

# Żyto jako bogate źródło związków prozdrowotnych

Rye as a rich source of prohealthy compounds

Originalny  
Artykuł  
Naukowy

Original  
Research  
Paper

Marlena Gzowska , Anna Fraś , Magdalena Wiśniewska 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy

 m.gzowska@ihar.edu.pl

Żyto (*Secale cereale* L.) jest gatunkiem o największej zawartości związków bioaktywnych wśród zbóż, co sprawia, że jest bardzo wartościowym składnikiem naszego pożywienia. Pomimo, iż stanowi drugie pod względem ważności zboże chlebowe, nadal pozostaje niedocenione. Spośród powszechnie spożywanego zboża, gatunek ten zawiera najwięcej błonnika pokarmowego, a także kwasów fenolowych i alkilorezorcynoli. W pożywieniu obecność błonnika pokarmowego i substancji bioaktywnych współtowarzyszących przynosi wiele korzyści związanych z profilaktyką zdrowotną. Substancje te wpływają korzystnie na gospodarkę lipidową organizmu, metabolizm węglowodanów oraz prawidłowe funkcjonowanie przewodu pokarmowego, co w efekcie zmniejsza ryzyko wystąpienia wielu chorób, takich jak miażdżycza, otyłość i cukrzyca.

Celem podjętych badań było określenie składu chemicznego ziarna sześciu odmian żyta ozimego. W badaniach skupiono się na określeniu zawartości składników odżywczych: białka, skrobi, lipidów i związków mineralnych oraz błonnika pokarmowego, alkilorezorcynoli i związków fenolowych, stanowiących składniki bioaktywne o działaniu prozdrowotnym. Odmiany wyróżniające się pod względem zawartości składników odżywczych to Dańkowskie Skand i Reflektor, natomiast największą ilość związków bioaktywnych stwierdzono w odmianach KWS Dolaro i Poznańskie. Profil chemiczny ziarna tych odmian cechował się największą zawartością błonnika pokarmowego w tym arabinoksylianów ekstrahowalnych w wodzie i związków fenolowych. Otrzymane wyniki pozwolą wskazać odmiany o najlepszej wartości użytkowej.

**Słowa kluczowe:** błonnik pokarmowy, składniki odżywcze, ziarno zbóż, związki bioaktywne, żyto

Rye (*Secale cereale* L.) is a species with the highest content of bioactive compounds, making it a very valuable component of our diet. Despite being the second most important cereal in terms of bread production, it remains underrated. Among commonly consumed cereals, this species contains the highest content of dietary fiber, as well as phenolic acids and alkylresorcinols. The presence of dietary fiber and accompanying bioactive substances in food brings many benefits related to health prevention. These substances have a positive effect on lipid metabolism, carbohydrate metabolism and the proper functioning of the digestive tract. As a result, this reduces the risk of many diseases, such as atherosclerosis, obesity, and diabetes.

The aim of the research was to determine the chemical composition of the grains of six winter rye cultivars. In these studies, we focused on determining the content of protein, starch, lipids, and minerals, which constitute a group of nutrients, as well as dietary fiber, alkylresorcinols, and phenolic compounds, defined as bioactive components with prohealthy properties. The cultivars with the highest amount of nutrients were Dańkowskie Skand and Reflektor, whereas the highest level of bioactive compounds was observed in KWS Dolaro and Poznańskie. The chemical profile of the grain of these cultivars was characterized by the highest content of dietary fiber, including water-extractable arabinoxylans and phenolic compounds. The obtained results will help indicate the use value of selected cultivars of winter rye.

