

*Dr hab. Danuta Boros, prof. nadzw. IHAR-PIB
Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut
Badawczy w Radzikowie*



ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH I BIOAKTYWNYCH W ZIARNIE ODMIAN PSZENICY ZWYCZAJNEJ

*Opublikowano w: Zboża - wszechstronne wykorzystanie. Poradnik dla producentów.
Specjalny dodatek do dwutygodnika „Agro Serwis” wyd.V:57-66.*

Ziarno pszenicy jest podstawowym zbożem konsumpcyjnym w Polsce, wykorzystywanym do produkcji chleba i pozostałych wyrobów piekarniczych, jak również do wyrobu makaronów oraz innych różnorodnych produktów mącznych. Z racji dużego udziału w naszym pożywieniu pszenica dostarcza wielu składników odżywczych, przede wszystkim energii, a także białka oraz witamin głównie z grupy B. W krajach uprzemysłowionych produkty zbożowe ogółem pokrywają blisko 50% dziennego zapotrzebowania na węglowodany, 30% na białko i do 60% na witaminy z grupy B. Ziarno pszenicy jest jednocześnie bardzo ważnym źródłem substancji bioaktywnych o właściwościach prozdrowotnych. Substancjami tymi są błonnik pokarmowy, z jego głównymi składnikami takimi jak arabinoksylany, oligosacharydy i lignina, następnie fityniany i cała, pozostała po ligninie, gama związków fenolowych, w tym kwasy fenolowe i alkilorezorcynole. Z uwagi na wysokie plonowanie i dużą wartość żywieniową pszenica jest także zbożem wykorzystywanym powszechnie dla celów paszowych. Każdy ze sposobów użytkowania ziarna pszenicy ma inne, często odmienne wymagania, odnoszące się do zawartości składników. Ziarno o składzie chemicznym spełniającym specyficzne wymagania przemysłu, dla którego byłoby ono odpowiednim surowcem, przy zachowaniu wszystkich innych korzystnych cech, staje się poszukiwanym towarem na rynku zbożowym.

Utrzymująca się tendencja niższego spożycia pieczywa oraz nowe prawo żywnościowe pozwalające na znakowanie produktów spożywczych oświadczeniami żywieniowymi i zdrowotnymi są czynnikami sprawczymi poszukiwania odmian pszenicy o wysokiej zawartości składników bioaktywnych, które należałoby wykorzystywać do produkcji wyrobów zbożowych o wzbogaconej ilości cennych bioskładników. Taki między innymi cel przyświecał szeroko prowadzonemu w latach 2005-2010 pracom badawczym, w ramach projektu unijnego „HEALTHGRAIN”, w których badaniami objęto całe ziarno, mąkę i otręby 150 odmian pszenicy zwyczajnej, w tym 3 odmian polskich Korwety, Alby i Begry. Odmiany wytypowane do badań były odmianami albo o największym areale uprawy w 25 krajach na całym świecie, albo wyróżniały się określonymi cechami jakościowymi. Jako współwykonawcy projektu HEALTHGRAIN byliśmy odpowiedzialni za badania dotyczące analizy błonnika pokarmowego oraz jego cechy lepkości.

W świetle tych potrzeb podjęliśmy się utworzenia biblioteki składu chemicznego ziarna wszystkich odmian różnych gatunków zbóż z Krajowego Rejestru pod kątem zawartości substancji odżywczych, bioaktywnych i antyżywnościowych, celem ich właściwego i wszechstronnego wykorzystania. Prace analityczne rozpoczęliśmy w 2008 roku w ramach Programu Wieloletniego IHAR – PIB. W niniejszym artykule przedstawiam skład chemiczny

ziarna odmian pszenicy ozimej i jarej i na jego podstawie wyodrębnić odmian o najwyższej wartości odżywczej i prozdrowotnej oraz paszowej.

Tytułem wstępu nieco uwagi chciałabym poświęcić tym składnikom ziarna, spośród całej grupy związków o charakterze prozdrowotnym, które w ziarnie pszenicy występują w największych ilościach i które były przedmiotem naszych szczegółowych badań analitycznych. Składnikami tymi są błonnik pokarmowy i alkilorezorcynole.

Błonnik pokarmowy

Definicja błonnika pokarmowego (inna nazwa włókno pokarmowe) ewoluowała przez lata. Przez okres prawie 20 lat pod pojęciem tym rozumieliśmy jadalne części roślin lub analogowych węglowodanów, które nietrawione i niewchłaniane w jelicie cienkim człowieka ulegają częściowo lub całkowicie fermentacji w jelicie grubym, wywierają korzystne efekty fizjologiczne, regulują poziom cholesterolu i glukozy we krwi oraz ułatwiają wypróżnianie. Przez wiele lat błonnik pokarmowy obejmował tylko składniki roślinnych ścian komórkowych, obecnie w skład błonnika wchodzi inne związki niebędące składnikami ścian komórkowej.

