

Zboża niechlebowe źródłem błonnika w profilaktyce i zwalczaniu chorób cywilizacyjnych

Zbigniew Rzedzicki, Piotr Zarzycki, Anna Wirkijowska, Aldona Sobota, Emilia Sykut-Domańska, Katarzyna Bartoszek, Ewelina Kuzawińska

Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Polska

Abstrakt. Znajomość zawartości frakcji błonnika w surowcach i produktach spożywczych ma istotne znaczenie w profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych. Błonnik pokarmowy stanowi bardzo niejednorodny kompleks związków chemicznych, a poszczególne jego frakcje wykazują odmienny wpływ fizjologiczny na organizm człowieka. Celem przeprowadzonych badań było oznaczenie składu frakcyjnego błonnika pokarmowego w wybranych zbożach niechlebowych oraz produktach, w skład których wkomponowano surowce pochodzące ze zbóż niechlebowych. W celach porównawczych określono zawartość błonnika w wybranych odmianach pszenicy i produktach przemiału. W próbkach oznaczano błonnik całkowity, błonnik rozpuszczalny w wodnym roztworze enzymów (WSDF), błonnik rozpuszczalny w środowisku kwaśnym (ASDF), błonnik nierozpuszczalny w wodnym roztworze enzymów oraz błonnik nierozpuszczalny w środowisku kwaśnym. Badania potwierdziły, że zboża niechlebowe, w szczególności jęczmień i owoś, są niezwykle cennym źródłem rozpuszczalnych frakcji błonnika mających istotne znaczenie prebiotyczne. Odnotowano blisko 2,5-krotnie wyższą zawartość WSDF w ziarnie jęczmienia i owsa w porównaniu do średniej zawartości w ziarnie pszenicy oraz kaszach (jaglonej, gryczanej). Ziarno owsa i jęczmienia charakteryzuje się także wyższą zawartością frakcji ASDF. Wprowadzenie razowej mąki jęczmiennej do chleba, powoduje istotny wzrost zawartości błonnika pokarmowego, w szczególności zwiększenie udziału (1→3) (1→4) β-D glukanów we frakcji WSDF. W chlebie kontrolnym (0% mąki jęczmiennej) udział (1→3) (1→4) β-D glukanów we frakcji WSDF stanowił 9,2%, podczas gdy w chlebie z 12,5% dodatkiem mąki jęczmiennej udział ten wzrósł do 30,2%.

słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, owoś, jęczmień, choroby cywilizacyjne, prebiotyki

WSTĘP

W drugiej połowie XX wieku odnotowano nie tylko wzrost dobrobytu spowodowany dynamicznym rozwojem

nauki i techniki, ale też szereg niekorzystnych zjawisk społecznych. Zmiana stylu życia, w szczególności brak aktywności fizycznej i złe nawyki żywieniowe, doprowadziły do nasilenia występowania szeregu chorób określanych mianem cywilizacyjnych: otyłości, chorób układu krążenia, nowotworów, cukrzycy typu II, głębokich depresji oraz chorób psychicznych. Zachorowalność na te choroby osiągnęła rozmiary pandemii (Jenkins i in., 2008; Kristensen, Jensen, 2011; Liu, 2007; WHO, 2014).

Powszechnie znane instytucje, zajmujące się oceną sposobu odżywiania ludzi, między innymi U.S. FDA (Food and Drug Administration) czy EFSA (European Food Safety Authority), promują zwiększenie spożycia przetworów pełnoziarnowych, bogatych w błonnik pokarmowy (FDA, 2006; EFSA, 2010). Realizacja tego postulatu wiąże się z istotnymi zagrożeniami. Produkty pełnoziarnowe mogą być w znacznym stopniu skażone mykotoksynami. W sposób szczególnie na porażenie grzybami toksynotwórczymi narażone są zboża nagie. W pierwszej kolejności grzybnie kolonizują i penetrują zewnętrzne tkanki ziarniaków, sprzyjając tym samym rozwojowi innych patogenów (Brera i in., 2006; Hemery i in., 2007). Na koncentrację mykotoksyn ma wpływ technologia przemiału. Zawartość mykotoksyn w otrębach może być nawet kilkakrotnie wyższa niż w całych ziarniakach pszenicy (Cheli i in., 2013; Podolska, Boguszewska, 2015). Takie produkty przemiału nie powinny być kierowane do produkcji żywności. Wu i in. (2011) podnoszą także problem możliwego synergizmu toksyczności mykotoksyn występujących w ziarniakach oraz innych zanieczyszczeń chemicznych. Fakty te przemawiają za wyeliminowaniem z żywności okrywy owocowo-nasiennej zbóż nagich. Takich niekorzystnych cech nie wykazują zboża niechlebowe. Ziarniaki owsa, jęczmienia i prosa szczelnie okryte są plewką. Nasiono gryki otulone jest okrywą owocowo-nasienną orzeszka. Taka budowa anatomiczna chroni ziarniaki i nasiona przed porażeniem grzybami toksynotwórczymi.

Błonnik pokarmowy stanowi niejednorodny kompleks związków chemicznych, składający się z frakcji rozpusz-

Autor do kontaktu:

Piotr Zarzycki
e-mail: piotr.zarzycki@up.lublin.pl
tel. +48 81 4623317

czalnej i nierozpuszczalnej, różniących się nie tylko składem, ale także oddziaływaniem fizjologicznym. Kryterium podziału, wg aktualnej definicji, stanowi rozpuszczalność w wodnym roztworze enzymów (DeVries, 2010). Podział błonnika na frakcje rozpuszczalną i nierozpuszczalną w wodnym roztworze enzymów nie uwzględnia kryteriów funkcjonalności błonnika w odniesieniu do jego lepkości i adhezyjności. Część frakcji nierozpuszczalnej w wodnym roztworze enzymów podlega rozpuszczeniu w kwaśnym środowisku żołądka, wpływając na zmiany właściwości reologicznych treści pokarmowej, co może powodować spowolnienie procesów absorpcji (Rzedzicki, 2009). Fizjologiczna rola błonnika rozpuszczalnego w wodnym roztworze enzymów jest szeroko omawiana w literaturze, brak natomiast do tej pory dyskusji na temat roli błonnika rozpuszczalnego w środowisku kwaśnym.