**Keywords:** dietary fiber, nutrients, cereal grains, bioactive components, rye

## Wstęp

Ziarna zbóż i produkty zbożowe stanowią podstawę naszej diety, uzupełniając ją w podstawowe składniki odżywcze, związki mineralne i witaminy. Są one również cennym źródłem substancji bioaktywnych, wykazujących właściwości prozdrowotne. Związki te mogą w istotny sposób wpłynąć na poprawę stanu naszego zdrowia, zmniejszając ryzyko zachorowania na szereg chorób zależnych od diety i naszego stylu życia. W ziarniakach zbóż związki bioaktywne umiejscowione są w okrywie owocowo-nasiennej, zarodku i warstwie aleuronowej. W trakcie przemian duża część ich jest usuwana z frakcją otrąb, dlatego rekomendowane jest spożywanie nisko-

przetworzonych, bogatych w błonnik pokarmowy, całościowych produktów zbożowych.

Ze względu na skład chemiczny ziarno żyta (*Secale cereale* L.) jest bardzo wartościowym surowcem przemysłowym. Głównym węglowodanem stanowiącym świetnie przyswajalne źródło energii jest skrobia, której zawartość jest nieznacznie mniejsza w ziarnie żyta, niż w ziarnie pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Białka w ziarnie żyta jest również mniej niż w pszenicy, jednak jest ono lepszej jakości, ze względu na wyższą zawartość lizyny. Ogólna zawartość składników mineralnych i tłuszczu jest na zbliżonym poziomie, jak w innych zbożach, jednak tłuszcz żytni jest lepiej przyswajalny przez człowieka (Grabiński, 2015). Na tle powszechnie spożywanego gatunku zbóż, żyto wyróżnia się także największą zawartością

substancji bioaktywnych (Nyström i in., 2008, Boros i in., 2015), w tym błonnika pokarmowego, którego zawartość mieści się w zakresie od 15% do 21% suchej masy (Ikram i in., 2021, Németh i Tömösközi, 2021, Sluková i in., 2021, Dziki, 2022). Błonnik stanowi niejednorodną chemicznie frakcję. Jest to mieszanina sacharydów, które nie są trawione i wchłanianie w jelicie cienkim człowieka, natomiast ulegają pełnej lub częściowej fermentacji w jelicie grubym. Błonnik żytni w dużej mierze składa się z nieskrobiowych polisacharydów (NSP) oraz celulozy i ligniny. Dominującymi ilościowo składnikami NSP są arabinoksylany, które mogą stanowić do 64% całkowitej ilości polisacharydów oraz fruktany i  $\beta$ -glukan (Rakha i in., 2010). Frakcja nierozpuszczalna błonnika umiejscowiona jest w okrywie owocowo-nasiennej, natomiast rozpuszczalna stanowi znaczną część bielma środkowego. Ze względu na to, że obie frakcje cechują się innymi właściwościami, to wywierają również odmienne efekty fizjologiczne. Nie mniej jednak obie są bardzo istotne ze względów żywieniowych. Frakcja rozpuszczalna błonnika posiada zdolność tworzenia roztworów o wysokiej lepkości, które w największym stopniu oddziałują na metabolizm. Wydłużają czas przebywania pokarmu w żołądku, co wpływa na szybsze i jednocześnie dłuższe uczucie sytości, ale również na bardziej efektywne trawienie oraz wchłanianie. Ma to szczególne znaczenie, gdy trawiona jest glukoza i kwasy tłuszczowe, ponieważ błonnik upośledza tworzenie się miceli tłuszczowych, co opóźnia wchłanianie tych kwasów oraz cholesterolu. Istotne obniżenie cholesterolu, a szczególnie frakcji LDL, może zmniejszyć ryzyko wystąpienia schorzeń układu krążenia oraz otyłości. Błonnik wpływa korzystnie na zmiany stężenia glukozy we krwi, obniża jej poziom po posiłku oraz zmniejsza ryzyko gwałtownego wzrostu stężenia we krwi i wyrzutu insuliny (Bienkiewicz i in., 2015, Fraś i in., 2018, Kołodziejczyk i Michniewicz, 2018, Dynkowska, 2020). Frakcja nierozpuszczalna błonnika wykazuje bierne właściwości wiązania wody, co powoduje zwiększenie objętości stolca i skrócenie pasażu jelitowego, a co za tym idzie zahamowanie nadmiernego rozwoju bakterii siarkowych. Ponadto frakcja ta eliminuje nadmiar kwasów żółciowych, utrzymując kwaśny odczyn na odpowiednim poziomie, a także wiąże związki kancerogenne i oczyszcza organizm z metali ciężkich, przyczyniając się w ten sposób do ochrony nabłonka jelita grubego (Bienkiewicz i in., 2015, Olędzki i Hristova, 2017).

