wartości technologicznej ziarna oraz wstępna ocena jakości otrzymanej mąki orkiszowej pozwalają stwierdzić, że odmianę Ostro można rekomendować do uprawy z uwagi na jej korzystne wyróżniki wartości przemiałowej, a także, że STH 11 i STH BFc nadają się do uprawy, gdyż mąka z nich uzyskana ma bardzo dobre parametry.

LITERATURA

- Abdel-Aal E.-S.M., Hucl P., Sosulski F.W., 1995. Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chem.* 72(6), 621–624.
- Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J., 1999. Technologiczna ocena ziarna pszenic orkiszowych. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 360, Technol. Żyw. 11, 11–17.
- Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Skrabanja V., Kreft I., 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.* 68, 437–441.
- Cacak-Pietrzak G., Gondek E., 2010. Właściwości przemiałowe ziarna orkisz i pszenicy zwyczajnej. *Acta Agroph.* 182, 16(2), 263–273.
- Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Jończyk K., 2013. Porównanie struktury wewnętrznej i właściwości przemiałowych ziarna orkisz i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. *ZPPNR* 574, 3–10.
- Campbell K.G., 1997. Spelt agronomy, genetics and breeding. *Plant Breed. Rev.* 15, 188–213.
- Capouchová I., 2001. Technological quality of spelt (*Triticum spelta* L.) from ecological growing system. *Sci. Agric. Bohem.* 32, 307–322.
- Czerwińska D., 2009. Walory żywieniowe i zastosowanie orkisz. *Prz. Zboż.-Młyn.* 2, 14–15.
- Escarnot E., Agneessens R., Wathelet B., Paquot M., 2010. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions. *Food Chem.* 122, 857–863.
- Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M., 2012. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnol. Agron. Soc. and Environ.* 16, 243–256.
- T. Haber, T. Jakubczyk (red.), 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa.
- Jurga R., 2006. Ocena efektywności przemiału ziarna na podstawie zależności zawartości popiołu i barwy mąki. *Prz. Zboż.-Młyn.* 3, 19–21.
- Kohajdova Z., Karovicova J., 2008. Nutritional value and baking applications of spelt wheat. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 7(3), 5–14.
- Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik J., 2008. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkisz z pszenicą zwyczajną. *ŻNTJ* 5(60), 43–51.
- Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Golaszewska K., Tyburski J., 2007. Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (*Triticum spelta* L.). *ŻNTJ* 2(51), 60–71.
- Makowska A., Obuchowski W., Adler A., Sulewska H., 2008. Charakterystyka wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian orkisz. *Fragmenta Agronomica* 1(97), 228–239.
- PN-68/R-74017. Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne. Oznaczanie masy 1000 ziaren.

- PN-70/R-74008. Ziarno zbóż. Oznaczanie ziaren szklistych.
- PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- PN-EN ISO 3093:2010. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- PN-EN ISO 5529:2010. Pszenica. Oznaczanie wskaźnika sedymentacyjnego. Test Zeleny'ego.
- PN-EN ISO 12099:2010. Pasze, ziarna zbóż, produkty przemiału. Wytyczne stosowania spektrometrii bliskiej podczerwieni.
- PN-ISO 2171:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- PN-ISO 7971-2:1998. Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym, zwanej „masą hektolitrową”.
- Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M., 2008. Chemical composition of grain and protein yield of spelt varieties depended on selected agrotechnical factors. *J. Res. Appl. Agricult. Eng.* 53(4), 92–95.
- Waga J., Węgrzyn S., Boros D., Cygankiewicz A., 2002. Wykorzystanie orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) do poprawy właściwości odżywczych pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). *Biuletyn IHAR* 21, 3–16.

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF TECHNOLOGICAL VALUE OF GRAIN OF OLD VARIETIES AND NEW BREEDING LINES OF SPELT (*TRITICUM SPELTA* L.) AND GRAIN OF COMMON WHEAT (*TRITICUM VULGARE*)

Summary. This work presents comparative grain characteristic of various varieties and breeding lines of spelt wheat and common wheat. The experimental material was old spelt grain (*Triticum spelta* L. as well as cv. Oberkulmer Rotkorn, Schwabekorn, Frankenkorn) and the grain of the cultivar Ostro, which is a hybrid of old spelt varieties (cv. Oberkulmer Rotkorn with Frankenkorn and Altgold Rotkorn). In addition, the grain of new spelt breeding lines, which are hybrids with common wheat (STH 28-4614, STH 11, STH 28-4619, STH 28-4609, STH 8, and STH BFc), had been analyzed. The control sample was common wheat of the cultivar Tonacja (*Triticum vulgare*). The grain was examined in terms of the 1,000-grain weight, bulk density, glassy or mealy appearance, accuracy and uniformity, moisture and total ash content. Furthermore, the chemical composition of grain was determined by means of the near-infrared (NIR) analyzer of a continuous spectrum. The analysis included the determination of protein content, yields of gluten and starch, Zeleny sedimentation value, and fiber content. Grains of the examined cereals were subjected to the laboratory milling. The flour milling yield has been found based on the milling balance. The flours obtained were examined for the content of moisture and ash, sedimentation value and falling number. The statistical analysis included one-way analysis of variance (ANOVA) and the Duncan's test at a significance level of $p = 0.05$. All analyses were performed using the MS Excel and the Statistica 12.0 (StatSoft Inc., USA) programs. The results obtained showed that the grain of the investigated spelt cultivars and breeding lines differed from wheat grain in terms of the analyzed parameters. Spelt grain had lower values of 1,000-grain weight, bulk density expressed in kilograms per hectolitre as well as accuracy and alignment (uniformity) compared to the wheat grain, while the content of ash was higher. It has been revealed that the cultivar Oberkulmer Rotkorn showed the highest values of these parameters compared to the remaining spelt varieties and breeding

lines. In comparison with the grain of wheat which was the control sample, the grain of the analyzed spelt varieties and breeding lines was characterized by the lower content of protein and gluten, and higher level of dietary fibre; the only exception was the cultivar Oberkulmer Rotkorn. Grain of old spelt varieties contained more protein and gluten than its new breeding lines. On the other hand, the yield of spelt flour was higher than that of wheat flour; the largest flour amounts were obtained from the milling of the cultivar Ostro. Furthermore, flour obtained from the cultivar Frankenkorn had the highest ash content due to the high content of mineral compounds. The highest value of the falling number was recorded for the spelt flour from the cultivar Schwabenkorn.

Key words: spelt, common wheat, grain quality, milling properties, flour quality