Błonnik rozpuszczalny (w wodnym roztworze enzymów), szczególnie (1→3) (1→4) β-D glukany, posiada zdolność obniżania poziomu cholesterolu LDL i VLDL przy równoczesnym zwiększaniu zawartości pożądaną frakcji HDL, spowalnia także hydrolizę i wchłanianie składników odżywczych (Sayar i in., 2006; Weickert i in., 2006; Castro i in., 2007). Frakcja nierozpuszczalna błonnika pobudza natomiast perystaltykę jelit i przyspiesza przemieszczanie treści jelitowej, zapobiegając tym samym powstawaniu uchyłkowatości jelita grubego (Davidson, McDonald, 1998; Greenwald i in., 2001). Rozpuszczalne frakcje błonnika pokarmowego to także cenne prebiotyki (Charalampopoulos i in., 2002; O'Connell i in., 2005). Wykazano, że produkty fermentacji bakteryjnej rozpuszczalnego błonnika pokarmowego zakwaszają środowisko okrężnicy i stymulują rozwój prawidłowej flory jelit, hamują rozwój bakterii gnilnych oraz stanowią niezwykle istotny czynnik obniżający produkcję związków kancerogennych, stając się tym samym ważnym ogniwo profilaktyki nowotworów jelita grubego (Lupton, 2000; McIntosh i in., 2003).

Niezwykle cennym źródłem błonnika rozpuszczalnego, zwłaszcza (1→3) (1→4) β-D glukanów, jest ziarno owsa i jęczmienia (Wirkijowska i in., 2012; Sykut-Domańska i in., 2016). Surowce te powinny być zatem polecane do produkcji żywności funkcjonalnej (Sánchez-Muniz, 2012). Dotychczasowe badania wskazują na możliwość wprowadzenia komponentów owsianych i jęczmiennych w skład produktów zbożowych (m.in. chleb, wyroby ekstrudowane), pozwalając na uzyskanie wyrobów o akceptowalnych cechach organoleptycznych oraz zwiększonej zawartości rozpuszczalnych frakcji błonnika pokarmowego (Zarzycki, Rzedzicki, 2009; Kasprzak i in., 2011; Wirkijowska i in., 2015).

Zalecana dawka błonnika pokarmowego uzależniona jest m.in. od wieku i płci (FDA, 2006; EFSA, 2010). W opinii Panelu Ekspertów EFSA codzienne spożycie błonnika na poziomie 25 g (u niektórych osób dorosłych) może dawać pozytywny efekt nie tylko w odniesieniu do utrzymania prawidłowej masy ciała, ale też redukcji ryzyka

chorób dietozależnych. Biorąc pod uwagę te zalecenia, poziom spożycia błonnika pokarmowego w krajach rozwiniętych, w tym w Polsce, jest nadal zbyt niski. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat drastycznie spadło spożycie przetworów zbożowych, zwłaszcza tradycyjnego pieczywa fermentowanego, które stanowią główne źródło błonnika pokarmowego w diecie człowieka (GUS, 2014). Wkomponowanie błonnika pokarmowego o właściwym składzie frakcyjnym do często spożywanych produktów spożywczych nabiera zatem szczególnego znaczenia jako fragment strategii walki z chorobami cywilizacyjnymi. Do wykreowania takich wyrobów konieczna jest wiedza na temat zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego w surowcach. W literaturze najczęściej podawana jest zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w wodnym roztworze enzymów, brakuje natomiast informacji o zawartości frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w środowisku kwaśnym.

Celem przeprowadzonych badań było oznaczenie składu frakcyjnego błonnika pokarmowego w wybranych zbożach niechlebowych oraz ziarnie pszenicy. Określono również wpływ dodatku razowej mąki jęczmiennej o wysokiej zawartości błonnika rozpuszczalnego na cechy otrzymanego pieczywa pszenno-jęczmiennego. Biorąc pod uwagę fizjologiczne oddziaływanie poszczególnych frakcji błonnika, w pracy przedstawiono wielokierunkowy podział błonnika z uwzględnieniem frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w wodnym roztworze enzymów oraz w środowisku kwaśnym.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano ziarno wybranych odmian owsa i jęczmienia, pozyskane z sekcji badawczej Hodowli Roślin w Strzelcach. Pszenica pochodziła z COBORU, Stacja Doświadczalna Oceny Odmian Cichobór, Punkt Doświadczalny Czesławice. Pozostałe surowce (kasza jaglana, kasza gryczana, kaszka kukurydziana, otręby owsiane, mąki pszenne, lędwian) wykazane w tabeli 1 i 2 pozyskano z lokalnego rynku.

W badanych próbach, według metodyk AACC i AOAC (AACC, 2000), oznaczano zawartość wody metodą suszarkową (AACC, Method 44-15A) oraz popiołu (AACC, Method 08-01). W sposób wielokierunkowy prowadzono badania nad zawartością i składem frakcyjnym błonnika pokarmowego w surowcach i produktach. Według metody detergentowej, opracowanej przez Van Soesta (1963) oraz Van Soesta i Wine'a (1967) oznaczano zawartość włókna neutralno-detergentowego (NDF), włókna kwaśno-detergentowego (ADF), celulozy (CEL), hemicelulozy (HCEL) i ligniny kwaśno-detergentowej (ADL). Zgodnie z metodą enzymatyczną (AOAC, Method 991.43; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32021; AOAC, Method 985.29; AACC, Method 32-05) oznaczano błonnik całkowity (TDF), błonnik nierozpuszczalny w wodnym roztworze

enzymów (WIDF) i rozpuszczalny w wodnym roztworze enzymów (WSDF). Ostatecznie uzyskuje się: TDF – błonnik całkowity, SDF – suma błonnika rozpuszczalnego w wodnym roztworze enzymów (WSDF) i błonnika rozpuszczalnego w środowisku kwaśnym (ASDF), błonnik nierozpuszczalny w wodnym roztworze enzymów – WIDF, błonnik nierozpuszczalny w środowisku kwaśnym AIDF. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach.

