

Agnieszka Filipiak-Florkiewicz, Adam Florkiewicz¹, Katarzyna Dereń²

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH W WYBRANYCH PRZETWORACH ZBOŻOWYCH

Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji
Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab *E. Cieślik*

¹ Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności
Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. inż. *T. Fortuna*

² Katedra Dietetyki Instytutu Pielęgniarstwa i Nauk o Zdrowiu
Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego
Kierownik: prof. dr hab. n. med. *S. Nyankovsky*

Celem pracy było oznaczenie zawartości składników bioaktywnych (błonnik pokarmowego, cynku, związków fenolowych) w wybranych przetworach zbożowych (zarodki, płatki, otręby). W pracy określono również potencjał przeciwutleniający badanych produktów. Ze względu na morfologiczny podział ziarna, najbogatsze w składniki bioaktywne były zarodki zbożowe, a następnie otręby. Spośród wszystkich przebadanych produktów najlepszym źródłem błonnika pokarmowego były otręby pszenne i żytnie. Zarodki zbożowe odznaczały się najwyższą aktywnością przeciwutleniającą oraz najwyższą zawartością cynku i związków fenolowych. Zarodki pszenicy orkiszowej posiadały najwyższy potencjał przeciwutleniający oraz najwyższą zawartość związków fenolowych.

Słowa kluczowe: składniki bioaktywne, przetwory zbożowe, błonnik, polifenole, cynk.

Key words: bioactive components, cereal, fiber, polyphenols, zinc.

W ostatnich latach można zauważyć wzrost zainteresowania żywnością naturalną, mniej przetworzoną, o określonych właściwościach prozdrowotnych. Jest to wynikiem coraz większej świadomości konsumentów, dbałością o funkcjonowanie organizmu i sprawność fizyczną. Zboża od dawna stanowią ważny składnik diety człowieka. W światowej produkcji tych roślin dominują: pszenica, kukurydza, ryż i jęczmień. Zboża wykorzystywane są do produkcji między innymi mąki, płatków, otrąb, produktów typu musli, zarodków, kasz itp. Przetwory zbożowe, a szczególnie produkty pełnoziarniste, są bogatym źródłem wielu niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, składników odżywczych. Produkty zbożowe stanowiły do niedawna podstawę piramidy żywieniowej. Produkty te są bogatym źródłem węglowodanów, szczególnie skrobi. Zawierają umiarkowane ilości białka i niewielką ilość lipidów (z wyjątkiem owsa, które zawiera ich ok. 7%). Ponadto, produkty zbożowe (szczególnie nisko przetworzone) są dobrym źródłem składników

mineralnych, witamin z grupy B a także związków o charakterze przeciwutleniającym. Dostarczają także istotne ilości błonnika pokarmowego (1). Obecnie przeciętne miesięczne spożycie pieczywa i produktów zbożowych, na jednego mieszkańca Polski wynosi 8,75 kg, w tym spożycie płatków zbożowych to 0,05 kg. Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego począwszy od roku 2000, w naszym kraju obserwuje się tendencję spadkową w spożyciu przetworów zbożowych.

Produkty zbożowe są głównym źródłem błonnika pokarmowego (2). Frakcja rozpuszczalna jest pożywką dla bakterii probiotycznych i powoduje rozluźnienie masy kałowej, zwiększa gęstość treści pokarmowej, zmniejsza czas pasażu jelitowego, powoduje zwolnienie wchłaniania glukozy, wiąże kwasy żółciowe, zwiększa wydalanie tłuszczów i spowalnia wchłanianie triacylogliceroli. Z kolei nierozpuszczalna frakcja włókna pokarmowego pobudza perystaltykę i przyspiesza przemieszczanie się treści jelitowej, dzięki czemu zmniejsza prawdopodobieństwo powstawania żylaków odbytu, chorób nowotworowych, uchyłkowości jelit, zwiększa ukrwienie jelit i wydzielanie soków trawiennych, a także objętość treści pokarmowej w jelicie cienkim. Ze względu na wymienione właściwości, spożywanie codziennie żywności nisko przetworzonej, bogatej w błonnik pokarmowy, może stanowić element profilaktyki lub leczenia chorób takich jak cukrzyca, otyłość, choroby układu krążenia i nowotwory (3). Należy podkreślić, że zbyt duże spożycie błonnika może pogarszać wchłanianie niektórych składników mineralnych, w szczególności wapnia, żelaza i cynku (2). Podczas przetwarzania zbóż, ziarno traci dużą część frakcji bogatych w błonnik. Z badań wynika, że niektóre błyskawiczne przetwory śniadaniowe ulegają silnej degradacji w procesie produkcyjnym, co prowadzi do obniżenia rozpuszczalności suchej masy do 50%. Dodatkowo, produkty te są bardzo ubogie w białko i błonnik pokarmowy. Stosowane operacje technologiczne powodują, że włókno pokarmowe ulega dalszym niekorzystnym zmianom ilościowym i jakościowym, w wyniku czego na rynek trafiają produkty ubogie w ten składnik, o dodatkowo niekorzystnym składzie jego frakcji (3).