Obok błonnika pokarmowego istotnymi związkami bioaktywnymi ziarna żyta są alkilorezorcynole, zlokalizowane jedynie w zewnętrznych warstwach ziarna, a więc w trakcie przemiału są w całości usuwane razem z frakcją otrąb. Ziarno żyta, spośród powszechnie znanych zbóż zawiera

tych związków najwięcej. Stanowią one naturalny składnik ziarna wykazujący aktywność fitoncynową. Alkilorezorcynole wykazują również właściwości grzybobójcze, antybakteryjne i antymutagenne, a jako związki o budowie fenolowej mogą również wykazywać właściwości przeciwutleniające (Ross, 2003, Boros, 2015).

Żyto zasobne jest także w kwasy fenolowe. Jest to kolejna duża grupa związków bioaktywnych wykazująca szereg korzyści dla zdrowia. W ziarnie żyta najczęściej występuje kwas ferulowy, a dokładniej jego izomer *trans* oraz kwasy synapinowy i *p*-kumarynowy. Związki te zlokalizowane są w większości w warstwie otrąb i uchodzą za jedno z najsukuteczniejszych przeciwutleniaczy. Chronią organizm człowieka przed stresem oksydacyjnym, zmniejszając ryzyko wystąpienia chorób układu sercowo-naczyniowego, trawiennego, nerwowego, a nawet niektórych typów nowotworów (Zieliński i in., 2012, Kulichová i in., 2019).

Jako inne związki bioaktywne ziarna żyta wymieniane są między innymi sterole, które przyczyniają się do obniżenia poziomu cholesterolu, zmniejszając intensywność jego wchłaniania (Bienkiewicz i in., 2015, Olędzki i Hristova, 2017). Fitoestrogeny, do których zaliczane są lignany, których zawartość w ziarniaku jest stosunkowo niewielka (do  $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), a jednak to żyto jest ich najbogatszym źródłem. Fityniany w postaci kwasu fitynowego, a także minerały, takie jak żelazo, mangan, cynk i miedź oraz witaminy z grupy B (Zieliński i in., 2012, Dziki, 2022).

Celem prezentowanych badań było określenie zawartości związków bioaktywnych w ziarnie wybranych odmian żyta oraz wytypowanie spośród nich tych o najlepszej wartości użytkowej.

## Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiło ziarno sześciu odmian żyta ozimego: Dańkowskie Granat, Dańkowskie Skand i KWS Dolaro (Danko Hodowla Roślin), Poznańskie i Piastowskie (Poznańska Hodowla Roślin) oraz Reflektor (Saaten-Union Polska). Ziarno wymienionych odmian pochodziło ze zbioru w roku 2019. W materiale oznaczono zawartość podstawowych składników odżywczych: białka, skrobi, lipidów i składników mineralnych, których zawartości wykorzystano do obliczenia sumy składników odżywczych (SNC). Oznaczono również zawartość błonnika pokarmowego (TDF) wraz z jego komponentami, takimi jak lignina i nieskrobiowe polisacharydy (T-NSP), analizowane z podziałem na frakcję nierozpuszczalną (I-NSP) i rozpuszczalną (S-NSP). Zbadano zawartość arabinoksylianów nieekstrahowalnych w wodzie (WUE-AX) oraz ekstrahowalnych w wodzie (WE-AX). Ponadto oznaczono ilość  $\beta$ -glukanu, związków fenolowych ogółem (TPC) i alkilorezorcynoli (AR). Oznaczenie zawartości wyżej wy-

