

Profil chemiczny ziarna jęczmienia jako wskaźnik wartości użytkowej

Chemical profile of barley grain as an indicator of value in use

Magdalena Wiśniewska 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

✉ m.wisniewska@ihar.edu.pl

Celem prowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy składnikami chemicznymi ziarna jęczmienia, a jego wartością użytkową. W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (Soldo i RGT Planet) i 2 rodów (STH 3.368 i STH 3.1491) jęczmienia jarego, które pochodziło z jednego miejsca i roku uprawy (ZD HAR Radzików). W materiale badawczym oznaczono zawartość związków odżywczych i bioaktywnych oraz dokonano pomiaru lepkości wodnego ekstraktu ziarna (WEV), zastosowanego jako miara właściwości funkcjonalnych jęczmienia. Dodatkowo, badane genotypy poddano słodowaniu i ocenie browarnej. Otrzymane wyniki umożliwiły ocenę materiału roślinnego pod kątem jego wykorzystania oraz wpływu genotypu na badane cechy. Odmianę RGT Planet można rekomendować jako bardzo dobry jęczmień browarny, podobnie jak ród STH 3.1491, cechujący się niską lepkością wodnego ekstraktu ziarna i małą zawartością związków fenolowych (TPC), frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów (S-AX) oraz β -glukanu (BG). Ponadto uzyskano wysoką istotną korelację pomiędzy WEV, a sumą β -glukanu i frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów ($r = 0,995^{**}$). Zawartość białka, lipidów, ligniny, błonnika oraz związków fenolowych i frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów była istotnie uwarunkowana genotypem.

Słowa kluczowe: β -glukan, błonnik pokarmowy, składniki odżywcze, wskaźnik jakości Q, związki fenolowe

The aim of the research was to determine the relationship between the chemical components of barley grain and its use value. Material for the study comprised on the grain of 2 varieties (Soldo and RGT Planet) and 2 families (STH 3.368 and STH 3.1491) of spring barley, harvested in one year and located in the same climatic area (ZD HAR Radzików). In the research material the content of nutrients and bioactive compounds was determined as well as the viscosity of the water extract (WEV) of grain, used as an indicator of the functional properties of barley. In addition, the researched genotypes were subjected to malting and brewing evaluation. The obtained results made it possible to evaluate the plant material in terms of its use and the influence of the genotype on analyzed traits. The RGT Planet variety can be recommended as a very good malting barley, similarly to the STH 3.1491 family, characterized by a low viscosity of the aqueous grain extract and a low content of phenolic compounds (TPC), soluble fraction of arabinoxylans (S-AX) and β -glucan (BG). In addition, a high significant correlation was obtained between WEV and the sum of β -glucan and soluble fraction of arabinoxylans ($r = 0.995^{**}$). The content protein, lipids, lignin, fiber, phenolic compounds and soluble fraction of arabinoxylans was significantly conditioned by the genotype.

Key words: β -glucan, dietary fiber, nutrients, quality index Q, phenolic compounds

Wstęp

Jęczmień to jedno z najwcześniej udomowionych zbóż, które przez bardzo długi okres odgrywało ważną rolę w żywieniu człowieka w wielu częściach świata. W każdym miejscu uprawy jęczmień wykorzystywany było jako surowiec do produkcji pożywienia lub paszy dla zwierząt. Z czasem człowiek nauczył się wytwarzać z niego napoje. Wraz z rozprzestrzenianiem się uprawy pszenicy i ryżu znaczenie jęczmienia zmalało. Obecnie obserwowany jest wzrost zainteresowania jęczmieniem z uwagi na wysoką zawartość błonnika pokarmowego, w tym β -glukanu oraz innych związków bioaktywnych, zwłaszcza o charakterze przeciwutleniającym. Związki te korzystnie oddziałują na organizm i zapobiegają wielu chorobom żywieniowo – zależnym, takim jak hiperchloremia, cukrzyca, choroba niedokrwienna serca, czy niektórym chorobom nowotworowym (Idehen i in., 2017). Z tego względu jęczmień traktowany jest jako dobry surowiec do produkcji