Wypiek laboratoryjny prowadzono metodą bezpośrednią – jednofazową (Jakubczyk, Haber, 1981). Ciasto przygotowywano z mąki pszennej (typ 650), mąki razowej jęczmiennej (dodatek od 0 do 12,5% w stosunku do mąki pszennej), drożdży (3%), soli (1,5%) i wody. Mąkę razową jęczmienną otrzymano w wyniku przemiału laboratoryjnego ziarna jęczmienia odmiany STH 4566. Prowadzenie ciasta odbywało się w taki sposób, aby uzyskać w każdej próbce stałą wydajność ciasta (160%). Dla każdej próbki ciasta stosowano stały czas mieszenia (10 min) i warunki fermentacji (90 min, temp. 32°C). Ciasto dzielono na kęsy o masie 250 g i poddawano kolejnej fermentacji do uzyskania pełnej dojrzałości ciasta. Wypiek prowadzono w piecu laboratoryjnym (PL – 10, Poland) stosując temp. 230°C i czas 30 min. Z każdej próby wypiekano 5 bochenków. Ocena pieczywa obejmowała określenie wydajności pieczywa, upieku oraz oznaczenie objętości pieczywa w przeliczeniu na 100 g mąki. Ocena sensoryczna obejmująca: wygląd zewnętrzny, skórkę (barwa, grubość), miękisz (elastyczność, porowatość), smak, zapach przeprowadzona została przez przeszkolony 10-osobowy zespół z zastosowaniem skali 9-punktowej (Jakubczyk, Haber, 1981; PN-A-74108:1996).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Wyliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Dunca-na, $\alpha = 0,05$).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Panuje powszechne przekonanie, że zboża, będące ważnym elementem codziennej diety, są doskonałym źródłem naturalnego błonnika pokarmowego, pozytywnie oddziałującego na organizm człowieka. Poszczególne gatunki zbóż różnią się jednak składem chemicznym, w tym także zawartością i składem frakcyjnym błonnika pokarmowego (tab. 1 i 2). Bez wątplenia jednym z najważniejszych zbóż jest pszenica, która jest jednak słabym źródłem najbardziej wartościowych frakcji błonnika pokarmowego; jest bogata w błonnik nierozpuszczalny, natomiast bardzo uboga w błonnik rozpuszczalny. Średnia zawartość WIDF i WSDF w badanych odmianach pszenicy wyniosła odpowiednio 12,09 i 2,68% s.m. Zawartość poszczególnych frakcji błonnika jest zróżnicowana w zależności od odmiany. Wysoką zawartością frakcji WSDF charakteryzuje się zarówno ziarno jęczmienia, jak i owsa (tab. 2). Średnia za-

wartość tej frakcji wyniosła odpowiednio 6,55 i 6,28% s.m. Jest to więc wartość blisko 2,5-krotnie wyższa w porównaniu do średniej zawartości w badanym ziarnie pszenicy (2,68 % s.m.). Ze względu na nierównomierne rozmieszczenie (1→3) (1→4) β -D glukanów w ziarnie jęczmienia i owsa, które stanowią główny składnik WSDF, ich zawartość w poszczególnych przetworach jęczmiennych i owsianych może się znacznie różnić (Wirkijowska i in., 2012; Sykut-Domańska i in., 2016). W badanych otrębach owsianych odnotowano wyższą zawartość oznaczanych frakcji błonnika, oprócz ASDF i WIDF, w porównaniu do średniej zawartości w całym ziarnie. Ziarno owsa i jęczmienia charakteryzuje się także wyższą zawartością frakcji rozpuszczalnej w środowisku kwaśnym (ASDF) w porównaniu do ziarna pszenicy. Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość WSDF w jęczmieniu i owsie jest wyższa także w porównaniu do kaszy jaglanej i gryczanej. Zawartość frakcji WSDF w kaszy jaglanej wynosiła 1,25% s.m. i była też statystycznie niższa niż średnia zawartość tej frakcji w pszenicy. Zawartość WSDF w kaszach gryczanych wynosiła 2,53 i 3,90% s.m., odpowiednio dla kaszy niepalonej i prażonej. Tylko dla kaszy gryczanej prażonej odnotowano statystycznie wyższą zawartość WSDF z porównaniu do średniej zawartości w badanym ziarnie pszenicy. Zawartość ASDF w badanych kaszach mieściła się w zakresie od 4,96 do 5,55% s.m. i była niższa od średniej zawartości tej frakcji w pszenicy. Bardzo wysoką zawartością całkowitej frakcji rozpuszczalnej (SDF) odznacza się lędwian, wykazuje jednak przy tym bardzo mały udział frakcji WSDF, wartości wyniosły odpowiednio 25,47 i 4,38% s.m.

Przykładem kolejnego produktu zbożowego nie spełniającego kryteriów dobrego źródła błonnika jest kaszka kukurydziana, surowiec powszechnie stosowany w technologii zbóż śniadaniowych. Cechuje się on bardzo niską zawartością białka i bardzo niską zawartością błonnika pokarmowego. W badaniach własnych zawartość TDF i WSDF w kaszce kukurydzianej wyniosła odpowiednio 6,22 i 0,98% s.m. Ta negatywna cecha surowca przenosi się na produkty kukurydziane; są to wyroby o bardzo niskiej zawartości białka, bardzo niskiej zawartości błonnika pokarmowego i o bardzo niskim udziale błonnika rozpuszczalnego. Wprowadzenie komponentów wysokobłonnikowych, np. owsianych, do kukurydzianych produktów śniadaniowych może zdecydowanie poprawić ich jakość (Zarzycki, Rzedzicki, 2009).