mienionych związków przeprowadzono metodami standardowymi, zgodnymi z obowiązującymi obecnie normami. Zawartość białka oznaczono metodą Kjeldahla (AOAC 955.04), a zawartość związków mineralnych (AOAC 923.03) i lipidów ogółem według Marchello i in. (1971) metodami grawimetrycznymi. Ilość skrobi przyswajalnej (AACC 76-13) oraz  $\beta$ -glukanu (AACC 32-23) została oznaczona przy użyciu zestawów Megazyme. Metodę enzymatyczną – chemiczną oznaczono zawartość TDF (AACC 32-25), jako sumę T-NSP i ligniny. Zawartość nieskrobiowych polisacharydów analizowano metodą chromatografii gazowej według Englysta i Cummingsa (1984). Lignina oraz inne nierozpuszczalne pozostałości zostały oznaczone grawimetrycznie według Theandera i Westerlunda (1986). Poziom TPC oznaczono spektrofotometrycznie (Naczka i in., 1998), wykorzystując do tego celu reagent Folina-Ciocalteu, a wyniki przedstawiono jako ekwiwalent miligramów kwasu galusowego (GAE) na gram suchej masy próby. Alkilorezorcynole oznaczono metodą kolorymetryczną według Tłuszczka i in. (1981), z modyfikacją Gajdy i in. (2008). Wyniki poddano ocenie statystycznej, wykorzystując do tego celu jednoczynnikową analizę wariancji według modelu stałego, a także procedurę porównań wielokrotnych Tukeya – Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., 2022).

## Wyniki i dyskusja

Zawartość głównych składników odżywczych ziarna żyta została przedstawiona w Tabeli 1. Zawartość składników odżywczych i ich suma były istotnie zróżnicowane w obrębie badanych genotypów, z wyjątkiem lipidów. Średnia zawartość biał-

ka wyniosła 10,2%. Najwięcej białka i składników mineralnych zawierało ziarno odmiany KWS Dolaro (odpowiednio 10,8%; 1,8%) i Poznańskie (odpowiednio 10,6%; 1,8%). Druga z wymienionych odmian charakteryzowała się również największą ilością lipidów (2,2%) spośród analizowanych genotypów żyta. Głównym składnikiem ziarna zbóż, pod względem ilości jest skrobia, której skrajne zawartości oznaczono w ziarnie odmian Dańkowskie Granat (56,8%) oraz Dańkowskie Skand (61,5%). Uzyskane wyniki odpowiadały zakresom prezentowanym przez Sluková i in., (2021) oraz Ikram i in., (2021, 2023), według których zawartość skrobi żytniej, mieści się w przedziale od 56% do 70%, białka od 8% do 13%, lipidów od 2% do 3%, a związków mineralnych do 2%, w przeliczeniu na suchą masę. W badanym materiale suma SNC była najmniejsza dla odmiany Dańkowskie Granat (70,8%) i największa dla odmiany Dańkowskie Skand (75,2%), co uwarunkowane było przede wszystkim zawartością skrobi i białka w ziarnie tych odmian. Najmniejsze ilości białka i składników mineralnych oznaczono w ziarnie odmiany Piastowskie, odpowiednio 9,6% i 1,7%. Zespół Boros (2015) analizując 18 genotypów żyta ozimego uzyskał podobne zawartości poszczególnych składników odżywczych oraz ich sumy, której średnia wartość wyniosła 73%. Największy udział w SNC, blisko 80% miała skrobia, następnie białko – 14%, a najmniejszy lipidy i składniki mineralne, które stanowiły po około 3% tej sumy.

Ziarno żyta jest istotnym źródłem składników bioaktywnych w diecie człowieka, w tym występującego w największej ilości błonnika pokarmowego oraz innych substancji o właściwościach

Tabela 1  
Table 1

Zawartość oraz suma składników odżywczych (SNC) w ziarnie odmian żyta ozimego (% s.m.)  
Content of basic nutrients and sum of nutritional components (SNC) in winter rye cultivars (% d.m.)