Zboża są także dobrym źródłem cynku, pierwiastka występującego we wszystkich tkankach oraz płynach ustrojowych każdego organizmu żywego. Składnik ten jest elementem struktury enzymów, będąc stabilizatorem i katalizatorem ponad 200 z nich, stąd uczestniczy w wielu przemianach enzymatycznych i metabolicznych. Uczestniczy w produkcji testosteronu, wpływa na rozwój i funkcjonowanie kanalików nasiennych, uczestniczy w ekspresji genów, stabilizuje błony i struktury kości (4). Dodatkowo pierwiastek ten jest ważnym składnikiem wielu białek strukturalnych, a jony cynku znajdują się praktycznie w całym układzie nerwowym, wchodząc w skład zakończeń nerwowych presynaptycznych (5).

Produkty zbożowe są również dobrym źródłem naturalnych przeciwutleniaczy, takich jak: związki fenolowe, witamina E czy selen. Polifenole wykazują nie tylko właściwości przeciwutleniające ale także wzmagają działanie innych przeciwutleniaczy, takich jak witamina C i E, oraz działają na nie ochronnie. Dotychczas poznano ponad 8000 związków fenolowych. Szczególne znaczenie, dla organizmu ludzkiego mają flawonoidy. Tą najliczniejszą grupę związków zaliczanych do polifenoli stanowi ponad 4000 naturalnych substancji, szeroko rozpowszechnionych w świecie roślin. Znajdują się one w zewnętrznych częściach roślin takich jak liście czy skórka. Większość flawonoidów występuje w postaci glikozydów. Wyjątek

stanowią flawonole, które występują w formie nie związanej. Produkty zbożowe wykazują na ogół słabszą pojemność przeciwutleniającą niż owoce i warzywa. Wyjątek stanowią otręby owsa. W owsie związki fenolowe reprezentowane są przez wolne kwasy fenolowe, estry i glikozydy kwasów fenolowych, flawonole. W mące owsianej stwierdzono obecność kwasów: p-hydroksybenzoesowego, protokatechowego, wainilinowego, *trans*-p-kumarowego, *trans*-sinapowego, kawowego i ferulowego, przy czym w największych ilościach występuje kwas ferulowy (6).

Celem pracy było oznaczenie zawartości składników bioaktywnych (błonnik pokarmowego, cynku, związków fenolowych) w wybranych przetworach zbożowych (zarodki, płatki, otręby). W pracy określono również potencjał przeciwutleniający badanych produktów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły gotowe do spożycia, znajdujące się w handlu detalicznym, przetwory zbożowe, takie jak płatki: żytnie, pszenne, owsiane, jęczmienne; otręby: pszenne, żytnie, owsiane i pszenno-owsiane z żurawiną; zarodki: pszenne, żytnie, pszenżytnie oraz orkiszowe.

Oznaczenie zawartości suchej masy wykonano metodą wagową wg PN-ISO 712:2012 przy użyciu suszarki Venticell 55Plus.

Oznaczenie zawartości błonnika pokarmowego wykonano metodą enzymatyczną wagową AOAC 991.43 polegającą na trawieniu próbki α -amylazą, proteazą i amyloglukozydazą. Stosowano enzymy i procedurę firmy Megazyme (Irlandia). Poprawność analiz weryfikowano za pomocą „Zestawu kontrolnego TDF” firmy Megazyme.

Oznaczenie zawartości cynku wykonano zwalidowaną metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej z atomizacją w płomieniu FAAS (Varian AA240FS firmy Varian) wg normy PN:EN 14084:2004. Mineralizację przeprowadzono metodą mikrofalową ciśnieniową na mokro (MarsXPres firmy CEM) z użyciem kwasu azotowego 65% (Suprapur firmy MERCK nr katalogowy 1.00441).