Nowe prawo żywnościowe Unii Europejskiej spowodowało ponowną dyskusję nad definicją błonnika pokarmowego. Ustalono definicję Komisji Kodeksu Żywnościowego (CAC-FAO/WHO - ALINORM 06/29/26) oraz definicję unijną (2008/100/EG). Obie te definicje dość zbieżne różnią się od poprzedniej tym, że kładą większy nacisk na potrzebę włączenia do pojęcia błonnika pokarmowego jego korzystnych efektów fizjologicznych łącznie z klasyfikacją komponentów strukturalnych.

Według unijnej definicji błonnik pokarmowy stanowią polimery węglowodanów ze stopniem polimeryzacji nie mniejszym, niż 3, które nie są ani trawione ani wchłaniane z jelita cienkiego (definicja wyklucza zatem cukry proste, mono- i disacharydy).

Błonnik pokarmowy składa się z:

- jadalnych polimerów węglowodanowych naturalnie występujących w żywności,
- polimerów węglowodanowych uzyskanych z naturalnych surowców drogą obróbki fizycznej, enzymatycznej i chemicznej,
- syntetycznie otrzymanych polimerów węglowodanowych.

Korzystne działanie błonnika pokarmowego obejmuje:

- skrócenie czasu pasaży treści jelitowej i zwiększenie masy kałowej,
- fermentację jelitową prowadzącą do zwiększonej produkcji kwasu masłowego,
- obniżenie poziomu cholesterolu ogółem i LDL jak również po-posiłkowej glukozy oraz insuliny we krwi.

Oprócz nieskrobiowych polisacharydów i oligosacharydów w skład błonnika pokarmowego wchodzi jeszcze 3 dalsze grupy związków, a mianowicie kwasy uronowe, lignina i substancje powiązane z nieskrobiowymi polisacharydami i ligniną, jak woski, kutyny, suberyny, saponiny, fityniany i taniny. Z chemicznego punktu widzenia błonnik pokarmowy jest, więc związkiem bardzo heterogennym i dlatego w tak wieloraki sposób korzystnie wpływającym na nasze zdrowie i dobre samopoczucie. Pod względem rozpuszczalności w wodzie i powiązane z tą cechą różne działanie fizjologiczne w przewodzie pokarmowym człowieka błonnik pokarmowy można podzielić na:

- ***Błonnik rozpuszczalny.*** W przypadku pszenicy stanowią go głównie arabinoksylany rozpuszczalne w wodzie, które tworzą lepkie roztwory w środowisku wodnym. Lepkość arabinoksylanów, podobnie jak β -glukanu, jest czynnikiem odpowiedzialnym w największym stopniu za działanie funkcjonalne błonnika, wpływa regulująco na przemiany metaboliczne tłuszczów i węglowodanów. W organizmie człowieka rozpuszczalne arabinoksylany są fermentowane przez mikroflorę jelitową do krótkołańcuchowych

kwasów tłuszczowych, wywierających szereg efektów korzystnych na funkcjonowanie jelita. To korzystne działanie może być wzmocnione na skutek działania enzymów bakteryjnych w jelitach, pod wpływem których arabinoksylany ulegając degradacji do krótszych polimerów wykazują działanie podobne do działania oligosacharydów, a mianowicie wykazują działanie prebiotyczne, stymulujące rozwój pożądanej mikroflory.

- **Błonnik nierozpuszczalny.** Tworzą go nierozpuszczalne w wodzie hemicelulozy, celuloza, i lignina. Charakteryzuje się on dużą opornością na działanie drobnoustrojów, ma wpływ na pracę jelita cienkiego i grubego, przyczynia się do zwiększenia mas kałowych, jest rozcieńczalnikiem dla substancji toksycznych i kwasów żółciowych, przyspiesza perystaltykę jelit, a także absorbuje i wiąże związki toksyczne, co ma wpływ na zmniejszenie ich wchłaniania z przewodu pokarmowego.

Podsumowując tę część artykułu obecność błonnika pokarmowego w pożywieniu człowieka przynosi bardzo wiele korzyści. To korzystne działanie błonnika pokarmowego wiąże się w największym stopniu z jego wpływem na gospodarkę lipidową organizmu i metabolizm węglowodanów oraz regulacją czynności przewodu pokarmowego. W efekcie dieta bogata w błonnik zmniejsza ryzyko wystąpienia takich chorób jak: miażdżyca, choroba niedokrwienna serca, cukrzyca typu 2 (insulinoniezależna), czy otyłość. Obecność błonnika pokarmowego w codziennym pożywieniu zapobiega także powstawaniu nowotworów jelita grubego.