Odmiana / Variety	Białko / Protein	Skrobia / Starch	Lipidy / Lipids	Związki mineralne / Minerals	SNC
Dańkowskie Granat	10,1 ab	56,8 d	2,1 a	1,8 a	70,8 c
Dańkowskie Skand	9,9 ab	61,5 a	2,1 a	1,7 b	75,2 a
Poznańskie	10,6 a	57,3 d	2,2 a	1,8 a	71,8 bc
KWS Dolaro	10,8 a	58,7 c	2,1 a	1,8 a	73,4 b
Piastowskie	9,6 b	60,2 b	2,1 a	1,7 b	73,6 b
Reflektor	9,9 ab	60,9 b	2,1 a	1,8 a	74,6 a
Wartość średnia / Mean value	10,2	59,2	2,1	1,7	73,2
Zmienność / Variability (%)	4,5	3,3	1,5	2,7	2,3
Statystyka F	12,62*	6,13*	ns	51,38*	7,02**

\*- istotne dla  $p = 0,05$ /significant at  $p = 0,05$ ; \*\*- istotne dla  $p = 0,01$  / significant at  $p = 0,01$ ; ns-nieistotne / not significant

prozdrowotnych. W Tabeli 2 przedstawiono uzyskane zawartości błonnika pokarmowego z uwzględnieniem jego najważniejszych komponentów, których ilość była istotnie zróżnicowana. Głównym składnikiem błonnika pokarmowego w ziarnie zbóż są nieskrobiowe polisacharydy (NSP). W prezentowanych badaniach oznaczenie

tych związków wykonano z podziałem na frakcje I-NSP i S-NSP. Frakcje te stanowiły, odpowiednio 67% i 33% ogólnej zawartości NSP badanych odmian żyta. Zawartość I-NSP mieściła się w zakresie od 8,6% dla odmiany Dańkowskie Granat do 9,2% dla odmiany Dańkowskie Skand.

Tabela 2  
Table 2

Zawartość błonnika pokarmowego i jego komponentów w ziarnie odmian żyta ozimego (% s.m.)  
Content of total dietary fibre and its components in winter rye cultivars (% d.m.)

Odmiana / Variety	I-NSP	S-NSP	T-NSP	Lignina / Lignin	TDF
Dańkowskie Granat	8,6 c	4,7 a	13,2 c	2,1 c	15,3 b
Dańkowskie Skand	9,2 a	4,2 c	13,5 b	2,5 a	15,9 a
Poznańskie	8,9 b	4,5 b	13,4 b	2,6 a	16,1 a
KWS Dolaro	9,0 b	4,7 a	13,7 a	2,2 c	15,8 a
Piastowskie	8,9 b	4,1 c	13,0 c	2,4 b	15,4 b
Reflektor	8,8 b	4,2 c	13,1 c	2,3 b	15,3 b
Wartość średnia / Mean value	8,9	4,4	13,3	2,4	15,6
Zmienność / Variability (%)	2,4	6,1	2,0	8,0	2,2
Statystyka F	4,99**	20,19*	11,83*	5,03*	14,30*

\*- istotne dla  $p = 0,05$ /significant at  $p = 0,05$ ; \*\*- istotne dla  $p = 0,01$  / significant at  $p = 0,01$