żywności funkcjonalnej (Pejcz i in., 2017). Produkcja światowa jęczmienia w około 65% znajduje swoje przeznaczenia w przemyśle paszowym, blisko 33% wykorzystywane jest do produkcji siodu, a tylko 2-3% jest przeznaczone na cele żywieniowe (Sullivan i in., 2013). Na cele paszowe można uprawiać wszystkie odmiany jęczmienia, a podstawowym kryterium, w tym przypadku jest plon. Niezależnie jednak od wielkości plonu, każdy kierunek wykorzystania jęczmienia ma swoje wymagania jakościowe. Jednym z nich jest ilość białka, która w przemyśle browarnym powinna mieścić się w zakresie 9,5%-11,5% (Klockiewicz-Kamińska, 2005; Kunz, 2010). W żywieniu ludzi i zwierząt istotna jest również jakość białka, o której decyduje przede wszystkim zawartość aminokwasów niezbędnych (egzogennych) (Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2020). Kolejna cecha, mająca wpływ na wykorzystanie jęczmienia to kompleks związków stanowiących błonnik pokarmowy. Zaliczane są w jego poczet nieskrobiowe polisacharydy, w tym arabinoksyliany i β -glukan, oli-

gosacharydy, lignina oraz związki towarzyszące w postaci substancji fenolowych (Jones, 2010). Błonnik pokarmowy jest pożądanym składnikiem codziennej diety człowieka, dlatego poszukiwane są genotypy jęczmienia o jak największym udziale jego komponentów, zwłaszcza β -glukanu i związków fenolowych. W żywieniu zwierząt przeciwnie, błonnik traktowany jest jako substancja antyżywniowa, ponieważ przyczynia się do obniżenia parametrów tuczu. Z kolei przemysł browarny i słodowniczy przyjmuje ziarno jęczmienia o małej zawartości β -glukanu i związków fenolowych, gdyż przyczyniają się do obniżenia wydajności słodowni oraz browaru. Znajomość zawartości substancji odżywczych, prozdrowotnych i antyżywniowych ma ogromne znaczenia dla właściwego wykorzystania istniejących odmian jęczmienia oraz nowych, tworzonych przez hodowców. W związku z tym, celem podjętych badań było określenie zależności pomiędzy składnikami fizyko-chemicznymi ziarna jęczmienia, a jego wartością użytkową.

Material i metody

W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (Soldo i RGT Planet) oraz 2 rodów (STH 3.368, STH 3.1491) jęczmienia jarego, uprawianego w Radzikowie w 2017 roku. Zakres prac wykonanych w powyższym materiale obejmował analizę cech fizycznych i profilu chemicznego ziarna oraz ocenę jego wartości browarnej. Dodatkowo dokonano pomiaru lepkości wodnego ekstraktu ziarna (WEV), będącego wskaźnikiem jego właściwości funkcjonalnych (Boros i in., 2015). Oznaczenie zawartości związków odżywczych, bioaktywnych oraz ocenę wartości browarnej przeprowadzono metodami standardowymi, zgodnymi z obowiązującymi normami. Masę 1000 ziarniaków oznaczono za pomocą licznika ziaren, odliczając 500 ziaren jęczmienia, które następnie zważono, a uzyskaną masę przeliczono na masę 1000 ziarniaków. Celność ziarna oznaczono zgodnie z metodyką EBC 3.11 (Analytica – EBC, 2005). Zawartość białka analizowano metodą Kjeldahla (AOAC 955.04), zaś metodami grawimetrycznymi oznaczono zawartość popiołu (AOAC 923.03) oraz lipidów ogółem (wg Marchello i in., 1971). Ilość skrobi przyswajalnej (AACC 76-13) i β -glukanu (BG) (AACC 32-23) oznaczona została z wykorzystaniem zestawów Megazyme. Błonnik pokarmowy (DF) oznaczono metodą enzymatyczno-chemiczną (AACC 32-25), jako sumę nieskrobiowych polisacharydów (NSP) i ligniny. Zawartość nieskrobiowych polisacharydów oznaczono metodą chromatografii gazowej według Englysta i Cummingsa (1984). Lignina oraz inne nierozpuszczalne pozostałości zostały oznaczone grawimetrycznie, według metody opisanej przez Theandera i Westerlunda (1986). Spektrofotometrycznie oznaczono poziom związków fenolowych (TPC)