Alkilorezorcynole

Alkilorezorcynole charakteryzują się różnymi właściwościami biologicznymi. Wykazują silną aktywność antybakteryjną, grzybobójczą i cytotoksyczną poprzez regulowanie procesów wzrostu komórkowego, hamowanie syntezy DNA i RNA, zaburzenie aktywności enzymatycznej białek, jak również oddziaływanie z błonami biologicznymi i regulację procesów utleniania lipidów. Alkilorezorcynole podobnie jak inne związki fenolowe działają w organizmie także, jako antyoksydanty. Właściwości antyoksydacyjne związków fenolowych polegają na eliminowaniu reaktywnych form tlenu, blokowaniu i zmiataniu wolnych rodników, nasileniu dysmutacji wolnych rodników do związków o znacznie mniejszej reaktywności, chelatowaniu metali prooksydacyjnych, hamowaniu lub wzmacnianiu działania wielu enzymów. Związki fenolowe mogą ponadto wzmacniać działanie innych antyoksydantów, np. witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i niskocząsteczkowych substancji rozpuszczalnych w wodzie. Wskutek wymienionych właściwości są zaliczane do jednych z najskuteczniejszych substancji strzegących przed chorobami nowotworowymi, zapobiegają chorobie niedokrwiennej serca, opóźniają procesy starzenia, w rezultacie wpływają pozytywnie na jakość życia.

Obecność alkilorezorcynoli w ziarnie zbóż wiąże się prawdopodobnie z ich aktywnością fitoncydową, czyli chroniącą ziarniaki przed zagrożeniami z zewnątrz w okresie kielkowania, zbioru i magazynowania. Zagrożeniami tymi są najczęściej grzyby i bakterie, ale także roztocze, owady, ptaki i gryzonie.

Od końca lat 60-tych minionego stulecia przez okres ponad 20 lat alkilorezorcynolom przypisywano działanie li tylko antyżywniowe, pogarszające wskaźniki produkcyjne zwierząt gospodarskich. To antyżywniowe działanie alkilorezorcynoli odnosiło się wyłącznie do ziarna żyta, które zawiera najwięcej tych związków w porównaniu z innymi zbożami i opierało się niemalże wyłącznie na wynikach jednej pracy doktorskiej. Późniejsze badania zapoczątkowane w połowie lat 80-tych, między innymi przeprowadzone w IHAR pod kierunkiem prof. dr hab. M. Rakowskiej, nie potwierdziły niekorzystnego działania alkilorezorcynoli ani na spożycie, ani na przyroście zwierząt monogastrycznych. Do wyciągnięcia takiego wniosku upoważniły nas wyniki wielu doświadczeń modelowych wykonanych na kurczętach i szczurach, którym podawano diety oparte na ziarnie żyta o obniżonej, na drodze hodowlanej, zawartości alkilorezorcynoli do ich poziomu w ziarnie

pszenicy oraz diety syntetyczne z dodanymi wyizolowanymi i oczyszczonymi (przez zespół z Uniwersytetu Wrocławskiego) alkilorezorcynolami ziarna żyta, pszenżyta i pszenicy w ilości odpowiadającej ich średniej koncentracji w ziarnie żyta. Wyniki tych doświadczeń opublikowano w Acta Alimentaria Polonica w latach 1990-1992.

W ostatnim dziesięcioleciu wykonano sporo badań nad możliwością użycia alkilorezorcynoli jako potencjalnego selektywnego biomarkera spożycia produktów zbożowych wytworzonych z pełnego ziarna żyta i pszenicy. Badania wykonane głównie przez badaczy szwedzkich wykazały wzrost stężenia alkilorezorcynoli w osoczu wraz ze zwiększonym spożyciem produktów całościarnych. Postulowano także, aby związki te wykorzystać do badania źródła pochodzenia spożytych produktów zbożowych. W takim podejściu wykorzystano relatywnie stały skład homologów alkilorezorcynoli w obrębie danego gatunku zboża, a bardzo zróżnicowany między różnymi gatunkami zbóż. Wskaźnikiem źródła pochodzenia alkilorezorcynoli miałyby być stosunek homologów nasyconych C17 do C21 w całkowitym stężeniu tych związków fenolowych w osoczu, wynoszący około 1.0 w życie, 0.1 w pszenicy i 0.01 w pszenicy twardej.