W przypadku rozpuszczalnej frakcji S-NSP największą zawartość tych związków stwierdzono w ziarnie odmian Dańkowskie Granat i KWS Dolaro – wynosiła ona 4,7%, najmniejszą natomiast w ziarnie odmiany Piastowskie – 4,1%. Pod względem całkowitej zawartości (T-NSP), skrajnymi wartościami odznaczały się odmiany: Piastowskie oraz KWS Dolaro, odpowiednio – 13,0% i 13,7%. Błonnik żytni, poza nieskrobiowymi polisacharydami zawiera również ligninę, której średnia zawartość w analizowanym materiale wyniosła 2,4% i charakteryzowała się niezróżnicowaniem. Podobne wyniki zawartości ligniny uzyskali Boros i in. (2015) oraz Németh i Tömösközi (2021). W prezentowanych badaniach najbogatsze źródło TDF, na poziomie 16,1%, stanowiła odmiana Poznańskie, natomiast najmniejszą jego ilość, 15,3% zawierały odmiany Dańkowskie Granat i Reflektor. Średnia zawartość TDF wyniosła 15,6%, co jest zgodne z wynikami przedstawionymi w pracach Sluková i in. (2021) oraz Ikram i in. (2021, 2023). W prowadzonych badaniach, średnio ponad 55% nieskrobiowych polisacharydów stanowiły T-AX (Tab. 3). Zawartość WE-AX wynosiła średnio 2,5%, co stanowiło 33,5% ogólnej zawartości tych związków (7,4%). Najwięcej WE-AX zawierało ziarno

odmian KWS Dolaro (2,7%) i Dańkowskie Granat (2,7%). Pod względem całkowitej zawartości T-AX, skrajnymi wartościami odznaczały się odmiany: Piastowskie, Reflektor oraz KWS Dolaro, odpowiednio 7,1% i 7,7%. Średnia zawartość WUE-AX była niezróżnicowana i wynosiła 4,9%. Uzyskane zawartości arabinoksylianów odpowiadały wynikom prezentowanym przez Boros i in., (2015), Fraś i in. (2018) oraz Dynkowską (2020).

Do grupy nieskrobiowych polisacharydów zaliczany jest również  $\beta$ -glukan, którego ilość w ziarnie żyta mieści się w zakresie od 1,2% do 2,9%. Wśród badanych genotypów najmniejszą ilość  $\beta$ -glukanu, na poziomie 2,0% oznaczono w ziarnie odmiany KWS Dolaro, a największą – 2,3% w ziarnie odmiany Reflektor. Spośród przedstawionych w Tabeli 3 wyników, jedynie oznaczona ilość  $\beta$ -glukanu nie była zróżnicowana w sposób istotny. Z punktu żywienia człowieka nieocenionymi związkami, ze względu na właściwości przeciwutleniające są związki TPC. Według danych literaturowych ich zawartość w ziarnie żyta mieści się w zakresie 0,08-2,62 mg GAE·g<sup>-1</sup> (Kaur i in., 2021). W badanych odmianach zawartość TPC wyniosła średnio 1,2% w zakresie od 0,8% do 1,5%. Zawartość tych związków w ziarnie cechowała się największą zmiennością

Tabela 3  
Table 3Zawartość składników bioaktywnych w ziarnie odmian żyta ozimego (% s.m.)  
Content of bioactive components in winter rye cultivars (% d.m.)

Odmiana / Variety	WUE-AX	WE-AX	T-AX	$\beta$ -glukan / $\beta$ -glucan	TPC	AR
Dańkowskie Granat	4,8 b	2,7 a	7,5 b	2,2 a	1,5 a	969 b
Dańkowskie Skand	4,9 a	2,4 b	7,3 c	2,2 a	1,2 b	962 b
Poznańskie	4,9 a	2,5 b	7,5 b	2,2 a	1,4 a	935 bc
KWS Dolaro	5,0 a	2,7 a	7,7 a	2,0 a	1,5 a	922 bc
Piastowskie	4,9 a	2,2 c	7,1 d	2,2 a	0,9 c	1063 a
Reflektor	4,8 b	2,3 bc	7,1 d	2,3 a	0,8 c	1118 a
Wartość średnia / Mean value	4,9	2,5	7,4	2,2	1,2	995
Zmienność / Variability (%)	1,5	8,4	3,3	4,5	25,2	7,9
Statystyka F	2,50*	23,18*	3,85*	ns	7,10**	14,05*