Zawartość polifenoli ogółem oznaczono w ekstraktach metanolowo-acetonowych metodą *Swain i Hillis* (7), z zastosowaniem odczynnika Folin-Ciocalteu (Sigma) i wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE) w mg/100 g świeżej masy próbki. Potencjał antyoksydacyjny oznaczono w ekstraktach metanolowo-acetonowych metodą *Ree* i współprac. (8), jako zdolność wygaszania rodnika ABTS i wyrażono jako ekwiwalent Troloxu w $\mu\text{mol/g}$ próbki. Ekstrakty metanolowo-acetonowe do oznaczania zawartości polifenoli ogółem oraz aktywności antyoksydacyjnej wykonano wg *Bartonia* i współprac. (9).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica 10. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (Anova), istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi określono za pomocą testu Duncana (przy poziomie $p \leq 0,05$). Obliczono także współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi parametrami.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość suchej masy w badanym materiale mieściła się w przedziale od 87,6 do 94,9 g/100 g. Najwyższa była w otrębach, średnio 92,2 g/100 g, a najniższa w płatkach 88,77 g/100 g (tab. I). Porównywalne wartości uzyskali inni autorzy (3, 10).

Tab e l a I. Zawartość związków bioaktywnych w wybranych otrębach, płatkach i zarodkach zbożowych
Tab l e I. The content of bioactive compounds in selected bran, flakes and germs

Produkt	Sucha masa	Błonnik	Cynk	Związki fenolowe	Aktywność antyoksydacyjna
	g/100 g	g/100 g ś.m.	mg/kg ś.m.	mg/100 g ś.m. GAE	μmol Troloxu/g ś.m.
Otręby owsiane	90,0a±0,03	11,2a±0,36	2,9a±0,02	41,5a±1,51	6,4a±0,14
Otręby pszenne	90,7a±0,07	42,8d±1,33	8,2c±0,09	205,7d±3,48	9,6c±0,32
Otręby z żurawiną	94,9c±0,16	18,2b±0,01	15,8d±0,10	75,2b±4,90	7,9b±0,05
Otręby żytnie	93,3b±0,05	24,3c±0,49	5,7b±0,27	142,1c±2,56	9,1c±0,13
Płatki jęczmienne	87,6a±0,41	10,7a±0,21	2,2a±0,02	59,2c±0,35	9,6c±0,09
Płatki owsiane	92,0b±0,25	10,2a±0,41	3,2d±0,09	37,8a±0,46	6,2a±0,26
Płatki pszenne	87,4a±0,06	12,5b±0,34	2,6b±0,06	55,0b±0,46	6,8a±0,13
Płatki żytnie	88,1a±0,14	12,2b±0,29	2,8c±0,10	86,3d±0,23	7,6b±0,18
Zarodki orkiszowe	89,6a±0,05	15,6b±0,38	15,4b±0,17	288,6d±4,73	12,9c±0,91
Zarodki pszenne	91,3b±0,10	9,6a±0,20	4,3a±0,07	216,8c±2,09	11,3b±1,08
Zarodki pszenżytnie	90,7a±0,09	15,2b±0,05	16,7c±0,20	187,6b±1,28	12,1c±0,23
Zarodki żytnie	90,0a±0,43	14,8b±0,64	16,3c±0,26	145,2a±2,53	9,7a±0,28

Wartości oznaczone różnymi literami (a, b, c, d) różnią się między sobą istotnie statystycznie

Wszystkie produkty roślinne, a więc także zboża, zawierają błonnik pokarmowy. Jest to grupa węglowodanów opornych na hydrolizę enzymatyczną w przewodzie pokarmowym człowieka. Błonnik pokarmowy jest rozmieszczony w ziarnie nierównomiernie i znajduje się głównie w warstwach peryferyjnych ziarna, czyli w okrywie owocowo nasiennej, w warstwie aleuronowej oraz w zarodku. Bielmo mączne zawiera tego składnika niewiele. Otręby, to produkt powstały podczas procesu odłuszczenia i przemiału oczyszczonego ziarna zbóż. W skład otrąb wchodzi okrywa owocowo-nasienna i niewielka ilość bielma. Otręby to produkt naturalny, bogaty szczególnie w węglowodany nieprzyswajalne (10).