(Naczki i in., 1998), wykorzystując do tego reagent Folina-Ciocalteu i przedstawiając wyniki jako ekwiwalent miligramów kwasu galusowego (GAE) na g suchej masy próby. Słodowanie i ocena wartości browarnej zostały przeprowadzone według Molina-Cano (1997), zgodnie z metodyką Europejskiej Unii Browarnej (Analytica – EBC, 2005) i modyfikacjami dokonanymi przez COBORU (Kamińska-Klockiewicz, 2005). Genotypy jęczmienia oceniono na podstawie pięciu parametrów podstawowych: ekstraktywności, liczby Kolbacha, siły diastatycznej, lepkości brzezki i stopnia odfermentowania brzezki. Parametry te wykorzystano do wyliczenia wskaźnika kompleksowej wartości Q, która jest sumą iloczynów tych cech i przypisanych im wag. Wszystkie analizy chemiczne wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki wyrażono w % suchej masy. Wyniki poddano ocenie statystycznej, wykorzystując do tego celu jednoczynnikową analizę wariancji według modelu stałego i procedurę porównań wielokrotnych Tukeya-Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2022).

Wyniki i dyskusja

Zawartość składników odżywczych i bioaktywnych oznaczona w badanym materiale, cechowała się istotnym zróżnicowaniem w odniesieniu do zawartości lipidów, białka (Tab. 1), ligniny Klasona, frakcji rozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów (S-NSP) i błonnika pokarmowego (DF) (Tab. 2). Analiza wariancji otrzymanych wyników, wykazała również istotny wpływ genotypu na cechy fizyczne, tj. masę 1000 ziarniaków (MTZ) i celność ziarna. Średnie wartości celności ziarna i MTZ wynosiły, odpowiednio 94,8% i 51,7% i odpowiadały wynikom literaturowym (Ploch i in., 2005; Gołębiewski i in., 2014; Boros i in., 2015; Śmiałowski i in., 2017). Wysoka celność świadczy o dobrym wypełnieniu ziarna skrobią i wiąże się z wysoką masą 1000 ziaren, co potwierdziły wyniki uzyskane w prezentowanej pracy. Ziarno rodu STH 3.1491 cechowało się największym udziałem ziarna celnego (95,2%) i największą zawartością skrobi (57,1%). Z kolei ziarno STH 3.368 o najmniejszej celności (93,4%) i MTZ (49,0%) było najbogatsze w białko (9,7%) spośród wszystkich badanych jęczmieni.

Ocena podstawowego składu chemicznego, tj. białka, skrobi, lipidów i składników mineralnych, składających się na sumę substancji odżywczych, jest pierwszym wskaźnikiem umożliwiającym określenie wartości pokarmowej zbóż. Główne składniki odżywcze ziarna jęczmienia występują w ilościach, odpowiednio od 51% do 64% skrobia; od 9,6% do 13,3% białko, od 2,6% do 3,2% lipidy oraz od 1,9% do 2,5% związki mineralne (Svihus i Gullord, 2002; Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2020; Panizo-Casado i in., 2020). Rola tych

Tabela 1
Table 1Charakterystyka cech fizyko-chemicznych ziarna jęczmienia
Characteristics of physical and chemical properties of barley grain

Genotyp Genotype	MTZ [g]	Celność Plumpness [%]	Białko Protein [%]	Skrobia Starch [%]	Lipidy Lipids [%]	Popiół Ash [%]	SNC [%]
SOLDO	55,5 ^a	95,1 ^a	9,4 ^b	55,2 ^a	3,5 ^a	2,6 ^a	70,6 ^a
RGT PLANET	50,5 ^{bc}	95,3 ^a	9,4 ^b	53,9 ^a	3,1 ^b	2,5 ^a	69,0 ^a
STH 3.368	49,0 ^c	93,4 ^b	9,7 ^a	55,1 ^a	3,1 ^b	2,5 ^a	70,4 ^a
STH 3.1491	51,8 ^b	95,2 ^a	9,0 ^c	57,1 ^a	3,2 ^b	2,5 ^a	71,9 ^a
Statystyka F F-statistic	112,8**	13,8*	85,7**	2,50 ns	18,21**	2,3 ns	1,87 ns

MTZ – masa 1000 ziaren / 1000 kernel weight; SNC – suma składników odżywczych / sum of nutrients

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

Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05 / Values in the columns with different letters differ significantly at p ≤ 0,05