Zawartość składników odżywczych i bioaktywnych

Badania składu chemicznego wykonano w ziarnie 57 odmian pszenicy zwyczajnej, reprezentujących 38 odmian formy ozimej i 19 formy jarej z Krajowego Rejestru. Każdy taki zestaw prób ziarna pochodził z 3 różnych rejonów agro-klimatycznych Polski, a mianowicie z rejonu zachodniego (Świebodzin-Chrząstowo), północno-wschodniego (Krzyżewo-Marianowo) i południowego (Węgrzce) ze 2008 roku zbioru. Wyniki tu prezentowane są wartościami średnimi danego składnika z 3 lokalizacji uprawy ziarna. Skład chemiczny obejmował ogółem 15 komponentów ziarna pozwalających na pełną charakterystykę wartości odżywczej, prozdrowotnej i paszowej ziarna, jak również interakcję genotypowo-środowiskową. Komponentami tymi były: białko, składniki mineralne, lipidy, skrobia przyswajalna, kompleks błonnika pokarmowego i alkilorezorcynole. Analizowanymi składnikami błonnika były nieskrobiowe polisacharydy, udział w nich frakcji rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych, w tym polimerów arabinoksylianów, kwasy uronowe oraz lignina Klasona. Określono także lepkość ekstraktu ziarna jako głównego wskaźnika opowiadającego za funkcjonalne działanie ziarna zbóż i jego wartości paszowej. Wyniki są prezentowane w przeliczeniu na suchą masę. Dodatkowo określono cechy fizyczne ziarna takie jak masę tysiąca ziarniaków i masę objętościową. Wszystkie analizy wykonano metodami standardowymi, rekomendowanymi do charakterystyki jakości użytkowej ziarna zbóż (wg AACC, ICC i AOAC).

Zawartość składników odżywczych jak i błonnika pokarmowego oraz innych związków o charakterze bioaktywnym w ziarnie pszenicy jest cechą odmianową, uwarunkowaną genetycznie jednakże modyfikowaną przez warunki środowiska, w którym ziarno zostało produkowane. Zmienność genotypową w obrębie 57 odmian pszenicy zwyczajnej dla poszczególnych składników ziarna jako wartość średnią ich zawartości z trzech lokalizacji produkcji ziarna przedstawiają Tabele 1-4. Różne odmiany pszenicy w bardzo różny sposób reagują na zmienne warunki glebowo-klimatyczne w odniesieniu do składu chemicznego (Tabele 5-6). W tym względzie można wyróżnić odmiany stabilne, które niezależnie od warunków uprawy, zachowują prawie niezmienny skład chemiczny ziarna, bądź wybranych jego składników. Są odmiany także i takie, których skład chemiczny ziarna ogółem lub różnych składników zmienia się nawet bardzo znacznie pod wpływem zmiennych warunków agro-klimatycznych.

Przydatność ziarna dla różnych kierunków użytkowania ziarna jest determinowana zawartością określonych składników ziarna. Biorąc pod uwagę zespół cech jakościowych, a więc zawartość wybranych składników ziarna determinujących jego daną wartość użytkową

wyliczyliśmy na podstawie uzyskanych wyników sumaryczne wskaźniki przydatności ziarna 57 odmian pszenicy dla trzech kierunków wykorzystania według następujących wzorów:

- wartość odżywczą, jako sumę zawartości składników odżywczych (SSO) – białka, lipidów, składników mineralnych i skrobi przyswajalnej,
- właściwości bioaktywne (WBIO), jako iloczyn zawartości błonnika pokarmowego i lepkości ekstraktu powiększony o poziom alkilorezorcynoli,
- wartość paszową (WPASZ), jako iloraz SSO i iloczynu zawartości ligniny i lepkości ekstraktu wodnego ziarna.

Wyniki tych badań pozwoliły na wyodrębnienie odmian pszenicy zwyczajnej, formy ozimej i jarej, o najwyższej wartości odżywczej i prozdrowotnej ziarna, które powinny być intensywnie promowane jako surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej. Biorąc pod uwagę zawartość głównych funkcjonalnych składników ziarna pszenicy, błonnika pokarmowego i lepkie właściwości ekstraktu wodnego ziarna, odmianami rekomendowanymi do większego użytkowania na cele spożywcze są Rapsodia, Trend, Satyna, Turkis i Markiza spośród form ozimych oraz Trappe Parabola i Korynta spośród form jarych (Rysunek 1). Dla tych odmian wartość wskaźnika WBIO była powyżej 29, podczas gdy najniższe jego wartości oscylowały w granicach 17-19. Warto zwrócić uwagę, że odmiany o wysokich właściwościach bioaktywnych charakteryzują się niską wartością paszową. Jest to spowodowane tym, że w odchowcie zwierząt rzeźnych liczy się przede wszystkim maksymalizacja zysków. Stąd najbardziej cenne są takie komponenty mieszanek paszowych, które zostaną w maksymalny sposób wykorzystane przez karmione nimi zwierzęta. Ziarno zbóż w zależności od okresu i celu odchowu zwierząt może stanowić od 50 do nawet 90% udziału w mieszance paszowej dla świń i kurcząt brojlerów. Z tego względu każdy składnik ziarna, który obniża strawność i przyswajalność podstawowych składników odżywczych jest uznawany za czynnik antyżywnościowy. Wyniki wielu badań żywieniowych dowiodły w sposób niepodważalny, iż takim czynnikiem są arabinoksylany rozpuszczalne w wodzie, charakteryzujące się wysoką lepkością. Cecha lepkości arabinoksylanów jest odpowiedzialna za niską strawność i przyswajalność wszystkich składników odżywczych z mieszanki paszowej w dolnej części przewodu pokarmowego zwierząt jednożołądkowych. Najbardziej przydatnym do sporządzania mieszanek paszowych dla tych zwierząt będzie zatem ziarno odmian charakteryzujących się wysoką zawartością skrobi, ale jak najniższą zawartością włókna o niskiej lepkości ekstraktu wodnego.

