

Wpływ czasu słodowania ziarna jęczmienia na jakość słołu

Impact of barley grain malting time on malt quality

Magdalena Wiśniewska 

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

✉ m.wisniewska@ihar.edu.pl

Celem prowadzonych badań była optymalizacja parametrów słodowania, uwzględniająca jakość browarną nowych odmian i rodów hodowlanych jęczmienia browarnego oraz zmieniające się wymagania słodowni, ukierunkowane na minimalizację naturalnych strat suchej substancji podczas przetwarzania ziarna na słoł. Materiałem badawczym było ziarno 2 odmian (RGT Planet, Soldo) i 2 rodów browarnych (RAH 570/12, 119 R III/16) jęczmienia jarego, które pochodziło z jednego miejsca uprawy (ZD HAR Radzików). Wyrównane ziarno zostało poddane słodowaniu w okresie siedmiodniowym oraz skróconym sześciodniowym. Przy interpretacji wyników wzięto pod uwagę podstawowe parametry jakości słołu: ekstraktywność, odfermentowanie, siłę diastatyczną, liczbę Kolbacha oraz lepkość brzezki. Cechy te posłużyły do obliczenia kompleksowej wartości browarnej (Q). Uzyskane wartości wskaźnika Q, dla badanych genotypów, nie wykazały znaczących różnic uwarunkowanych długością słodowania. Istotny wpływ czasu słodowania oraz genotypu na wartość browarną jęczmienia stwierdzono na podstawie analizy statystycznej.

Słowa kluczowe: białko, ekstraktywność, słoł, wartość browarna, wskaźnik jakości Q

The aim of the research was to optimize the malting parameters, taking into account the brewing quality of new varieties and breeding lines of malting barley and the changing requirements of the malting house, aimed at minimizing the natural losses of dry substance during the processing of grain into malt. The research material was the grain of 2 varieties (RGT Planet, Soldo) and 2 brewing families (RAH 570/12, 119 R III/16) of spring barley, harvested in one year and located in the same climatic area (ZD HAR Radzików). The grain was malted over a seven-day period and a shortened six-day period. When interpreting the results, the basic parameters of malt quality were taken into account: extractability, fermentability, diastatic power, Kolbach index and wort viscosity. These features were used to calculate the comprehensive brewing value (Q). The obtained values of the Q index for the tested genotypes did not show any significant differences conditioned by the length of malting. A significant effect of malting time and genotype on the malting value of barley was found on the basis of statistical analysis.

Key words: protein, extractability, malt, brewing value, quality index Q

Wstęp

Jęczmień jest zbożem o wysokim i zróżnicowanym potencjale gospodarczym. W Polsce jego najważniejsze znaczenie gospodarcze związane jest z produkcją słołu. Niestety krajowa produkcja tego zboża pokrywa tylko w 50% zapotrzebowanie słodowni na ziarno, spełniające wymagania jakościowe stawiane przez browary. Tym bardziej słodownie dążą do ograniczenia naturalnych strat suchej substancji podczas przetwarzania ziarna na słoł. Straty te wynoszą około 12%-14%, a wynikają z przemian skrobi oraz konieczności usunięcia kielków liścieniowych (Gąsiorowski 1997; Błażewicz i in., 2008; Zembold-Guła i in., 2009; Kunz, 2010). Jednym ze sposobów ograniczenia strat może być skrócenie czasu słodowania z zachowaniem wysokiej jakości słołu. Dotychczasowa siedmiodniowa metodyka słodowania, obejmująca łącznie czas namaczania ziarna i kielkowania, jest zgodna z Polską Normą oraz Europejską Unią Browarną i nadal obowiązuje w COBORU, gdzie prowadzona jest ocena przydatności słodowniczej ziarna jęczmienia browar-