Ziarno zbóż poddawane procesom przetwórczym (np. przemiał) traci znaczne ilości części bogatych w błonnik. Zmianie ulegają też proporcje pomiędzy frakcjami błonnika. Mąka pszenna standardowo używana do produkcji chleba (typ 650) zawiera znacznie mniej błonnika pokarmowego całkowitego w porównaniu do mąki z całego ziarna (tab. 1). Przeprowadzone badania wykazały, że jedynie w przypadku WSDF zawartość tej frakcji w mące (typ 650) nie różni się statystycznie istotnie od średniej zawartości tej frakcji w ziarnie badanych odmianach pszenicy.

Pieczywo jasne, preferowane przez konsumentów, mimo dużego spożycia, nie może być zatem głównym źródłem błonnika pokarmowego, co potwierdzają wcześniejsze badania (Kasprzak, Rzedzicki, 2009). Powszechnie uważa się, że pieczywo ciemne, pozyskane z mąki wysokowyciągowej, charakteryzuje się wyższą zawartością błonnika w porównaniu do pieczywa jasnego. Badania Rzedzickiego i Kasprzaka (2009) wykazały jednak bardzo duże zróżnicowanie zawartości tego składnika w poszczególnych sortymentach takiego pieczywa. Część sortymentów badanego pieczywa charakteryzowała się nie tylko bardzo niską zawartością błonnika, ale też niekorzystnym składem frakcyjnym. W tym kontekście należy zwrócić uwagę, że jednoskładnikowe wysokobłonnikowe produkty pszenne nie dostarczają cennych frakcji prebiotycznych, co wynika ze składu frakcyjnego błonnika pochodzącego z całego ziarna (tab. 1). Preferencje konsumenckie wobec pieczywa jasnego, przy jednoczesnym wzroście liczby osób cierpiących na nadwagę, otyłość i inne choroby dietozależne, generują konieczność wprowadzania do tego typu pieczywa komponentów wysokobłonnikowych, zwłaszcza o wysokiej zawartości frakcji prebiotycznych. Takimi komponentami są produkty owsiane oraz jęczmieniane, które spełniają wymagania prozdrowotne i jako naturalne surowce powinny

zostać na szeroką skalę wykorzystane do produkcji zbożowych wyrobów funkcjonalnych (Sánchez-Muniz, 2012).

W tabeli 3 przedstawiono wpływ dodatku razowej mąki jęczmienianej do tradycyjnego pieczywa pszennego na zawartość i skład frakcyjny błonnika pokarmowego. Do badań wybrano mąkę razową otrzymaną z ziarna jęczmienia STH 4566 charakteryzującego się najwyższą zawartością frakcji WSDF (tab. 2). Wprowadzenie razowej mąki jęczmienianej spowodowało istotny wzrost zawartości błonnika pokarmowego, w szczególności wzrost frakcji WSDF, w tym wyraźny wzrost zawartości (1→3) (1→4) β-D glukanów. W chlebie kontrolnym udział (1→3) (1→4) β-D glukanów we frakcji WSDF stanowił 9,2%, podczas gdy w chlebie z 12,5% dodatkiem mąki jęczmienianej udział ten wzrósł do 30,2%.

W dalszej kolejności badań określono wpływ dodatku mąki jęczmienianej na cechy jakościowe otrzymanego pieczywa (tab. 4). Wzrost dodatku mąki jęczmienianej miał nieznaczny wpływ na wydajność pieczywa, która mieściła się w zakresie od 136 do 144%. Takie tendencje mogą być spowodowane wzrostem zawartości błonnika pokarmowego, a zwłaszcza (1-3)(1-4)-β-D-glukanów i arabinoksylianów obecnych w jęczmieniu, wpływającym na ilość związanej wody i stopień jej zatrzymania podczas wypieku.

Tabela 1. Skład frakcyjny błonnika pokarmowego w pszenicy i produktach przemiału (% s.m.) (średnia ± odchylenie standardowe)
Table 1. Fractional compositions of dietary fibre in wheat and mill products (% d.b.) (mean value ± standard deviation).

Wyszczególnienie Specification	TDF	AIDF	SDF	ASDF	WSDF	WIDF
Pszennica; Wheat						
<i>cv</i> Satyna	15,88 a ±0,45	3,8 ab ±0,08	12,07 a ±0,26	9,39 a ±0,23	2,68 bc ±0,04	13,2 a ±0,47
<i>cv</i> Finezja	13,6 b ±0,42	3,16 b ±0,08	10,44 b ±0,22	8,18 b ±0,19	2,26 cd ±0,04	11,34 b ±0,37
<i>cv</i> Tonacja	15,31 a ±0,24	4,3 a ±0,1	11,01 ab ±0,17	8,05 b ±0,26	2,96 ab ±0,05	12,35 ab ±0,26
<i>cv</i> Anthus	14,31 ab ±0,3	3,85 a ±0,13	10,46 b ±0,27	7,63 b ±0,16	2,83 b ±0,09	11,48 b ±0,18
średnio average	14,78 ab ±0,98	3,78 ab ±0,44	11 ab ±0,73	8,31 ab ±0,72	2,68 bc ±0,28	12,09 ab ±0,84
Mąka pszenna; Wheat flour						
typ 450 type 450	4,29 d ±0,07	0,28 c ±0,01	4,01 d ±0,11	2,0 d ±0,04	2,01 d ±0,03	2,28 d ±0,05
typ 450 krupczatka course wheat flour type 450	7,07 c ±0,17	0,25 c ±0,01	6,82 c ±0,16	3,45 c ±0,11	3,37 a ±0,1	3,7 c ±0,08
typ 550 type 550	4,78 d ±1	0,27 c ±0,01	4,51 d ±1	2,47 cd ±0,74	2,05 d ±0,26	2,73 cd ±0,74
typ 650 type 650	4,69 d ±0,07	0,36 c ±0,01	4,33 d ±0,12	1,66 d ±0,04	2,67 bc ±0,04	2,02 d ±0,04