Tabela 1. Cechy fizyczne, MTZ i MHL oraz zawartość podstawowych składników odżywczych i alkilorezorcynoli (AR) w ziarnie odmian pszenicy ozimej [% s.m.]

Lp.	Odmiana	MTZ [g]	MHL [kg/hl]	Białko	Popiół	Lipidy	Skrobia	AR [mg/kg]
1	Akteur	48.2	81.4	12.3	1.63	2.20	67.0	486
2	Alcazar	44.0	74.5	11.9	1.57	2.27	64.9	519
3	Anthus	43.7	78.1	11.2	1.56	2.35	67.2	468
4	Batuta	47.7	79.6	12.1	1.52	2.60	66.3	466
5	Bogatka	51.0	79.8	12.1	1.53	2.41	61.9	537
6	Boomer	41.6	78.9	12.1	1.60	2.26	64.9	546
7	Dorota	39.1	77.5	11.4	1.58	2.39	66.3	536
8	Figura	45.1	79.3	12.7	1.50	2.37	65.2	513
9	Finezja	43.9	81.0	13.2	1.51	2.32	66.4	391
10	Flair	43.0	76.1	11.3	1.64	2.08	66.8	410
11	Fregata	46.5	82.2	13.2	1.54	2.54	65.1	534
12	Garantus	39.0	80.3	12.3	1.54	2.37	65.5	519
13	Kobiera	43.1	79.3	11.7	1.56	2.64	64.3	565
14	Kris	44.5	78.1	11.6	1.65	2.25	64.7	583
15	Legenda	46.5	82.6	13.2	1.53	2.56	64.5	493
16	Ludwig	49.5	80.9	12.5	1.58	2.38	63.2	523
17	Markiza	41.8	77.1	12.3	1.66	2.15	63.0	536
18	Meteor	48.5	80.0	12.0	1.61	2.53	62.8	558
19	Mewa	49.3	79.2	12.6	1.57	2.49	64.6	550
20	Muza	45.4	80.4	12.9	1.57	2.83	62.3	525
21	Nadobna	43.8	79.2	11.4	1.60	2.32	64.5	520
22	Naridana	46.9	78.4	12.2	1.52	2.47	63.8	460
23	Nateja	48.0	78.9	12.3	1.54	2.49	64.7	471
24	Nutka	48.2	79.9	11.7	1.64	2.15	64.1	545
25	Ostka Strz.	43.7	78.0	13.2	1.66	2.51	61.1	500
26	Rapsodia	45.0	75.8	10.9	1.60	2.41	63.7	542
27	Rywalka	49.9	82.0	12.5	1.55	2.53	64.3	467
28	Sakwa	48.0	79.8	11.7	1.61	2.40	62.5	585
29	Satyna	47.7	79.2	12.2	1.62	2.14	62.3	386
30	Smuga	44.7	79.7	13.0	1.46	2.44	60.2	621
31	Sukces	47.6	80.0	12.5	1.64	2.16	60.9	634
32	Tonacja	48.7	79.7	12.4	1.57	2.03	62.2	606
33	Trend	45.9	76.7	11.7	1.59	2.05	64.9	576
34	Turnia	44.0	79.3	11.8	1.58	2.49	62.9	586
35	Türkis	49.9	79.3	12.5	1.61	2.52	62.1	519
36	Wydma	42.7	82.0	11.8	1.57	2.24	63.4	447
37	Zawisza	44.6	82.0	12.9	1.64	2.13	61.8	475
38	Zyta	46.4	81.4	13.7	1.69	2.31	62.0	631
Wartość średnia		45.7	79.4	12.2	1.6	2.4	63.9	522
Zmienność [%]		6	2	5	3	8	3	12

Tabela 2. Zróżnicowanie zawartości błonnika pokarmowego ogółem i jego głównych składników oraz lepkości wodnego ekstraktu ziarna odmian pszenicy ozimej [% s.m.]