Tabela 2
Table 2Charakterystyka błonnika pokarmowego ziarna jęczmienia
Characteristics of the dietary fiber of barley grain

Genotyp Genotype	Lignina Lignin [%]	I-NSP [%]	S-NSP [%]	NSP [%]	DF [%]
SOLDO	4,4 ^b	9,7 ^a	5,1 ^a	14,8 ^a	19,2 ^a
RGT PLANET	4,7 ^a	9,2 ^a	5,1 ^a	14,3 ^{ab}	19,0 ^a
STH 3.368	4,8 ^a	9,2 ^a	4,4 ^a	13,6 ^b	18,5 ^a
STH 3.1491	3,7 ^c	9,3 ^a	5,1 ^a	14,3 ^{ab}	18,0 ^a
Statystyka F F-statistic	151,63**	1,652 ns	6,773*	6,11 ns	6,63*

I-NSP – nierozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / insoluble non-starch polysaccharide fractions; S-NSP – rozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / soluble non-starch polysaccharides fraction; NSP – nieskrobiowe polisacharydy / non-starch polysaccharides; DF – błonnik pokarmowy / dietary fiber;

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

Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05 / Values in the columns with different letters differ significantly at p ≤ 0,05

związków w żywieniu jest niezwykle istotna, gdyż są one źródłem energii niezbędnej do utrzymania procesów życiowych i aktywności życiowej. Średnie ilości związków mineralnych i lipidów oznaczono na poziomie, odpowiednio 2,5% i 3,2%. Najwięcej tych związków oznaczono w ziarnie odmiany Soldo, odpowiednio 2,6% i 3,5%, a najmniej w ziarnie rodu STH 3.368 (2,5% i 3,1%). Zmienność badanych cech była mała, w związku z czym nie zawsze można było zaobserwować zależności pomiędzy analizowanymi cechami czy genotypami. Nieznaczne różnice w sumie składników odżywczych były wynikiem różnej zawartości skrobi w ziarnie badanych genotypów. Skrajne wartości sumy składników odżywczych oznaczono dla ziarna odmiany RGT Planet (69,0%) oraz rodu STH 3.1491 (71,9%). Najistotniejszym związkiem bioaktywnym, ze względu na ilość, jak również charakter składników go tworzących, jest błonnik pokarmowy. W badaniach oznaczono go jako sumę nieskrobiowych polisacharydów i ligniny Klasona (Tab. 2.) Średnia zawartość błonnika dla badanych genotypów wyniosła 18,7%. Wartość ta w ponad 25% uwarunkowana był zawarto-

ścią ligniny. Najmniejsze ilości DF oraz ligniny zmierzono w ziarnie rodu STH 3.1491 (odpowiednio 18,0%; 3,7%), najwięcej DF zawierało ziarno odmiany Soldo (19,2%), a ligniny – rodu STH 3.368 (4,8%). Uzyskane wyniki odpowiadały zawartościom prezentowanym przez Svihus i Gullord, (2002), Boros i wsp. (2015), Wiśniewską i wsp. (2021). Średnia zawartość nieskrobiowych polisacharydów wyniosła 14,3%, w zakresie od 13,6% (ród STH 3.368) do 14,8% (odmiana Soldo). Nieskrobiowe polisacharydy ze względu na swoje właściwości chemiczne i fizjologiczne analizowano z podziałem na frakcję rozpuszczalną (S-NSP) i nierozpuszczalną (I-NSP). Frakcja rozpuszczalna w ziarnie jęczmienia stanowiła ponad 34% całkowitej ilości NSP, a najmniej oznaczono jej w ziarnie rodu STH 3.368 (4,4%). W pozostałym materiale zawartość tych związków była na podobnym poziomie – 5,1%. W ziarnie jęczmienia nieskrobiowe polisacharydy występują najliczniej w postaci arabinoksylianów (AX) oraz β-glukanu (BG). Wiśniewska i wsp. (2021) analizowali 23 genotypy jęczmienia pod względem zawartości tych nieskrobiowych polisacharydów.