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że najwyższą zawartością błonnika całkowitego odznaczały się otręby pszenne, następnie otręby żytnie i otręby pszenno-owsiane z żurawiną. W otrębach pszennych zawartość błonnika całkowitego wyniosła 42,8 g/100 g produktu. Podobną wartość (42,4 g/100 g) podaje *Kunachowicz* i wspólni (11). Według *Czerwińskiej* (10) zawartość błonnika pokarmowego w otrębach pszennych wynosi 42,8 g/100 g. W otrębach żytnich oznaczono znacznie mniejszą zawartość błonnika całkowitego, niż w otrębach pszennych. Ilość tego składnika

wyniosła w tym produkcie 24,3 g/100 g produktu, co stanowiło w przeliczeniu na 100 g suchej masy – 26,1 g. Według *Czerwińskiej* (10) zawartość błonnika pokarmowego w tym produkcie wynosiła 39 g/100 g. Różnice te mogą wynikać z odmiennych metod oznaczania zawartości włókna pokarmowego i odmiany zboża.

Kolejnym badanym produktem były otręby z żurawiną. W skład tego produktu wchodziły otręby pszenne i owsiane. Zawartość błonnika pokarmowego w tym produkcie oznaczono na poziomie 18,2 g/100 g produktu. Według producenta ilość tego składnika powinna wynosić 30,6 g/100 g produktu. Najmniej błonnika pokarmowego (11,2 g/100 g) wśród otręb, oznaczono w otrębach owsianych. Jak podaje *Czerwińska* (10) zawartość włókna w tym produkcie wynosi 15,4 g/100 g produktu. Wyższe wartości (23 g/100 g) w otrębach owsianych wykazał *Lange* (12). Takie różnice w wynikach mogą być spowodowane różnymi odmianami badanego owsa.

Kolejną badaną grupą produktów były zarodki pszenżytnie, orkiszowe, żytnie i pszenne. Zarodek to pod względem morfologicznym najmniejsza, a pod względem fizjologicznym najważniejsza część ziarna. W zarodku gromadzone są witaminy i różnorodne enzymy, niezbędne do procesu kiełkowania. Są one źródłem białka o wysokiej wartości odżywczej, a także witamin z grupy B i tokoferoli. Dlatego mogą być stosowane do wzbogacania niektórych artykułów np. pieczywa specjalnego jako koncentrat witaminy E. W badaniach wykazano, że ilość błonnika całkowitego w zarodkach orkiszowych wyniosła 15,6 g/100 g produktu. Według *Czerwińskiej* (10) zawartość błonnika w całym ziarnie wynosiła 9,4 g/100 g, a w mące razowej 6,6 g/100 g. Natomiast *Pieczyk* i wspólr. (13) podają, że poziom tego składnika w całym ziarnie orkiszu wynosił 13,7% s.m., 7,4% s.m. w mące orkiszowej i 25,1% s.m. w otrębach orkiszowych. Zawartość włókna pokarmowego w zarodkach pszenżytnich była na poziomie 15,2 g/100 g produktu. W 100 g zarodków żytnich oznaczono 14,8 g błonnika, co stanowiło 16,4 g/100 g suchej masy. *Gąsiorowski* (14) w swojej publikacji podaje, że zawartość błonnika pokarmowego w zarodkach żytnich wynosi 3,9% suchej masy. Najmniejszą zawartość błonnika wśród badanych zarodków, i razem wśród wszystkich badanych produktów oznaczono w zarodkach pszennych. Ilość ta wyniosła 9,6 g/100 g produktu (10,6 g/100 g suchej masy). *Kunachowicz* i wspólr. (11) wykazali zawartość błonnika pokarmowego w zarodkach pszennych na poziomie 14 g/100 g produktu.

Płatki otrzymuje się przez zgniecenie całego ziarna, co pozwala na zachowanie cennych składników zawartych w ziarnie. Różnią się one między sobą zawartością poszczególnych składników, co uzależnione jest od użytego do ich produkcji ziarna. Wśród płatków zbożowych najwyższą zawartością białka i tłuszczu odznaczają się płatki owsiane. Ze względu na dużą zawartość tłuszczu, są one także bogatym źródłem witaminy E. Najmniejszą zawartością białka odznaczają się płatki żytnie, natomiast płatki pszenne zawierają najmniej tłuszczu. Dodatkowo płatki zbożowe są dobrym źródłem witamin z grupy B oraz składników mineralnych (wapnia, magnezu, żelaza i cynku) (10).