nego nowych odmian wprowadzanych do uprawy. Jakość słołu uzależniona jest od wielu czynników, w tym jakości ziarna, przebiegu sezonu wegetacyjnego, zastosowanych zabiegów agrotechnicznych, jak również samego procesu słodowania. Ziarno jęczmienia browarnego powinno cechować się czystością i jednolitością odmianową, wysokim plonem z hektara, odpornością na choroby i stropy środowiskowe. Wymagania technologiczne słodowni dotyczą zawartości białka, energii kielkowania, zawartości β -glukanu oraz wyrównania. Jednocześnie bielmo ziarna, powinno mieć charakter mączysty, z luźno upakowaną strukturą skrobiową, gwarantującą szybsze osiągnięcie wymaganej wilgotności ziarna na poziomie 45% (Chandra i in., 1999). Ziarno o takiej strukturze jest też bardziej podatne na działanie enzymów w trakcie słodowania, niż ziarno zawierające więcej białka, o strukturze szklistej (Swanston i in., 2005). Wśród uprawianych obecnie w Polsce odmian jęczmienia browarnego brak jest genotypów, które ze względu na czas słodowania różniłyby się istotnie pod względem ekstraktywności lub pozostałych parametrów wartości browarnej (Zembold-

Guła i in., 2009). Z tego względu konieczne jest podjęcie badań mających na celu poszukiwanie nowych genotypów jęczmienia browarnego, wrażliwych na długość czasu słodowania ziarna. Prezentowane badania miały charakter pilotażowy, dlatego prowadzone były z wykorzystaniem nie tylko odmian, ale także nowych rodów jęczmienia.

Materiały i metody

W badaniach wykorzystano ziarno 2 odmian (RGT Planet i Soldo) oraz 2 rodów browarnych (119 R III/16, RAH 570/12) jęczmienia jarego. Materiał pochodził z jednego miejsca (ZD HAR Radzików) uprawy. Badaniami objęto: ziarno (masa 1000 ziarniaków, celność, zawartość białka ogólnego), sład (kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, ekstraktywność, liczba Kolbacha, siła diastatyczna), brzeczkę (lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość β -glukanu). Analizy przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w Polskich Normach (PN-A-79083) i metodyce Europejskiej Unii Browarnej (EBC) (Analytica, 2005). Zastosowana technologia słodowania była zgodna z metodyką przyjętą przez EBC. Słody sześćcio- i siedmiodniowe otrzymano zgodnie z poniższym opisem. Ziarno jęczmienia zostało poddane frakcjonowaniu na sitach sortownika w celu wyodrębnienia ziarna o grubości powyżej 2,5 mm, zwanego ziarnem celnym. Proces słodowania przeprowadzono w warunkach mikrosłodowni: wilgotność około 95% i temperatura powietrza 12°C. Ziarno celne, w ilości 450 g, umieszczono w perforowanych koszyczkach i naprzemiennie poddawano moczeniu i przesychnaniu w warunkach słodowni. Łączny czas moczenia i przesychnania wyniósł od 48 do 53 godzin, do uzyskania 45% wilgotności ziarna. Czas słodowania liczony był całościowo wraz z etapem moczenia i trwał 6 oraz 7 dni. W celu przerwania kiełkowania i utrwalenia zmian, które zaszły w trakcie słodowania, sład został poddany procesowi suszenia. Proces ten trwał 23 godziny. Pierwsze 18 godzin suszenia w 45°C doprowadziło do zaniku funkcji życiowych zarodka i ograniczyło procesy enzymatyczne. W drugim etapie temperatura została podwyższona do 80°C i utrzymana przez 4 godziny. Efektem suszenia było uzyskanie słodów o wilgotności poniżej 5%. Tak przygotowane słody pozbawiono ręcznie kiełków i poddano ocenie technologicznej. W celu kontroli poprawności wykonanej oceny technologicznej dołączono wzorzec sładu EBC o znanych wartościach poszczególnych parametrów wartości.