Uzyskali oni następujące zakresy zawartości arabinoksylianów ogółem (5,0%-7,3%), ich frakcji rozpuszczalnej (0,5%-0,7%) i nierozpuszczalnej (4,5%-6,7%) oraz β -glukanu (3,5%-7,3%). Podobne ilości BG prezentował w swojej pracy Nishantha i wsp. (2018), a ilości AX przedstawiła Boros i wsp. (2015). Uzyskane przez nas zawartości arabinoksylianów, β -glukanu, związków fenolowych oraz lepkości wodnych ekstraktów ziarna (WEV) zaprezentowano w tabeli 3. Otrzymane wyniki odpowiadają zakresom literaturowym i mają podobny udział poszczególnych frakcji AX w ogólnej ich ilości. Arabinoksyliany w ziarnie jęczmienia występują przede wszystkim jako frakcja nie-

rozpuszczalna (I-AX), która stanowi około 90% całkowitej ilości arabinoksylianów. Najmniej T-AX i BG zawierało ziarno odmiany RGT Planet oraz rodu STH 3.1491. Badane jęczmienie charakteryzowały się istotnym zróżnicowaniem pod względem zawartości frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów, którą oznaczono w przedziale 0,46% (STH 3.368) - 0,63% (Soldo). Wiadomym jest, że podstawowe działanie funkcjonalne produktów zbożowych związane jest z właściwościami arabinoksylianów i β -glukanu, które są zdolne do tworzenia lepkich roztworów w przewodzie pokarmowym. Liczne badania prezentowane w literaturze potwierdzają zależność występującą pomiędzy

Tabela 3
Table 3

Składniki ziarna warunkujące lepkość wodnego ekstraktu oraz wartość browarną jęczmienia
Grain components determining viscosity of water extract and brewing value of barley

Genotyp Genotype	I-AX	S-AX	T-AX	BG	BG + S-AX	WEV	TPC	Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
SOLDO	5,0 ^a	0,6 ^a	5,6 ^a	4,4 ^a	5,0 ^a	2,2 ^a	2,4 ^a	3,65	średnia
RGT PLANET	4,8 ^a	0,6 ^{ab}	5,4 ^a	4,3 ^a	4,9 ^a	2,1 ^b	2,5 ^a	8,70	bardzo dobra
STH 3.368	5,0 ^a	0,5 ^c	5,5 ^a	4,4 ^a	4,9 ^a	2,0 ^b	2,5 ^a	6,50	dobra
STH 3.1491	4,8 ^a	0,6 ^b	5,4 ^a	4,3 ^a	4,8 ^a	1,9 ^b	2,3 ^a	7,90	dobra do bardzo dobra
Statystyka F F-statistic	1,49 ns	38,850**	1,73 ns	3,22 ns	5,30 ns	24,32**	6,58*		

I-AX – nierozpuszczalna frakcja arabinoksylianów / insoluble arabinoxylans fraction, S-AX – rozpuszczalna frakcja arabinoksylianów / soluble arabinoxylans fractions; T-AX – arabinoksyliany / total arabinoxylans; BG – β -glukan / β -glucan; WEV – lepkość wodnego ekstraktu / water extract viscosity; TPC – całkowita zawartość związków fenolowych / total phenolic content; Q – wskaźnik jakości browarnej / quality index * – istotne dla $p = 0,05$ / significant at $p = 0,05$; ** – istotne dla $p = 0,01$ / significant at $p = 0,01$; ns – nieistotne / not significant
Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ / Values in the columns with different letters differ significantly at $p \leq 0,05$

lepkością wodnego ekstraktu ziarna, a zawartością nieskrobiowych polisacharydów (Lazaridou i in., 2004; Carpita i in., 2011; Boros i in., 2015; Wiśniewska i in., 2021). Pomiar lepkości może być więc wykorzystany jako narzędzie do oznaczania zawartości wymienionych polisacharydów w ziarnie. Związki te są niepożądane w przemyśle browarnym, ponieważ obniżają wydajność ekstraktu, zwiększają lepkość brzeczki i odpowiadają za tworzenie się zmętnień w piwie. W przemyśle paszowym także są niemiłe widzianym składnikiem ziarna jęczmienia, obniżającym strawność białka. Jęczmienie o dużej zawartości arabinoksylianów i β -glukanu znajdują, jednak zastosowanie w produkcji żywności funkcjonalnej, ponieważ związki te zapobiegają wielu chorobom żywieniowo-zależnym, jak również korzystnie oddziałują na układ pokarmowy. W prezentowanych badaniach najniższą wartość WEV uzyskano dla rodu STH 3.1491 (1,95 mPa·s), który jednocześnie zawierał najmniej β -glukanu i rozpuszczalnych arabinoksylianów. Lepkość wodnych ekstraktów ziarna rodu STH 3.368 oraz odmiany Soldo, okazała się, odpowiednio jedną z najniższych (1,99 mPa·s) i najwyższych (2,16 mPa·s), co prawdopodobnie

powiązane był z zawartością frakcji rozpuszczalnej arabinoksylianów.