W płatkach pszennych oznaczono zawartość błonnika całkowitego na poziomie 12,4 g/100 g produktu. Według *Kunachowicz* i wspólr. (11) ilość tego składnika wynosi 10,1 g/100 g produktu. Zbliżoną zawartość błonnika (12,2 g/100 g produktu) oznaczono w płatkach żytnich. Nieco niższe wartości (11,6 g/100 g) podaje *Kunachowicz* i wspólr. (11). Płatki jęczmienne zawierały 10,7 g błonnika/100 g

produktu. Zdaniem *Kulczak* i współpr. (1), zawartość błonnika całkowitego w jęczmiennych produktach ekstrudowanych wynosi 14,1 g/100 g s.m. *Kunachowicz* i współpr. (11) natomiast stwierdzili, że zawartość błonnika w płatkach jęczmiennych kształtuje się na poziomie 9,6 g w 100 g produktu.

W 100 g płatków owsianych oznaczono 10,2 g włókna pokarmowego. Zdecydowanie niższe wartości (6,9 g/100 g) wykazali *Kunachowicz* i współpr. (11), natomiast *Lange* (12) stwierdził zbliżoną zawartość tego składnika (10 g/100 g produktu). W kaszy owsianej, czyli ziarnie rozdrobnionym pozbawionym twardej łuski podaje ilość błonnika wynoszącą 10,8 g/100 g produktu.

Cynk jest to pierwiastek niezbędny do prawidłowego funkcjonowania, który występuje we wszystkich tkankach oraz płynach ustrojowych każdego organizmu żywego i pełni różnorakie funkcje. Stymuluje on działanie enzymów przeciwutleniających występujących w komórkach organizmu człowieka i pełniących rolę naturalnego systemu obronnego przed reaktywnymi formami tlenu. Do tych enzymów zalicza się desmutazę ponadtlenkową występującą w mitochondriach i cytoplazmie oraz peroksydazę glutationową. Najczęstszą przyczyną niedoboru cynku, w pierwszej kolejności jest niedożywienie, w drugiej niektóre stany chorobowe.

Największą zawartością cynku wśród badanych produktów odznaczały się zarodki pszenżytnie (16,74 mg/100 g). W zarodkach żytnich oznaczono nieco mniejsze ilości tego pierwiastka tj. 16,33 mg/100 g produktu. *Gąsiorowski* (14) podaje, że zawartość cynku w zarodkach żytnich wynosi 20,8 mg/100 g. Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość tego pierwiastka w otrębach z żurawiną kształtowała się na poziomie 15,8 mg/100 g. Zbliżoną ilość tego składnika (15,4 mg/100 g) stwierdzono w zarodkach orkiszowych. *Czerwińska* (10) podaje, że zawartość cynku w całym ziarnie orkiszu wynosi 3,5 mg/100 g, a w mące orkiszowej pełnoziarnistej 3,5 mg/100 g.

W otrębach pszennych oznaczono istotnie mniej cynku. (8,2 mg/100 g). *Malinowska i Szefer* (15) stwierdzili, że zawartość tego pierwiastka w otrębach pszennych wynosi 6,5 g/100 g. *Kunachowicz* i współpr. (11) określili zawartość cynku w badanym produkcie na poziomie 8,85 mg/100 g. Natomiast *Czerwińska* (10) podaje, że ilość tego pierwiastka w otrębach pszennych wynosi 7,3 mg/100 g.

W przeprowadzonych badaniach oznaczono zawartość cynku w otrębach żytnich na poziomie 5,7 mg/100 g produktu. *Czerwińska* (10) w otrębach żytnich oznaczyła większe ilości tego pierwiastka (8,0 mg/100 g).

Zarodki pszenne zawierały 4,3 mg cynku/100 g. Według *Kunachowicz* i współpr. (11) zawartość cynku w tym produkcie wynosi 14,96 mg/100 g. *Gąsiorowski* (12) wskazuje, że średnia zawartość tego pierwiastka w zarodkach pszennych wynosi 12 mg/100 g. Otrzymane wyniki wskazują na dużą zmienność tych produktów pod względem zawartości tego pierwiastka. W 100 g płatków owsianych stwierdzono 3,2 mg cynku. Zdaniem *Malinowskiej i Szefer* (15) ilość cynku w płatkach owsianych kształtuje się na poziomie 3,3 g/100 g. *Kunachowicz* i współpr. (11) podają zawartość tego pierwiastka w płatkach owsianych na poziomie 3,1 mg/100 g.