Lp.	Odmiana	NSP	w tym WE-AX	Kwasy uronowe	Lignina	Błonnik pokarmowy	WEV [mPa.s]
1	Akteur	8.1	0.61	0.25	2.7	11.1	1.88
2	Alcazar	9.0	0.65	0.23	3.3	12.5	2.10
3	Anthus	8.1	0.71	0.22	2.3	10.7	2.22
4	Batuta	9.0	0.66	0.24	2.6	11.8	1.84
5	Bogatka	7.9	0.58	0.24	2.7	10.9	1.80
6	Boomer	8.0	0.80	0.20	2.3	10.5	2.63
7	Dorota	8.5	0.87	0.23	2.8	11.6	2.29
8	Figura	8.6	0.65	0.22	2.6	11.5	1.74
9	Finezja	8.2	0.49	0.22	2.7	11.1	1.67
10	Flair	8.5	0.68	0.25	2.6	11.4	1.92
11	Fregata	8.4	0.48	0.26	3.0	11.6	1.56
12	Garantus	9.4	0.63	0.24	2.7	12.4	1.76
13	Kobiera	8.0	0.56	0.23	2.8	11.0	1.64
14	Kris	8.8	0.66	0.26	2.7	11.8	1.92
15	Legenda	7.7	0.54	0.24	2.8	10.7	1.77
16	Ludwig	9.2	0.64	0.27	2.8	12.3	1.89
17	Markiza	9.1	0.76	0.28	2.5	11.8	2.45
18	Meteor	8.4	0.67	0.26	2.5	11.2	2.30
19	Mewa	8.2	0.48	0.25	2.8	11.3	1.49
20	Muza	9.5	0.53	0.27	3.0	12.8	1.77
21	Nadobna	8.2	0.59	0.26	2.6	11.1	1.88
22	Naridana	8.2	0.57	0.26	2.4	10.9	1.75
23	Nateja	7.9	0.44	0.25	2.8	11.0	1.66
24	Nutka	10.0	0.71	0.27	2.8	13.1	1.72
25	Ostka Strz.	8.4	0.71	0.26	2.7	11.4	2.15
26	Rapsodia	8.4	0.89	0.24	2.8	11.4	3.17
27	Rywalka	7.9	0.55	0.27	2.9	11.1	1.78
28	Sakwa	8.6	0.56	0.24	2.1	11.0	1.74
29	Satyna	9.8	0.76	0.27	2.7	12.7	2.46
30	Smuga	9.2	0.69	0.27	3.3	12.8	1.97
31	Sukces	8.8	0.65	0.27	2.7	11.8	1.73
32	Tonacja	8.9	0.67	0.27	2.6	11.8	2.02
33	Trend	8.7	0.80	0.25	2.5	11.5	2.78
34	Turnia	8.9	0.70	0.26	3.1	12.3	2.29
35	Türkis	8.9	0.72	0.24	2.5	11.7	2.61
36	Wydma	7.7	0.56	0.22	2.4	10.4	1.85
37	Zawisza	9.3	0.59	0.26	2.8	12.4	1.86
38	Zyta	8.6	0.79	0.29	3.0	11.9	2.09
Wartość średnia		8,6	0.65	0.25	2.7	11.6	2.00
Zmienność [%]		7	17	8	9	6	19

Tabela 3. Cechy fizyczne, MTZ i MHL oraz zawartość podstawowych składników odżywczych i alkilorezorcynoli (AR) w ziarnie odmian pszenicy jarej [% s.m.]

Lp.	Odmiana	MTZ [g]	MHL [kg/hl]	Białko	Popiół	Lipidy	Skrobia	AR [mg/kg]
1	Bombona	44,1	79,3	15,7	1,71	2,63	60,3	514
2	Bryza	42,8	78,5	15,0	1,68	2,58	63,8	573
3	Cytra	43,6	77,3	15,6	1,78	2,75	60,2	536
4	Griwa	41,8	79,5	15,3	1,67	2,65	62,8	547
5	Hewilla	45,8	78,7	14,5	1,56	2,62	64,7	664
6	Katoda	46,1	78,6	14,5	1,62	2,75	65,2	532
7	Korynta	45,4	77,8	15,4	1,76	2,89	63,2	668
8	Monzun	48,3	79,3	13,9	1,66	2,46	64,2	552
9	Nawra	47,4	80,0	15,0	1,66	2,50	65,4	457
10	Parabola	51,7	77,7	14,4	1,67	2,59	63,8	592
11	Partyzan	43,2	78,7	15,1	1,69	2,71	64,1	549
12	Radunia	42,3	79,3	14,8	1,62	2,75	64,3	616
13	Raweta	46,0	81,2	16,0	1,78	2,77	63,1	510
14	Trappe	43,2	80,5	13,7	1,63	2,59	64,8	516
15	Tybalt	47,0	75,4	14,3	1,69	2,60	62,3	594
16	Vinjett	42,7	78,1	15,6	1,69	2,70	62,4	615
17	Waluta	48,9	77,7	15,3	1,73	2,60	63,6	534
18	Zadra	41,4	79,1	14,6	1,58	2,62	65,0	495
19	Żura	44,9	77,9	15,8	1,66	2,61	63,2	541
Wartość średnia		45.1	78.7	15.0	1.7	2.7	63.5	558
Zmienność [%]		6	2	4	4	4	2	10

Tabela 4. Zróżnicowanie zawartości błonnika pokarmowego ogółem i jego głównych składników oraz lepkości wodnego ekstraktu ziarna odmian pszenicy jarej [% s.m.]