\*- istotne dla  $p = 0,05$ /significant at  $p = 0,05$ ; \*\*- istotne dla  $p = 0,01$  / significant at  $p = 0,01$ ; ns-nieistotne / not significant

(CV = 25,2%) spośród pozostałych analizowanych cech. Ilość alkilorezorcynoli, zawartych w ziarnie żyta prezentowana w literaturze mieści się w przedziale 360-2180 mg·kg<sup>-1</sup> (Boros i in., 2015). Średnia zawartość uzyskana w badaniach dla tych związków wyniosła 995 mg·kg<sup>-1</sup>. Odmiana Reflektor charakteryzowała się najmniejszą zawartością TPC i jednocześnie największą zawartością alkilorezorcynoli – 1118 mg·kg<sup>-1</sup>. Odwrotną sytuację zaobserwowano w przypadku odmiany KWS Dolaro, która cechowała się najwyższym poziomem TPC i najmniejszą ilością alkilorezorcynoli – 922 mg·kg<sup>-1</sup> spośród analizowanych genotypów.

Podsumowując, można stwierdzić, że żyto jest wartościowym zbożem, które powinno być wykorzystywane na szerszą, niż dotychczas skalę, w produkcji żywności. Poznanie składu chemicznego ziarna nowych odmian umożliwi lepsze ich wykorzystanie w przemyśle spożywczym. Dlatego też przyszłość hodowli żyta w Polsce, w głównej mierze wiąże się z rozwojem nauki i dalszym poszukiwaniem odmian o wysokiej zawartości składników odżywczych i bioaktywnych. Ważny jest także rozwój technologii, dzięki której będzie można zmodyfikować proces przemiału tak, by

składniki bioaktywne pozostawały w mące w jak największej ilości. Nie bez znaczenia jest także wzrost edukacji i świadomości społecznej, która przełoży się na zwiększenie spożycia całościarnych produktów żytnich.

### Wnioski

- Badane odmiany charakteryzowały się istotnym zróżnicowaniem pod względem zawartości analizowanych cech, z wyjątkiem zawartości lipidów oraz  $\beta$ -glukanu. Najwyższy współczynnik zmienności (CV = 25,2%) zaobserwowano dla zawartości związków fenolowych.
- Genotypy żyta wyróżniające się zawartością składników odżywczych w ziarnie to Dańkowskie Skand i Reflektor.
- Na podstawie uzyskanych wyników, wskazano odmiany o interesującym profilu składników biologicznie czynnych (KWS Dolaro i Poznańskie), które mogą zostać wykorzystane w przemyśle spożywczym jako surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej. Żyta te wyróżniały się pod względem zawartości błonnika pokarmowego, w tym arabinoksylianów ekstrahowanych w wodzie i związków fenolowych.

### Literatura

- AACC. 2011. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of Analysis, 11<sup>th</sup> Ed. St. Paul, MN, USA.
- AOAC. 2007. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 18<sup>th</sup> Ed. Gaithersburg, MD.
- Bienkiewicz M., Bator E., Bronkowska M. 2015. Błonnik pokarmowy i jego znaczenie w profilaktyce zdrowotnej. Problemy Higieny i Epidemiologii, 96, 1, 57-63.
- Boros D. 2015. Alkilorezorcynole ziarna zbóż – ich znaczenie w żywności i paszy. Biuletyn IHAR, 277, 7-20.