Przeprowadzone badania wykazały, że ilość cynku w otrębach owsianych wynosiła 2,9 mg/100 g. *Malinowska i Szefer* (15) podają, że cynk w otrębach owsianych występuje w ilości 2,8 mg/100 g. Wyższe wartości (3,1 mg/100 g) podaje *Czerwińska* (10).

Płatki żytnie zawierały 2,7 mg cynku/100 g. Według *Malinowskiej i Szefer* (15) w tym produkcie ilość cynku wynosi 2,7 mg/100 g. Pieczywo lekkie żytnie zawiera

natomiast 2,1 mg cynku /100 g tego produktu. *Kunachowicz* i współpr. (11) określili zawartość cynku w płatkach żytnich na poziomie 2,51 mg/100 g.

Nieznacznie mniej cynku oznaczono w płatkach pszennych (2,56 mg/100 g). Według *Kunachowicz* i współpr. (11) zawartość tego pierwiastka w płatkach pszen-nych wynosi 2,5 mg/100 g. Płatki jęczmienne zawierały 2,18 mg cynku w 100 g. Uzyskany wynik jest zbliżony do wartości podawanej przez *Kunachowicz* i współpr. (11).

Polifenole są związkami pochodzenia roślinnego, które należą do grupy przeciwutleniaczy podstawowych. Wchodzą one w skład tzw. grupy naturalnych substancji nieodżywczych, wraz z innymi związkami przeciwutleniającymi (m.in. fitynianami, mikroskładnikami oraz wit. E). ich działanie polega na zmiataniu wolnych rodników inicjujących proces utleniania, chelatowaniu jonów metali katalizujących utlenianie, hamowaniu aktywności enzymów utleniających i aktywacji enzymów przeciwutleniających oraz pełnieniu roli substancji redukujących i związków łączących tlen singletowy.

Zawartość związków fenolowych była istotnie zróżnicowana w zależności od rodzaju produktu. W zarodkach orkiszowych wynosiła ona 322,0 mg/100 g suchej masy. Zdaniem *Worbiej* i współpr. (16) otręby orkiszowe zawierają 210 mg związków fenolowych/100 g, natomiast całe ziarno 170 mg/100 g. Ci sami autorzy wskazują, że zawartość związków fenolowych w mące orkiszowej wynosi 130 mg/100 g.

Mniejszą zawartością związków fenolowych (216,8 mg/100 g) odznaczały się zarodki pszenne. Zbliżoną ilość tych składników (205,5 mg/100 g) zawierały otręby pszenne. W pracy *Hosseinian* i *Mazza* (17) zawartość tych związków w otrębach pszennych była wyższa i wynosiła 442,7 mg/100 g.

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość związków fenolowych w zarodkach pszenżytnich wynosiła 187,6 mg/100 g. Wyższe wartości podają *Hosseinian* i *Mazza* (17). Według autorów, zawartość polifenoli w otrębach pszenżytnich wynosi 284,9 mg/100 g, natomiast w płatkach 86,9 mg/100 g.

Przebadane zarodki żytnie zawierały 145,2 mg GEA/100 g, a otręby żytnie 142,1 mg/100 g. Według *Hosseinian* i *Mazza* (17) zawartość związków fenolowych w otrębach żytnich jest znacznie wyższa i wynosi 257,3 mg/100 g.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że płatki żytnie zawierały 86,3 mg związków fenolowych/100 g. Jeszcze mniejszą ilość tych składników oznaczono w otrębach pszenno żytnich z żurawiną (75,2 mg/100 g). W 100 g płatków jęczmiennych stwierdzono 59,2 mg związków fenolowych ogółem, natomiast w płatkach pszennych tylko 55,0 mg. Mniejszą ilość polifenoli wykazano w otrębach owsianych (41,51 mg/100 g). Płatki owsiane odznaczały się istotnie najniższą zawartością polifenoli wśród analizowanych produktów, wynoszącą 37,8 mg/100 g. W swoich badaniach *Hosseinian* i *Mazza* (17) wykazali, że ilość tych składników na poziomie 94,2 mg/100 g. Zdaniem *Piątkowskiej* i współpr. (18) średnia zawartość związków fenolowych w otrębach owsianych wynosi 189,9 mg/100 g. Ci sami autorzy podają, natomiast że całe ziarno owsa zawiera 181,1 mg polifenoli/100 g.