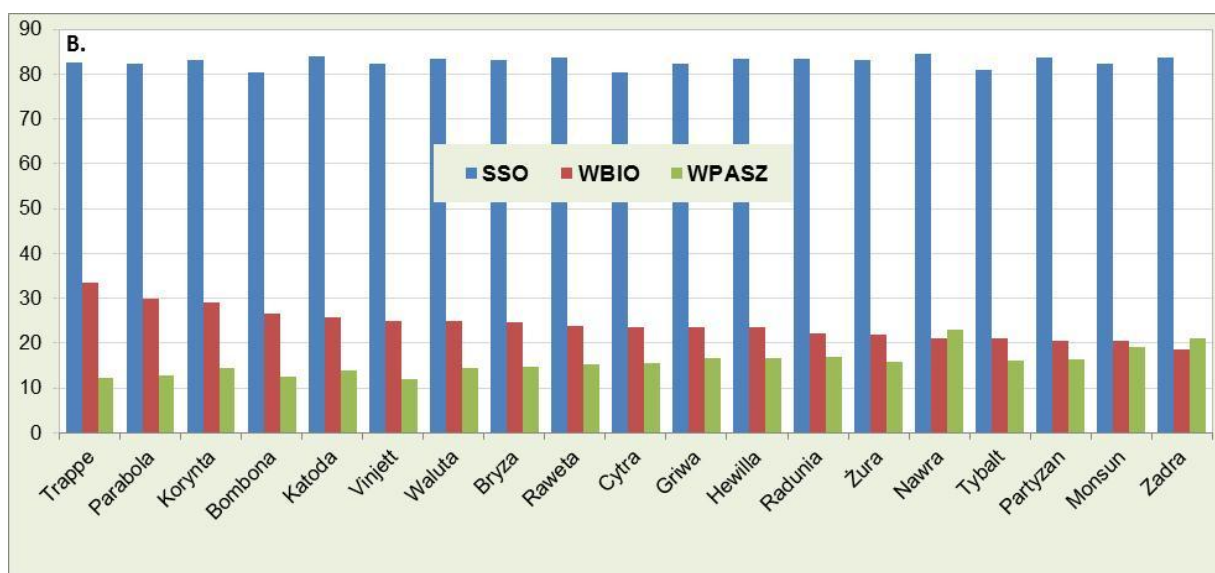
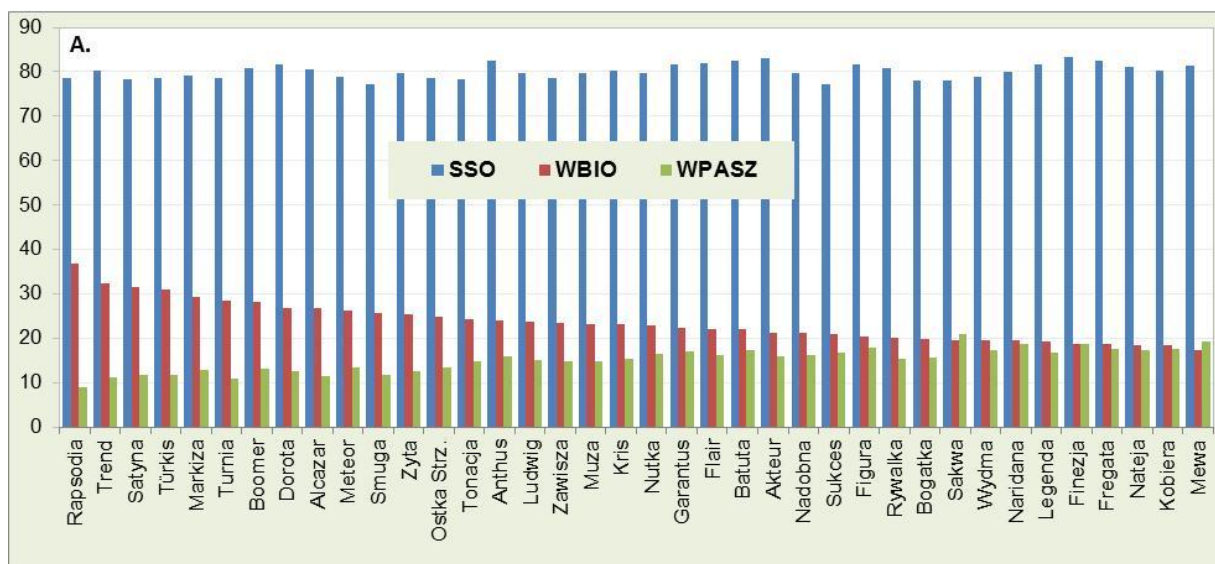
Lp.	Odmiana	NSP	w tym WE-AX	Kwasy uronowe	Lignina	Błonnik pokarmowy	WEV [mPa.s]
1	Bombona	9,1	0,79	0,27	3,1	12,5	2,09
2	Bryza	9,5	0,85	0,25	3,0	12,8	1,88
3	Cytra	9,9	0,75	0,26	2,9	13,1	1,76
4	Griwa	9,5	0,79	0,26	2,7	12,4	1,86
5	Hewilla	8,9	0,89	0,23	2,6	11,7	1,95
6	Katoda	8,8	0,90	0,27	2,9	12,0	2,09
7	Korynta	10,1	0,85	0,24	2,6	12,9	2,19
8	Monzun	9,7	0,70	0,23	2,7	12,6	1,57
9	Nawra	9,0	0,79	0,24	2,0	11,3	1,83
10	Parabola	9,0	0,93	0,23	2,6	11,9	2,46
11	Partyzan	9,1	0,57	0,25	3,2	12,6	1,59
12	Radunia	9,3	0,80	0,25	2,9	12,5	1,74
13	Raweta	9,6	0,82	0,26	3,0	12,9	1,81
14	Trappe	10,2	0,89	0,21	2,7	13,0	2,52
15	Tybalt	9,4	0,63	0,25	3,1	12,8	1,60
16	Vinjett	8,9	0,65	0,27	3,6	12,8	1,90
17	Waluta	8,6	0,75	0,29	2,8	11,6	2,09
18	Zadra	8,7	0,69	0,25	2,6	11,6	1,56
19	Żura	8,1	0,64	0,27	2,7	11,0	1,93
Wartość średnia		9.2	0.77	0.25	2.8	12.3	1.92
Zmienność [%]		6	13	8	12	5	14