- Boros D., Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiwski D., Paczkowska O., Wiśniewska M. 2015. Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB, 49, 1-119.
- Dynkowska W. 2020. Rye (*Secale cereale* L.) arabinoxylans: molecular structure, physicochemicals properties and the resulting pro-health effects. Plant Breeding and Seed Science, 81, 19-38.
- Dziki D. 2022. Rye Flour and Rye Bran: New Perspectives for Use. Processes, 10, 2, 293.
- Englyst H.N., Cummings J.H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst, 109, 937-942.
- Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiwski D., Boros D. 2018. Dietary fibre in cereal grains – a review. Plant Breeding and Seed Science, 77, 43–53.
- Gajda A., Kulawinek M., Kozubek A. 2008. An improved colorimetric method for the determination of alkylresorcinols in cereals and whole-grain cereal products. Journal of Food Composition and Analysis, 21, 5, 428-434.
- Grabiński J. 2015. Czynniki wpływające na cechy jakości ziarna żyta chlebowego. Studia i Raporty IUNG-PIB, 44 (18), 181-194.
- Ikram A., Saeed F., Arshad M.U., Afzaal M., Anjum F.M. 2021. Structural and nutritional portrayal of rye-supplemented bread using fourier transform infrared spectroscopy and scanning electron microscopy. Food Science & Nutrition, 9, 6314-6321.
- Ikram A., Saeed F., Noor R.A., Imran A., Afzaal M., Rasheed A., Islam F., Iqbal A., Zahoor T., Naz S., Waheed W., Shahid M.Z., Khan A.W., Kinki A.B. 2023. A comprehensive review on biochemical and technological properties of rye (*Secale cereale* L.). International Journal of Food Properties, 26, 1, 2212-2228.
- Kaur P., Sandhu K.S., Bangar S.P., Purewal S.S., Kaur M., Ilyas R.A., Asyraf M.R.M., Razman, M.R. 2021. Unraveling the bioactive profile, antioxidant and DNA damage protection potential of rye (*Secale cereale*) flour. Antioxidants, 10, 1214.
- Kołodziejczyk P., Michniewicz J. 2018. Ziarno zbóż i produkty zbożowe jako źródła błonnika pokarmowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 25, 3 (116), 5-22.
- Kulichová K., Sokol J., Nemeček P., Maliarová M., Maliar T., Havrlentová M., and Kraic J. 2019. Phenolic compounds and biological activities of rye (*Secale cereale* L.) grains. Open Chemistry, 17, 1, 988-999.
- Marchello J.A., Dryden F.D., Hala W.H. 1971. Bovine serum lipids. I. The influence of added animal fat on the ration. Journal of Animal Science, 32, 1008-1015.
- Naczek M., Amarowicz R., Sullivan A., Shahidi F. 1998. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/Canova: a review. Food Chemistry, 62, 489-502.
- Németh R., Tömösközi S.R. 2021. Rye: Current State and Future Trends in Research and Applications. Acta Aliment, 50, 4, 620–640.
- Nyström L., Lampi A.-M., Andersson A.A.M., Kamal-Eldin A., Gebruers K., Courtin C. M., Delcour J.A., Li L., Ward J.L., Fraś A., Boros D., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R., and Piironen V. 2008. Phytochemicals and dietary fiber components in rye varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 21, 9758–9766.
- Olędzki R., Hristova A. 2017. Składniki bioaktywne w produktach funkcjonalnych i ich rola w żywieniu człowieka. Nauki Inżynierskie i Technologia, 1, 24, 40-61.
- Rakha A., Aman P., Andersson R. 2010. Characterisation of dietary fibre components in rye products. Food Chemistry, 119, 3, 859-867.
- Ross A. B. 2003. Alkylresorcinols in cereal grains. Occurrence, absorption, and possible use as biomarkers of whole grain wheat and rye intake. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Sluková M., Jurkaninová L., Švec I., and Skřivan P. 2021. Rye – the nutritional and technological evaluation in Czech cereal technology – a review: grain and flours. Czech Journal of Food Sciences, 39, 1, 3–8.
- Theander O., Westerlund E.A. 1986. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis of dietary fibre. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 34, 2, 330-336.
- Thuścik F., Kozubek A., Mejbaum-Katzenellenbogen W. 1981. Alkylresorcinols in rye (*Secale cereale* L.) grains. VI: Colorimetric micromethod for the determination of alkylresorcinols with the use of diazonium salt, Fast Blue B. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 50, 645-651.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M. 2012. Przeciwnutleniające ziarniaków zbóż. Żywność Nauka Technologia Jakość, 1, 80, 5-26.