Oznaczenia: Explanations:

TDF – błonnik całkowity, total dietary fibre; AIDF – błonnik nierozpuszczalny w środowisku kwaśnym, dietary fibre insoluble in an acidic environment; SDF – suma błonnika rozpuszczalnego w wodnym roztworze enzymów (WSDF) i błonnika rozpuszczalnego w środowisku kwaśnym (ASDF), sum of water-soluble dietary fibre (WSDF) and dietary fibre soluble in an acidic environment (ASDF); WIDF – błonnik nierozpuszczalny w wodnym roztworze enzymów, water-insoluble dietary fibre

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$); Means in the same column with the same letter are not significantly different (Duncan; $p \leq 0,05$)

Tabela 2. Skład frakcyjny błonnika pokarmowego wybranych zbóż niechlebnych i ich przetworów (% s.m.) (średnia ± odchylenie standardowe)

Table 2. Fractional compositions of dietary fibre in selected non-bread cereals and products (% d.b.) (mean value ± standard deviation).

Wyszczególnienie Specification	TDF	AIDF	SDF	ASDF	WSDF	WIDF
Jęczmień; Barley						
<i>cv</i> STH 4641	18,51 fg ±0,52	2,14 gfe ±0,05	16,38 e ±0,35	9,55 gfh ±0,23	6,83 c ±0,11	11,68 fde ±0,41
<i>cv</i> STH 4873	18,12 g ±0,56	1,67 gfe ±0,04	16,45 e ±0,35	10,20 gef ±0,23	6,25 dc ±0,10	11,87 fde ±0,39
<i>cv</i> STH5014	18,09 g ±0,28	1,66 gfe ±0,04	16,43 e ±0,26	9,86 gefh ±0,32	6,57 dc ±0,10	11,52 fe ±0,24
<i>cv</i> STH 4566	18,49 fg ±0,39	1,74 gfe ±0,06	16,75 de ±0,43	8,89 gh ±0,19	7,86 b ±0,26	10,63 f ±0,17
<i>cv</i> STH 4989	18,10 g ±0,28	1,43 gf ±0,05	16,67 de ±0,47	10,07 gef ±0,21	6,60 dc ±0,10	11,50 fe ±0,24
<i>cv</i> Stratus	22,84 cb ±0,55	4,75 b ±0,10	18,09 c ±0,43	12,89 b ±0,42	5,20 fe ±0,15	17,64 b ±0,37
średnio; average	19,03 fge ±1,82	2,23 gfed ±1,20	16,80 de ±0,68	10,24 gefd ±1,33	6,55 dc ±0,83	12,47 fde ±2,46
Owies; Oat						
<i>cv</i> Bajka	20,47 fde ±0,58	2,08 gfe ±0,04	18,39 c ±0,39	11,46 cebd ±0,28	6,93 c ±0,11	13,54 cfde ±0,48
<i>cv</i> Chwat	20,02 fgde ±0,62	2,5 cfed ±0,06	17,52 dce ±0,37	11,42 cebd ±0,26	6,10 dce ±0,09	13,92 cde ±0,45
<i>cv</i> Dukat	20,90 cde ±0,33	2,27 gfed ±0,05	18,63 c ±0,29	12,28 cb ±0,40	6,35 dc ±0,10	14,55 cd ±0,31
<i>cv</i> Krezus	20,10 fgde ±0,43	2,34 fed ±0,08	17,76 dc ±0,45	11,07 cefd ±0,23	6,69 dc ±0,22	13,41 cfde ±0,21
<i>cv</i> Sprinter	21,58 cd ±0,34	2,95 ced ±0,10	18,63 c ±0,53	12,95 b ±0,27	5,68 de ±0,09	15,90 cb ±0,34
<i>cv</i> Stoper	20,44 fde ±0,49	2,06 gfe ±0,04	18,38 c ±0,44	12,46 cb ±0,41	5,92 dce ±0,17	14,52 cd ±0,31
średnio; average	20,59 fde ±0,66	2,37 fed ±0,32	18,22 c ±0,54	11,94 cbd ±0,73	6,28 dc ±0,46	14,31 cde ±0,91
Kasza gryczana niepalona Untoasted buckwheat groats	9,53 ji ±0,04	1,46 gf ±0,07	8,07 h ±0,03	5,55 i ±0,04	2,53 h ±0,01	7,01 g ±0,03
Kasza gryczana prażona Toasted buckwheat groats	11,34 i ±0,15	2,05 gfe ±0,13	9,29 g ±0,28	5,39 i ±0,25	3,90 g ±0,03	7,44 g ±0,11
Kasza jagłana Millet groats	7,66 jk ±0,13	1,45 gf ±0,14	6,21 i ±0,01	4,96 i ±0,00	1,25 i ±0,02	6,41 g ±0,14
Otręby owsiane Oat bran	23,89 b ±0,21	3,58 cbd ±0,02	20,31 b ±0,23	10,36 gefd ±0,01	9,95 a ±0,21	13,94 cde ±0,01
Kaszka kukurydziana Corn grits	6,22 k ±0,02	0,87 g ±0,03	5,35 i ±0,05	4,37 i ±0,04	0,98 i ±0,01	5,24 g ±0,01
Lędwian Everlasting pea	33,35 a ±0,02	7,88 a ±0,01	25,47 a ±0,04	21,09 a ±0,01	4,38 gf ±0,02	28,97 a ±0,00
Pszenica średnio Wheat average	14,78 h ±0,98	3,78 cb ±0,44	11,00 f ±0,73	8,31 h ±0,72	2,68 h ±0,28	12,09 fde ±0,84