Potwierdzeniem zależności występującej pomiędzy WEV i zawartością nieskrobiowych polisacharydów była istotna korelacja, uzyskana dla sumy zawartości S-AX i BG z WEV ($r = 0,995$; $p = 0,05$). Omawiana lepkość WE oraz kolejna analizowana cecha – zawartość związków fenolowych (TPC), były istotnie zróżnicowane w obrębie badanych genotypów. Związki fenolowe ze względu na swój gorzki smak pogarszają smakowitość paszy, a w browarach tworzą z białkiem niepożądane zmętnienia koloidowe. Z perspektywy żywienia człowieka są nieocenione, ponieważ wykazują właściwości przeciwutleniające. W badanym materiale ich zróżnicowanie było nieznaczne, w zakresie 2,3 mg GAE/g – 2,5 mg GAE/g, odpowiednio dla ziarna STH 3.1491 i STH 3.368. Uzyskane wyniki są zgodne z uzyskanymi przez Abdel-Aal i Choo (2014), Lahouar i wsp. (2017), Panizo-Casado i wsp. (2020). Wyniki oceny browarnej były zbieżne z oceną składu chemicznego ziarna jęczmienia, na podstawie której wytypowano ród STH3.1491, jako jęczmień spełniający w najwyższym stopniu wymagania browarne

i żywieniowe. W ocenie browarnej został zaklasyfikowany do kategorii browarnej dobrej do bardzo dobrej. Wyższą kategorią browarną charakteryzowała się jedynie odmiana browarna RTG Planet (Q = 8,70). Drugi z rodów STH 3.368, z największą pośród analizowanych genotypów, zawartością białka i jednocześnie z najniższym udziałem nieskrobiowych polisacharydów, w tym również ich frakcji rozpuszczalnej oraz najmniejszą lepkością można polecać jako surowiec do produkcji pasz. W ocenie browarnej ród ten zaklasyfikowano do kategorii browarnej browarnej dobrej. Najbardziej oceniona została odmiana jęczmienia pastewnego Soldo, zawierająca największą, wśród badanych genotypów, ilość błonnika pokarmowego, w tym nieskrobiowych polisacharydów. W ocenie Molina – Cano odmiany nie browarne uzyskują wartość Q poniżej 3,00. Zgodnie z uzyskanymi przez nas wynikami odmiana Soldo znalazła się w kategorii browarnej średniej (Q = 3,65).

Wnioski

- 1) Analiza wariancji otrzymanych wyników wykazała istotny wpływ genotypu na masę