Ocena wartości browarnej została przeprowadzona według Molina-Cano (1997), z modyfikacjami dokonanymi przez COBORU (Kamińska-Klockiewicz, 2005). Genotypy jęczmienia oceniono na podstawie pięciu parametrów podstawowych: ekstraktywności, liczby Kolbacha, siły diastatycz-

nej, lepkości brzeczek i stopnia odfermentowania brzeczek. Każdy z powyższych parametrów, zgodnie z uzyskaną wartością, został zaklasyfikowany do jednej z klas jakościowych, wycenionych od 1 do 9, gdzie liczba 1 oznacza wartość najgorszą, a 9 najlepszą. Uzyskane klasy jakościowe wykorzystano do wyliczenia wskaźnika kompleksowej wartości Q, która jest sumą iloczynów tych klas i przypisanych im wag. Najistotniejszym parametrem jest ekstraktywność, która w 40% decyduje o końcowej wartości wskaźnika Q, zaś pozostałe parametry równo po 15%. W oparciu o wartość wskaźnika Q odmiany jęczmienia zaliczane są do jednej z sześciu kategorii browarnych.

Wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki przedstawiono w przeliczeniu na suchą masę. Wyniki poddano ocenie statystycznej, wykorzystując do tego celu dwuczynnikową analizę wariancji według modelu efektów stałych i procedurę porównań wielokrotnych Tukeya-Kramera. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2022).

Wyniki i dyskusja

Badany materiał charakteryzował się nieznanym zróżnicowaniem w obrębie cech analizowanych w ziarnie. Jedynie ilość białka, oznaczona w zakresie od 9,8% do 12,8%, odpowiednio dla odmiany RGT Planet oraz Soldo, charakteryzowała się zróżnicowaniem na poziomie 11%. Podobne ilości białka, w przedziale 11,6%-13,9% oznaczył zespół Boros i in. (2015), zaś niższym poziomem, od 9,8% do 10,8%, cechowały się genotypy browarne badane przez Wiśniewską i in. (2021), Dubis i in. (2012) oraz od 10,3% do 11,2% przez zespół Brazil i in. (2019). Cechy fizyczne analizowanych jęczmieni: średnia masa 1000 ziaren (MTZ) i celność wynosiły, odpowiednio 52,8 g i 96,7%. Najniższymi wartościami tych cech wyróżniało się ziarno rodu RAH 119 R III/16 (48,6 g; 91,3%), zaś najcięższa MTZ została oznaczona dla ziarna odmiany Soldo (57,1 g), a celność dla ziarna odmiany RGT Planet (99,1%). Uzyskane dla cech fizycznych wartości odpowiadały danym literaturowym (Gołębiowski i in., 2012, 2013; Boros i in., 2015; Brazil i in., 2019), jak również odpowiadały wymaganiom, które musi spełnić ziarno jęczmienia, żeby zostało poddane słodowaniu, czyli musi zawierać białko w przedziale od 9,5% do 11,5% oraz charakteryzować się wyrównaniem powyżej 90%. W tabeli 1 przedstawiono wyniki uzyskane dla podstawowych parametrów wartości browarnej: ekstraktywności sładu, liczby Kolbacha, siły diastatycznej sładu, lepkości brzeczek oraz stopnia ostatecznego odfermentowania brzeczek, które posłużyły do obliczenia wskaźnika jakości Q.

Tabela 1
Table 1Wyróżniki jakości browarnej ziarna jęczmienia i słodu
Indicators of brewing quality of grain barley and malt