Objaśnienia – patrz tab. 1; Explanations – see Table 1

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$)Means in the same column with the same letter are not significantly different (Duncan; $p \leq 0,05$)

Podobne stanowisko prezentowane jest przez Wirkijowską i in. (2015). Odnotowano istotne obniżenie wartości upieku wraz ze zwiększeniem udziału mąki jęczmiennej. Zmiany te mają niezwykle istotne znaczenie praktyczne. Wprowadzane do receptur nowych dodatków nie powinno generować wysokich strat masy pieczywa, ponieważ będą one wtedy niechętnie stosowane przez piekarzy. Po-

dobny kierunek zmian wydajności pieczywa oraz wartości upieku obserwowano w przypadku zastosowania razowej mąki owsianej (Kasprzak i in., 2011). Jednym z podstawowych kryteriów oceny pieczywa przez konsumentów jest jego objętość. Dodatek mąki jęczmiennej w ilości do 7,5% powodował zwiększenie objętości pieczywa w porównaniu do pieczywa kontrolnego (0% mąki jęczmiennej),

Tabela 3. Skład frakcyjny błonnika pokarmowego w chlebie pszenno-jęczmiennym (% s.m.) (wartość średnia ± odchylenie standardowe, n = 5)

Table 3. Fractional compositions of dietary fibre in wheat-barley bread (% d.b.) (mean value ± standard deviation; n=5).

Udział razowej mąki jęczmiennej Share of wholemeal barley flour [%]	TDF	AIDF	SDF	ASDF	WSDF	WIDF	(1→3) (1→4) β-D glukany (1→3) (1→4) β-D glucan
-	4,46 e ±0,13	0,37 f ±0,01	4,09 e ±0,14	1,71 e ±0,18	2,39 b ±0,04	2,07 e ±0,17	0,22 f ±0,03
2,5	4,83 d ±0,03	0,4 e ±0	4,43 d ±0,02	2,01 d ±0,05	2,42 b ±0,02	2,4 d ±0,05	0,42 e ±0,01
5	5,3 c ±0,06	0,43 d ±0	4,87 c ±0,06	2,28 c ±0,05	2,59 b ±0,11	2,71 c ±0,05	0,53 d ±0
7,5	5,57 c ±0,24	0,47 c ±0	5,1 c ±0,23	2,55 b ±0,03	2,55 b ±0,2	3,02 b ±0,04	0,66 c ±0,02
10	6,15 b ±0,03	0,5 b ±0	5,65 b ±0,04	2,71 b ±0,04	2,94 a ±0	3,21 b ±0,04	0,82 b ±0,05
12,5	6,82 a ±0,05	0,54 a ±0,01	6,29 a ±0,05	3,11 a ±0,05	3,18 a ±0	3,65 a ±0,05	0,96 a ±0

Objaśnienia – patrz tab. 1; Explanations – see Table 1

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan, $p \leq 0,05$); Means in the same column with the same letter are not significantly different (Duncan; $p \leq 0,05$).

Tabela 4. Właściwości fizyczne pieczywa pszenno-jęczmiennego (wartość średnia ± odchylenie standardowe, n = 5)

Table 4. Physical properties of wheat-barley bread (mean value ± standard deviation; n = 5).

Udział razowej mąki jęczmiennej Share of wholemeal barley flour [%]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Upiek Baking loss [%]	Wilgotność miękkiszu Crumb moisture [%]	Objętość pieczywa ze 100 g mąki Volume of a loaf made from 100 g of flour [cm ³]	Ocena punktowa Pointwise evaluation
-	136,3 c ±1,8	8 a ±0,5	43,6 b ±0,5	429,2 bcd ±22,1	9 a ±0,1
2,5	137,9 c ±0,7	8,3 a ±0,5	45,9 a ±0,7	492,6 a ±45,8	8,9 a ±0,1
5	141,8 b ±0,5	6,3 b ±0,3	46 a ±0,2	465,9 ab ±8,3	8,8 ab ±0,2
7,5	143,4 ab ±0,8	5,4 c ±0,5	46,2 a ±0,2	446,4 bc ±17,4	8,5 bc ±0,2
10	144,3 a ±0,5	4,7 d ±0,2	46 a ±0,5	414,2 cd ±12,4	8,5 bc ±0,3
12,5	143,5 ab ±0,7	4,6 d ±0,3	46,5 a ±0,4	386,7 d ±10,6	8,3 c ±0,2

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan, $p \leq 0,05$); Means in the same column with the same letter are not significantly different (Duncan; $p \leq 0,05$).

wyższy dodatek mąki jęczmiennej (10 i 12,5%) wpływał negatywnie na tę cechę pieczywa. Obserwowane zmiany w większości nie są jednak statystycznie istotne. Nie odnotowano też istotnych różnic w wilgotności miękkiszu chlebow z dodatkiem mąki jęczmiennej, jakkolwiek w każdym z przypadków stwierdzono istotnie wyższą wilgotność w porównaniu do miękkiszu chleba kontrolnego. Otrzymane chleby charakteryzowały się korzystnymi cechami smakowo-zapachowymi, ich smak i zapach, barwa, grubość

skórki, elastyczność oraz wygląd zewnętrzny były w pełni akceptowane przez oceniających. Wyniki analizy sensorycznej wykazały tylko nieznaczne pogorszenie badanych cech pieczywa wraz ze wzrostem zawartości mąki jęczmiennej. Należy podkreślić, że sumaryczna ocena punktowa chleba z 12,5% dodatkiem mąki jęczmiennej nadal była wysoka i uległa obniżeniu w porównaniu do chleba kontrolnego tylko o ok. 8%. Wprowadzenie do receptury surowca jęczmiennego nie powodowało także poważniej-

szych różnic w prowadzeniu ciasta oraz wypieku chleba w porównaniu z ciastem i pieczywem wzorcowym.