Aktywność przeciwutleniająca i przeciwrodnikowa jest związana przede wszystkim z zawartością związków fenyłowych i zależy od budowy chemicznej tych związków, a w szczególności od rodzaju, liczby i miejsca położenia podstawników (grup OH i OCH₃) w cząsteczce oraz ich stężenia. Badane surowce odznaczały

się zróżnicowaną aktywnością mierzoną na podstawie wygaszania wolnego rodnika ABTS. Aktywność przeciwutleniająca zarodków pszenżytnich wyniosła 12,07 $\mu\text{mol Tx/g}$. *Hosseinian i Mazza* (17) podają, że aktywność przeciwutleniająca otrębów pszenżytnich wynosi 25,4 $\mu\text{mol Tx/g}$, a płatków pszenżytnich – 13,4 $\mu\text{mol Tx/g}$. Otręby pszenne odznaczały się aktywnością przeciwutleniającą na poziomie 9,65 $\mu\text{mol Tx/g}$, co stanowiło w przeliczeniu na suchą masę 10,63 $\mu\text{mol Tx/g}$. Według *Hosseinian i Mazza* (17) aktywność przeciwutleniająca tych produktów jest znacznie wyższa i wynosi aż 66,5 $\mu\text{mol Tx/g}$. Natomiast *Gallardo i współpr.* (19) podają w swojej publikacji, że aktywność przeciwutleniająca otrębów pszennych wynosi tylko 5,68 $\mu\text{mol Tx/g}$ suchej masy. Mieszane otręby pszenne i owsiane z żurawiną charakteryzowały się aktywnością przeciwutleniającą wynoszącą 7,92 $\mu\text{mol Tx/g}$, a płatki pszenne 6,21 $\mu\text{mol Tx/g}$.

Zarodki pszenne odznaczały się potencjałem przeciwutleniającym na poziomie 12,4 $\mu\text{mol Tx/g}$. W swojej publikacji *Gallardo i współpr.* (19) podają, że aktywność przeciwutleniająca tych produktów wynosiła 9,3 $\mu\text{mol TX/g}$ suchej masy.

W otrębach owsianych aktywność przeciwutleniającą wynosiła 6,45 $\mu\text{mol Tx/g}$, natomiast w płatkach owsianych 6,21 $\mu\text{mol TX/g}$. Według *Hosseinian i Mazza* (17) zdolność wygaszania wolnych rodników w tych płatkach kształtowała się na poziomie 16,9 $\mu\text{mol Tx/g}$. Zarodki orkiszowe odznaczały się aktywnością przeciwutleniającą równą 3,6 $\mu\text{mol Tx/g}$ suchej masy. *Worobiej i współpr.* (16) w swojej publikacji podają, że aktywność przeciwutleniająca otrąb orkiszowych wynosi 4,31 mg Tx/g suchej masy, mąki orkiszowej 2,06 mgTx/g suchej masy, natomiast całego ziarna orkiszowego wynosi 2,86 mg Tx/g suchej masy.

Potencjał przeciwutleniający otrębów żytnich kształtował się na poziomie 9,14 $\mu\text{molTx/g}$, co stanowiło 9,8 $\mu\text{mol Tx/g}$ suchej masy. Nieco niższe wartości stwierdzono w przypadku płatków żytnich (8,63 $\mu\text{mol Tx/g}$ suchej masy). Zarodki żytnie wykazywały natomiast wyższą aktywność antyutleniającą (9,72 $\mu\text{mol Tx/g}$). Według *Hosseinian i Mazza* (17) aktywność ta jest zdecydowanie wyższa i wynosi 63,8 $\mu\text{mol Tx/g}$. Z kolei *Gallardo i współpr.* (19) podają, że aktywność przeciwutleniająca otrębów żytnich wynosi 7,98 $\mu\text{mol TX/g}$ suchej masy. Jest to ilość zbliżona do danych literaturowych. W płatkach jęczmiennych zdolność wygaszania wolnych rodników ABTS wyniosła 10,93 $\mu\text{mol TX/g}$ suchej masy. *Zhao i współpr.* (20) podają, że aktywność przeciwutleniająca jęczmienia w zależności od odmiany ziarna waha się od 9,33 do 11,78 $\mu\text{mol Tx/g}$ suchej masy.

WNIOSKI

1. Ze względu na morfologiczny podział ziarna, najbogatsze w składniki bioaktywne były zarodki zbożowe, a następnie otręby.
2. Spośród wszystkich przebadanych produktów najlepszym źródłem błonnika pokarmowego były otręby pszenne i żytnie.
3. Zarodki zbożowe odznaczały się najwyższą aktywnością antyutleniającą oraz najwyższą zawartością cynku i związków fenolowych.
4. Zarodki pszenicy orkiszowej posiadały najwyższy potencjał przeciwutleniający oraz najwyższą zawartość związków fenolowych.