Cecha Trait	Wartość średnia Mean value	Zakres Range	Zakres Range	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]
		min.	max.	
Ziarno / grain				
Średnia masa 1000 ziaren Thousand kernel weight [g]	52,8	48,6	57,1	7
Celność Grain plumpness [%]	96,7	91,3	99,1	4
Białko Protein [%]	11,5	9,8	12,8	11
Słodowanie siedmiodniowe / seven-day malting				
Ekstraktywność Extractability [%]	82,5	80,9	85,3	2
Odfermentowanie Fermentability [%]	86,5	82,0	87,1	3
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	46,5	42,9	54,0	10
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	1,54	1,50	1,66	5
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	304	253	325	12
Współczynnik Q Index Q	5,49	3,85	8,55	38
Kruchość słodu Malt friability [%]	89,3	83,4	92,0	4
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	270,1	29,3	637,0	89
Słodowanie sześciodniowe / six-day malting				
Ekstraktywność Extractability [%]	82,9	81,7	85,9	1
Odfermentowanie Fermentability [%]	87,6	84,3	89,8	3
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	50,7	46,9	57,0	8
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	1,51	1,46	1,61	4
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	266	223	308	13
Współczynnik Q Index Q	5,88	4,85	8,10	26
Kruchość słodu Malt friability [%]	66,6	53,3	82,4	17
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	116,4	14,8	343,7	122

Wartość browarną jęczmienia oceniono także na podstawie kruchości słodu i zawartości β-glukanu w brzezce. Ze względu na istotny wpływ tych parametrów na przebieg całego procesu technologicznego słodowni oraz warzelni, zostały one włączone jako dodatkowe kryteria oceny jakościowej ziarna i słodu (Klockiewicz-Kamińska, 2005; Dubis i in., 2012; Brazil i in., 2019; Habschied i in., 2020). Porównując uzyskane dla badanych sładów średnie wartości parametrów podstawowych i dodatkowych zaobserwowano, że słady sześciodniowe charakteryzowały się lepszymi wartościami

odfermentowania (87,6%), liczby Kolbacha (50,7%), lepkości brzezki (1,51 mPa·s), zawartości β-glukanu (116,4 mg·l⁻¹) oraz nieznacznie ekstraktywności (82,9%) w odniesieniu do sładów siedmiodniowych (odpowiednio 86,5%, 46,5%, 1,54 mPa·s, 270,1 mg·l⁻¹, 82,5%). Z kolei pod względem wartości kruchości i siły diastatycznej słady sześciodniowe oceniono znacznie gorzej niż siedmiodniowe, co w ogólnej ocenie sześciodniowych sładów nie obniżyło ich jakości w porównaniu do sładów siedmiodniowych. Dłuższy czas słodowania i większe wartości dla siły diastatycznej

nej w swojej pracy prezentował także Brazil i in. (2019). Nieznaczne różnice w ekstraktywności sódów uzyskanych w czasie 4, 5 i 6 dni słodowania zaobserwował również Błażewicz i in. (2008) oraz Zembol-Guła i in. (2009). Błażewicz zwrócił uwagę na różnice w reakcji badanych genotypów na skrócenie czasu słodowania. Autor stwierdził,

że każda odmiana wymaga indywidualnego doboru czasu słodowania. Analizując, uzyskane w prezentowanej pracy wyniki można wysnuć podobne wnioski. Krótszy czas słodowania przyczynił się do poprawy parametrów podstawowych w odniesieniu do wszystkich sódów, co obrazują uzyskane klasy jakości (tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Klasy jakości i ranking genotypów jęczmienia jarego pod względem wartości browarnej
Malting quality categories and ranking of spring barley genotypes