Przed technologami zbóż stoi obecnie ogromne wyzwanie. Bez wątplenia zboża są głównym źródłem błonnika pokarmowego. Należy jednak opracować takie produkty zbożowe, które będą nie tylko akceptowane przez konsumentów, ale jednocześnie będą zawierały błonnik pokarmowy o wymaganym składzie frakcyjnym. Pomocne może być właściwe i bezpieczne stosowanie nowoczesnych technik przetwórczych zdolnych do kreowania produktów na bazie mieszanek surowcowych. Do produkcji takich wyrobów konieczne są odpowiednie surowce o możliwie wysokiej zawartości białka, błonnika całkowitego, o wysokim udziale błonnika rozpuszczalnego. Prowadzenie prac hodowlanych wymaga intensywnej współpracy hodowców z technologami żywności. Należy bowiem pamiętać, że właściwości funkcjonalne zależą nie tylko od grupy produktów, ale są modyfikowane przez procesy przetwórcze.

WNIOSKI

1. Spośród przebadanych surowców roślinnych szczególnie wysoką zawartością pożądaną frakcji błonnika rozpuszczalnego w wodnym roztworze enzymów (WSDF) (prebiotycznej) odznacza się ziarno owsa i jęczmienia. Odnotowano prawie 2,5-krotnie wyższą zawartość WSDF w ziarnie jęczmienia i owsa w porównaniu do średniej zawartości w ziarnie pszenicy oraz kaszach (jaglanej, gryczanej). Ziarno owsa i jęczmienia charakteryzuje się także wyższą zawartością frakcji rozpuszczalnej w środowisku kwaśnym (ASDF) w porównaniu do ziarna pszenicy.

2. Właściwa kompozycja mieszanek wypiekowych pozwala na otrzymanie pieczywa cechującego się podwyższoną zawartością rozpuszczalnych frakcji błonnika pokarmowego. Wprowadzenie razowej mąki jęczmiennej do chleba pszennego powoduje istotny wzrost zawartości błonnika pokarmowego, w szczególności zwiększenie udziału (1→3) (1→4) β-D glukanów we frakcji WSDF.

3. Dodatek mąki jęczmiennej w ilości do 12,5% nie wpłynął w znacznym stopniu na zmiany wydajności pieczywa. Wzrost udziału mąki jęczmiennej powoduje istotne obniżenie wartości upieku oraz zwiększenie wilgotności miękiszu. Nie odnotowano jednoznacznej zależności pomiędzy poziomem dodatku mąki jęczmiennej a objętością pieczywa otrzymanego ze 100 g mąki.

4. Otrzymane chleby pszenno-jęczmienne charakteryzowały się korzystnymi cechami smakowo-zapachowymi, również ich barwa, grubość skórki, elastyczność oraz wygląd zewnętrzny były w pełni akceptowane przez oceniających. Analiza sensoryczna wykazała tylko nieznaczne pogorszenie badanych cech pieczywa wraz ze wzrostem udziału mąki jęczmiennej.

PIŚMIENNICTWO

- AACC, 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.
- Brera C., Catano C., De Santis B., Debegnach F., De Giacomo M., Pannunzi E., Miraglia M., 2006.** Effect of industrial processing on the distribution of aflatoxins and zearalenone in corn-milling fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 5014-5019.
- Castro I.A., Monteiro V.C.B., Barroso L.P., Bertolami M.C., 2007.** Effect of eicosapentaenoic/docosahexaenoic fatty acids and soluble fibers on blood lipids of individuals classified into different levels of lipidemia. *Nutrition*, 23: 127-137.
- Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S.S., Webb C., 2002.** Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79: 131-141.
- Cheli F., Pinotti L., Rossi L., Dell'Orto V., 2013.** Effect of milling procedures on mycotoxin distribution in wheat fractions: A review. *LWT – Food Science and Technology*, 54(2): 307-314.
- Davidson M.H., Mc Donald A., 1998.** Fiber: forms and function. *Nutrition Research*, 18(4): 617-624.
- De Vries J.W., 2010.** Validating official methodology commensurate with dietary fiber research and definitions. ss. 29-48. W: *Dietary fiber – new frontiers for food and health*; red. Van der Kamp J.W., Jones J., McCleary B., Topping D., Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- EFSA, 2010. Panel of Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 2010, 8, 3, 1462 [77pp], doi: 10.2903/j.efsa.2010.1462.
- FDA, 2006. Petition for health: Claim barley beta fiber and coronary heart disease. FDA Office Of Nutritional Products. Labeling and Dietary, Supplements (HFS-800) 5100: 1-9.
- Greenwald P., Clifford C.K., Milner J.A., 2001.** Diet and cancer prevention. *European Journal of Cancer*, 37: 948-965.
- GUS, 2014. Mały rocznik statystyczny.
- Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J., 2007.** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 4: 327-347.
- Jakubczyk T., Haber T., 1981.** Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Mckeown-Eyssen G., Josse R.G., Silverberg J., Booth G.L., Vidgen E., Josse A.R., Nguyen T.H., Corrigan S., Banach M.S., Ares S., Mitchell S., Emam A., Augustin L.S.A., Parker T.L., Leiter L.A., 2008.** Effect of a low-glycemic index or a high cereal fiber diet on type 2 diabetes: a randomized trial. *JAMA*, 300(23): 2742-2753.
- Kasprzak M., Rzedzicki Z., 2009.** Analiza właściwości fizycznych oraz składu chemicznego pieczywa jasnego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLII(3): 270-276.
- Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sykut-Domańska E., 2011.** Wpływ dodatku razówki owsianej na cechy jakościowe chleba pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1(74): 124-139.
- Kristensen M., Jensen M.G., 2011.** Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 56: 65-70.