Tabela 5. Wpływ warunków środowiska uprawy na cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna pszenicy zwyczajnej, formy ozimej (n=38)

Cecha	Marianów	Węgrzce	Świebodzin
MTZ [g]	42.1	47.1	47.9
MHL [kg/hl]	83.2	76.3	78.7
Białko [% s.m.]	12.8	12.0	11.9
Składniki mineralne [% s.m.]	1.60	1.56	1.59
Lipidy [% s.m.]	2.31	2.30	2.47
Skrobia [% s.m.]	62.8	64.5	64.5
Alkilorezorcynole [% s.m.]	491	525	550
Lepkość wodnego ekstraktu [mPa.s]	1.79	2.13	2.09
Błonnik pokarmowy [% s.m.]	11.9	11.0	11.9
w tym:			
Nieskrobiowe polisacharydy	8.9	8.4	8.5
w tym: WE-AX	0.59	0.63	0.73
Kwasy uronowe [% s.m.]	0.22	0.24	0.30
Lignina [% s.m.]	2.8	2.3	3.1

Tabela 6. Wpływ warunków uprawy na cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna pszenicy zwyczajnej, formy jarej (n=19)

Cecha	Krzyżewo	Węgrzce	Chrzastowo
MTZ [g]	44,5	46,2	44,5
MHL [kg/hl]	78,0	77,6	80,4
Białko [% s.m.]	14,1	15,1	15,6
Składniki mineralne [% s.m.]	1,68	1,64	1,71
Lipidy [% s.m.]	2,64	2,60	2,71
Skrobia [% s.m.]	63,6	64,3	62,6
Alkilorezorcynole [% s.m.]	531	563	580
Lepkość wodnego ekstraktu [mPa.s]	2,24	1,85	1,66
Błonnik pokarmowy [% s.m.]	11,9	11,8	13,2
w tym:			
Nieskrobiowe polisacharydy	8,9	8,8	10,0
w tym: WE-AX	0,84	0,65	0,83
Kwasy uronowe [% s.m.]	0,24	0,21	0,30
Lignina [% s.m.]	2,8	2,8	2,9



Rysunek 1. Ranking odmian pszenicy ozimej (A) i jarej (B) pod względem właściwości bioaktywnych (WBIO) wyliczonych z iloczynu zawartości błonnika pokarmowego i lepkości ekstraktu powiększony o poziom alkilorezorcynole oraz ich wartość odżywcza (SSO), przedstawiona jako suma zawartości białka, lipidów, popiołu i skrobi przyswajalnej i wartość paszowa, wyliczona jako iloraz SSO i iloczynu zawartości błonnika pokarmowego i lepkości.

Podziękowania

Ziarno pszenicy otrzymano z wytypowanych Stacji Oceny Odmian po uprzedniej konsultacji z pracownikami COBORU. Pracownikom inżynieryjno-technicznym SPOJPR składam niniejszym podziękowania za wykonanie analiz fizyko-chemicznych. Badania wykonano w ramach prac realizowanych w Programie Wieloletnim IHAR-PIB.