Genotyp Genotype	Cecha / Trait					Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
	Ekstraktywność Extractability [%]	Odfementowanie Fermentability [%]	Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	Lepkość brzezki Wort viscosity [mPa·s]	Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]		
Słodowanie siedmiodniowe / six-day malting							
119 R III/16	3 ^b	9 ^c	6 ^f	7 ^{cd}	4 ^{de}	4,95	średnia do dobrej
RAH 570/12	1 ^{cd}	9 ^c	8 ^{ef}	6 ^c	6 ^{bcd}	4,60	
SOLDO	1 ^d	6 ^c	7 ^f	3 ^a	9 ^{ab}	3,85	średnia
RGT PLANET	9 ^a	9 ^{ab}	9 ^b	7 ^{cd}	8 ^a	8,55	bardzo dobra
Słodowanie sześciodniowe / six-day malting							
119 R III/16	2 ^{bc}	9 ^{ab}	9 ^{cd}	7 ^{de}	2 ^c	4,85	Średnia do dobrej
RAH 570/12	2 ^{bc}	9 ^b	9 ^c	7 ^{cd}	4 ^{de}	5,15	
SOLDO	3 ^{bc}	9 ^d	9 ^{de}	4 ^b	7 ^{abc}	5,40	
RGT PLANET	9 ^a	9 ^a	9 ^a	8 ^c	5 ^{cd}	8,10	bardzo dobra

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

Wyjątek stanowił ród 119 R III/16, którego sód siedmiodniowy cechował się wyższą ekstraktywnością i wartością siły diastatycznej w porównaniu do sódów sześciodniowych. Jest to istotna informacja, gdyż wraz ze wzrostem ekstraktywności wzrasta wydajność warzelnia, co przekłada się na ilość i jakość piwa, wyprodukowanego z jednostki masy ziarna. Z tego względu ekstraktywność jest najważniejszym parametrem browarnym, którego wartość w 40% kształtuje wielkość wskaźnika Q, a tym samym kategorię wartości browarnej jęczmienia. W przypadku rodu 119 R III/16 zaobserwowane różnice pomiędzy sódami sześci- i siedmiodniowymi nie wpłynęły na jego kategorię wartości browarnej. W każdym przypadku była to kategoria średnia do dobrej, chociaż wartość wskaźnika Q była wyższa w przypadku sódów siedmiodniowych (4,95 vs. 4,85). W przypadku odmiany Soldo efektem krótszego czasu słodowania była poprawa kategorii wartości browarnej ze średniej do średnia do dobrej, odpowiednio w odniesieniu do sódów siedmio- i sześciodniowych. Mimo poprawy parametrów warto-

ści browarnej skrócenie czasu słodowania ziarna jęczmienia nie wpłynęło znacząco na poprawę jego przydatności słodowniczej. Parametry użytkowe otrzymanych sódów mieściły się w przedziałach wartości normatywnych, a główny parametr ekstraktywność nie uległ istotnym zmianom. Na podstawie oceny Molina-Cano, powszechnie stosowanej w określaniu wartości słodowniczej surowca można stwierdzić, iż czas 6 dni słodowania nie jest jeszcze czasem optymalnym i należy prowadzić dalsze badania w tym zakresie. Analiza dwuczynnikowa wartości technologicznej sódów sześci- i siedmiodniowych (tab. 3) wykazała istotny wpływ czasu słodowania oraz genotypu na poszczególne parametry wartości browarnej. Z wyjątkiem lepkości brzezki, w odniesieniu do każdego parametru jakości zaobserwowano istotną interakcję pomiędzy genotypem i czasem słodowania. Sód produkowany w okresie sześciodniowym charakteryzował się lepszą wartością browarną aniżeli ten produkowany w sposób tradycyjny, siedmiodniowy. Otrzymane wyniki oceny technologicznej dwóch typów sódów wskazują na

możliwość dalszego skracania czasu słodowania. Optymalizacja tego procesu pozwoliłaby efektywnie poprawić ekonomikę produkcji słodu, jak rów-

niez jego jakość oraz dostosować technologię otrzymywania słodu do aktualnych wymagań słodowni.