- Liu R.H., 2007.** Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 46: 207-219.
- Lupton J.R., 2000.** Is fiber protective against colon cancer? Where the research is leading us. *Nutrition*, 16(7-8): 558-561.
- McIntosh G.H., Noakes M., Royle P.J., 2003.** Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle aged men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 967-974.
- O'Connell J.M., Sweeney T., Callan J.J., O'Doherty J.V., 2005.** The effect of cereal type and exogenous enzyme supplementation in pig diets on nutrient digestibility, intestinal microflora, volatile fatty acid concentration and manure ammonia emissions from pigs. *Animal Science*, 81: 357-364.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo – Metody badań.
- Podolska G., Boguszewska E., 2015.** Zanieczyszczenie ziarna pszenicy mykotoksynami fuzaryjnymi w zależności od frakcji przemiału. s. 146. W: XLII Sesja Naukowa Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk ŻYWNOSĆ – ZDROWIE – PRZYSZŁOŚĆ. Materiały konferencji naukowej. Lublin 25-26 czerwca. ISBN 978-83-935421-6-1
- Rzedzicki Z., 2009.** Fractional composition of dietary fibre – new approach. s. 166. W: Proceedings of 4th International Dietary Fibre Conference, Vienna, Austria.
- Rzedzicki Z., Kasprzak M., 2009.** Badania składu chemicznego wybranych sortymentów pieczywa ciemnego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLII(3): 277-281.
- Sánchez-Muniz F.J., 2012.** Dietary fibre and cardiovascular health. *Nutrition Hospitalaria*, 27(1): 31-45.
- Sayar S., Jannink J.L., White P.J., 2006.** In vitro bile acid binding activity within flour fractions from oat lines with typical and high β -glucan amount. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 5142-5148.
- Sykut-Domańska E., Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A., Błaszczak W., 2016.** Distribution of (1,3)(1,4)- β -D-glucans in grains of Polish oat cultivars and lines (*Avena sativa* L.) – Short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(1): 51-56.
- Van Soest P.J., 1963.** Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of A.O.A.C.*, 46: 829-835.
- Van Soest P.J., Wine R. H., 1967.** Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of A.O.A.C.*, 50: 50-51.
- Weickert M., Mohlig M., Schoff C., Arafat A., Otto B., Viehoff H., Koebnick C., Kohl A., Spranger J., Pfeiffer A., 2006.** Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. *Diabetes Care*, 29: 775-780.
- Wirkijowska A., Rzedzicki Z., Kasprzak M., Błaszczak W., 2012.** Distribution of (1-3)(1-4)- β -D-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley. *Journal of Cereal Science*, 56(2): 496-503.
- Wirkijowska A., Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A., Sykut-Domańska E., Kuzawińska E., Bartoszek K., Mleko S., Tomczyńska-Mleko M., 2015.** Wpływ dodatku razówki jęczmiennej na wybrane cechy jakościowe pieczywa. ss. 299-309. W: Technologiczne kształtowanie jakości żywności; red.: Wójciak K.M. i Dolatowski Z.J., ISBN 978-83-935421-9-2.
- World Health Organization, 2014. *Global Health Estimates: Deaths by Cause, Age, Sex and Country, 2000-2012*. Geneva.
- Wu F., Bhatnagar D., Bui-Klimke T., Cardone I., Hellmich R., Munkvold G., Paul P., Payne G., Takle E., 2011.** Climate change impacts on mycotoxin risks in US maize. *World Mycotoxin Journal*, 4: 79-93.
- Zarzycki P., Rzedzicki Z., 2009.** Changes in dietary fibre fractional composition of multi-cereal blends caused by extrusion. *International Agrophysics*, 23: 287-293.

Z. Rzedzicki, P. Zarzycki, A. Wirkijowska, A. Sobota,
E. Sykut-Domańska, K. Bartoszek, E. Kuzawińska

NON-BREAD CEREALS THE SOURCE OF FIBRE IN THE PREVENTION AND COMBATING OF CIVILIZATION DISEASES

Summary

Knowledge of fibre fraction in foods and food products is extremely important in the prevention and treatment of lifestyle diseases. Dietary fibre as a food ingredient is a very heterogeneous complex of chemical compounds; the individual fibre fractions have a different physiological effect on human body. The aim of the study was to determine the fractional composition of dietary fibre in selected non-bread cereals and in products which contain inclusions from non-bread cereals. For comparative purposes specified amount of fibre selected varieties of wheat and milling products. In the samples total fibre, soluble fibre in an aqueous enzyme solution (WSDF), fibre soluble in acid (ASDF), water-insoluble fibre in an aqueous enzyme solution and insoluble fibre under acidic conditions were determined. Studies have shown that fibre non-bread cereals (barley, oats) can be an extremely valuable source of soluble fibre fractions which play an important prebiotic role. The content of WSDF in barley and oat grains was over two times higher compared to the average content of WSDF in wheat grains and groats (millet, buckwheat). Oat and barley grains were also characterized by a higher content of ASDF. Increasing the share of wholemeal barley flour in bread, resulted in a significant increase in dietary fibre content. In particular, increase in the proportion of (1 → 3) (1 → 4) β -D-glucans in the WSDF fraction was observed. The share of (1 → 3) (1 → 4) β -D-glucans, in the bread control (0% barley flour), accounted for 9.2% of the total WSDF fraction while in the bread with the 12.5% addition of barley flour the share of (1 → 3) (1 → 4) β -D-glucans increased to as much as 30.2% of the total WSDF fraction.

key words: dietary fibre, oat, barley, civilization diseases, prebiotics