Literatura

- AACC. 2011. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of Analysis, 11th Ed. St. Paul, MN, USA.
- Abdel-Aal E. M., Choo T. M. 2014. Differences in compositional properties of a hullless barley cultivar grown in 23 environments in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 94, 807 – 815.
- Analytica – EBC, 2005. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- AOAC. 2007. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 18th Ed. Gaithersburg, MD
- Boros D., Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiowski 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.
- Caprita R., Caprita A., Cretescu I., Julean C. 2011a. Influence of temperature on the extractability of polysaccharides in barley. *Animal Science and Biotechnologies*, 44, 2, 81 - 84.
- Caprita A., Caprita R., Simulescu V. O., Drehe R. M. 2011b. Water extract viscosities correlated with soluble dietary fiber molecular weight in cereals. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17, 3, 242 - 245
- 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.
- Gołębiowski D., Kamińska B., Burek J., Boros D. 2014. Wpływ genotypu i miejscowości na cechy determinujące wartość browarną ziarna nowych linii jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 274, 3 - 14.
- Idehen E., Tang Y., Sang S. 2017. Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 1, 148 - 161.
- 1000 ziarniaków, celność ziarna, zawartość białka, lipidów, ligniny, frakcji rozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów, w tym również rozpuszczalnych arabinoksylianów, błonnika oraz związków fenolowych i poziom lepkości wodnego ekstraktu ziarna.
- 2) Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż ziarno rodzaju STH 3.1491, spełnia w najwyższym stopniu kryteria wymagane dla jęczmion browarnych, tzn.: cechuje się najwyższą zawartością skrobi przyswajalnej oraz niską białka, związków fenolowych i nieskrobiowych polisacharydów.
 - 3) Profil chemiczny ziarna rodzaju STH 3,368 (wysoka zawartość białka, niski poziom nieskrobiowych polisacharydów, w tym i ich frakcji rozpuszczalnej oraz związków fenolowych) wskazuje na możliwość jego wykorzystania w żywieniu zwierząt.
 - 4) Lepkość wodnego ekstraktu ziarna (WEV), wykorzystana w badaniach jako wskaźnik jego właściwości funkcjonalnych, może stanowić pomocne narzędzie w ocenie wartości użytkowej jęczmienia.
- Jones J. M. 2010. Dietary fiber's co-passengers: is it the fibre or the co-passengers? Part 5. In: *Dietary fibre: News frontiers for food and health*. (Eds. J.W. van der Kamp, J.M. Jones, B.V. McCleary and D.L. Topping), Wageningen Academic Publishers, Pp.:365 -378.
- Klockiewicz - Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU*, 80, 3 - 15.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing and Malting*. 4th updated edition. VLB Berlin. ISBN 978-3-921690-64- 2.
- Lahouar L., Ghraïr F., El Arem A., Medimagh S., El Felah M., Salemd H. B., Achour L. 2017. Biochemical composition and nutritional evaluation of barley rihane (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14, 310 - 317.
- Lazaridou A., Biliaderis C.G. 2004. Cyrogelation of cereal β - glucans: Structure and molecule size effects. *Food Hydrocolloids*, 18, 933 - 947.
- 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.
- Molina-Cano J. L. 1987. The EBC Barley and Malt Committee Index for the evaluation of malting quality in barley and its use in breeding. *Plant Breeding*, 98, 249 - 256.
- Nacz M., Amarowicz R., Sullivan A., Shahidi F. 1998. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/Canova: a review. *Food Chemistry*, 62, 489-502.
- Nishantha M. D. L. C., Zhao X., Jeewani D. C., Bian J., Nie X., Weining S. 2018. Direct comparison of β -glucan content in wild and cultivated barley. *International Journal of Food Properties*, 21,1, 2218 - 2228.
- Panizo-Casado M., Déniz-Expósito P., Rodríguez-Galdón B., Afonso-Morales D., Ríos-Mesa D., Díaz-Romero C., Rodríguez-Rodríguez E.M., 2020. The chemical composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) landraces from the Canary Islands. *Journal of Food Science*, Vol. 85, Issue 6: 1725 - 1734. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15144>

- Pejcz E., Czaja A., Wojciechowicz-Budzisz A., Gil Z., Spychaj R. 2017. The potential of naked barley sourdough to improve the quality and dietary fibre content of barley enriched wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 77, 97 - 101.
- Ploch M., Cyran M., Kasztelowicz K., Boros D., Burek J. 2005. Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. *Biul. IHAR*, 235, 155 - 162.
- Sullivan P., Arendt E., Gallagher E. 2013. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends in Food Science & Technology*, 29, 2, 124 - 134.
- Svihus B., Gullord M., 2002. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 102, 71 - 92.
- Śmiałowski T., Cieplicka A., Mańkowski D. R. 2017. Jedno i wielozmienna charakterystyka rodów jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) wyhodowanych w HR Smolice i badanych w zespołowych doświadczeniach hodowlanych w roku 2016. *Biul. IHAR* 282, 63 - 78.
- 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.
- TIBCO Software Inc. 2017. Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>
- Wiśniewska M., Boros D., Zych J. 2020. Wartość pokarmowa wybranych mieszanek zbóż jarych z roślinami bobowatymi grubonasiennymi. *Biul. IHAR*, 289, 51-62.
- Wiśniewska M., Fraś A., Dmoch A. 2021. Variability of selected quantitative traits in new spring barley genotypes. *Plant Breeding and Seed Science*, 82, 19-30.