A. Filipiak-Florkiewicz, A. Florkiewicz, K. Dereń

CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN SELECTED PROCESSED CEREAL PRODUCTS

Summary

It is generally recognized that whole cereal grains are good source of many bioactive compounds, and the majority of them are located in outer layers of grain, i.e. bran (pericarp and seed coat), aleurone layer and embryo/germ, and they are irretrievably lost during processing into fine white flour.

The aim of this study was to determine the content of bioactive components (dietary fiber, zinc, phenolic compounds) in selected cereal products (embryos/germs, flakes, bran). Also the antioxidant potential of these products was evaluated.

Due to the morphological division of the grain, the richest in bioactive components were the germs/embryos and bran. Among the all investigated products, wheat and rye bran were the best source of dietary fiber. Embryos were characterized by the highest antioxidant activity, as well as by the highest content of zinc and phenolic compounds. Spelt wheat germ/embryos had the highest antioxidant potential and the highest content of phenolic compounds.

PIŚMIENNICTWO

1. Kulczak M., Remiszewski M., Jeżewska M., Przygoński K., Przygodzki R.: Ocena składu chemicznego i jakości sensorycznej wybranych produktów zbożowych instant otrzymanych metodą ekstruzji. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 402-407. – 2. Górecka D.: Błonnik pokarmowy. Znaczenie żywieniowe i technologiczne. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2008; 11: 23-26. – 3. Rzedzicki Z., Wirkijowska A.: Charakterystyka składu chemicznego przetworów jęczmiennych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *ZNTJ*, 2008; 1(56): 52-64. – 4. Koźlicka I., Przysławski J.: Wpływ cynku na występowanie i przebieg procesów chorobowych u dzieci. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007; 40(1): 57-62. – 5. Koźlicka I., Przysławski J.: Wpływ cynku na występowanie i przebieg procesów chorobowych u osób dorosłych. *Roczn. PZH*, 2007; 58(3): 557-562. – 6. Tsao R.: Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2010; 2(12): 1231-1246. – 7. Swain T., Hillis W.E.: The phenolic constituents of *Purmus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food. Agric.*, 1959; 10: 63-68. – 8. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.* 1999; 26(9-10): 1231-1237. – 9. Bartoń H., Fołta M., Zachwieja Z.: Zastosowanie metod FRAP, ABTS i DPPH w badaniu aktywności antyoksydacyjnej produktów spożywczych. *Nowiny Lek.*, 2005; 74(4): 510-513. – 10. Czerwińska D.: Wartość odżywcza i wykorzystanie pszenżyta. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2010; 1: 9-10.
11. Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K.: Tabele Składu i Wartości Odżywczej Żywności. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2005. – 12. Lange E.: Produkty owsiane, jako żywność funkcjonalna. *ZNTJ*, 2010; 3(70): 7-24. – 13. Piecyk M., Kulka D., Worobiej E.: Charakterystyka i wartość odżywcza ziarna orkisz i produktów orkiszowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 247-251. – 14. Gąsiorowski H.: Zarodki żytnie – skład chemiczny i wykorzystanie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2005; 8: 13-15. – 15. Malinowska E., Szefer P.: Zawartość wybranych biopierwiastków w pieczywie oraz roślinnych dodatkach do pieczywa. *Roczn. PZH*, 2005; 56(2): 171-178. – 16. Worobiej E., Wocial M., Piecyk M.: Porównanie zawartości i aktywności wybranych związków przeciwutleniających w produktach orkisz. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 890-894. – 17. Hosseinian F.S., Mazza G.: Triticale bran and straw: Potential new sources of phenolic acids, proanthocyanidins, and lignans. *J. Funct Foods*, 2009; 1: 57-64. – 18. Piątkowska E., Witkowicz R., Pisulewska E.: Podstawowy skład chemiczny wybranych odmian owsa siewnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009; 3: 88-99. – 19. Gallardo C., Jimenez L., Garcia-Conesa M-T.: Hydroxycinnamic acid composition and In vitro Antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chem.*, 2006; 99: 455-463. – 20. Zhao H., Fan W., Dong J., Lu J., Chen J., Shan L., Lin Y., Kong W.: Evaluation of antioxidant activities and total phenolic contents of typical malting barley varieties. *Food Chem.*, 2008; 107: 296-304.