Tabela 3
Table 3

Analiza wariancji wybranych cech determinujących wartość browarną
Analysis of variance for selected parameters that determine malting quality

Cecha Trait	Genotyp [G] Genotype [G]		Czas słodowania [T] Malting time [T]		Interakcja [GxT] Interaction [GxT]	
	MS	F	MS	F	MS	F
Ekstraktywność Extractability [%]	15,7	473**	0,6	18**	0,5	14**
Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	86,36	264,6**	68,63	210,3**	2,78	8,5**
Lepkość brzezki Vort viscosity [mPa·s]	0,02164	203,7**	0,00526	49,5**	NS	NS
Siła diastatyczna Diastatic power [°WK]	5218	44,53**	5814	49,61**	506	4,32*
Kruchość Malt friability [%]	140,32	239,6**	2055,72	3510,1**	183,1	312,6**
β-glukan β-glucan [mg·l ⁻¹]	170455,0	236499,8**	95223,7	132119,2**	13321,9	18483,6**

Istotne odpowiednio dla poziomu P=0,05* lub P=0,01** / Significant at levels P=0,05* and P=0,01**, respectively;

NS – nieistotne / NS – not significant;

MS – średnia kwadratów odchyłeń / MS – mean square

Wnioski

1. Badane genotypy jęczmienia cechowały się nieznacznym zróżnicowaniem pod względem cech fizycznych ziarna i większości analizowanych parametrów wartości browarnej.
2. Zaobserwowano istotny wpływ genotypu (G), czasu słodowania (T) oraz interakcji G×T na

analizowane parametry technologiczne słodu i przygotowanych z nich brzezek.

3. Wyniki oceny technologicznej otrzymanych sładów, wskazują na możliwość kontynuacji podjętych badań, których spodziewanym efektem będzie poprawa ekonomiki produkcji słodu, jak również jego jakości.

Literatura

- Analytica-EBC. 2005. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- Błażewicz J., Liszewski M., Zembold A. 2008. Wpływ czasu słodowania ziarna wybranych odmian jęczmienia browarnego na wydajność ekstraktu. *Fragmenta Agronomica XXV*, 1: 97.
- 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.
- Brazil C., Francielly de Oliveira D., Duarte R.A., Galo J.M., Lucchetta L., da Costa dos Santos E., Hashimoto E.H. 2019. B-glucanase addition in brewing malt produced by reduced time of germination. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62: e19180315.
- Chandra G.S., Proudlove M.O., Baxter E.D. 1999. The structure of barley endosperm – an important determinant of malt modification. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 37-46.
- Dubis B., Hłasko-Nasalska A., Hulanicki P. 2012. Yield and malting quality of spring barley cultivar prestige depending on nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 11 (3): 45-46.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień – chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gołębiowski D., Myszka K., Burek J., Mańkowski D.R., Boros D. 2012. Badania zmienności genetycznej i wpływu środowiska na cechy determinujące wartość browarną ziarna rodów jęczmienia jarego włączonych do badań przedrejestrowych w 2011 roku. *Biuletyn IHAR*, 263:19-31.
- Gołębiowski D., Gołębiowska K., Fraś A., Boros D., Burek J., Mańkowski D.R., 2013. Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych z roku 2012. *Biuletyn IHAR* 268: 47-58.
- Habschied K., Lalić A., Horvat D., Mastanjević K., Lukinac J., Jukić M., Krstanović V. 2020. B-glucan degradation during malting of different purpose barley varieties. *Fermentation*, 6: 21.
- 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.
- Liszewski M., Błażewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł. 2011. Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragmenta Agronomica*, 28: 40-49.
- 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.

- Noworolnik K. 2014. Plonowanie i jakość ziarna jęczmienia jarego browarnego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Studia i raporty IUNG – PIB*, 41 (15): 129-146.
- Polska Norma PN-A-79083. Słód browarny. Metody badań. 1998.
- Swanston J.S., Ellis R.P., Rubio A. 2005. Effects on grain and malting quality of genes altering barley starch composition. *Journal of Cereal Science*. 22, 265-273.
- 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.
- Zembold-Guła A., Błażewicz J., Liszewski M. 2009. Malting time of brewing barley grain as a factor modifying the quality of pilsner type malt. *Journal Central European Agriculture*. 10 (4): 341-346.