

DAMIAN GOŁĘBIEWSKI¹**BEATA KAMIŃSKA**¹**JANUSZ BUREK**²**DANUTA BOROS**^{*1}¹ Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, IHAR — PIB, Radzików² Zakład Roślin Zbożowych, Oddział IHAR — PIB w Krakowie

Wpływ genotypu i miejscowości na cechy determinujące wartość browarną ziarna nowych linii jęczmienia jarego

Effect of genetic variation and environment on parameters that determine malting quality of new spring barley lines

Materiałem badawczym było ziarno 27 linii jęczmienia browarnego oraz 3 odmian wzorcowych Blask, Olympic, Suveren, pochodzące z doświadczeń wstępnych rozlokowanych w Bąkowie, Strzelcach i Radzikowie w 2013 roku. Badania wartości technologicznej ziarna tych linii oraz otrzymanego słoju i brzezki dokonano na podstawie masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem i białka rozpuszczalnego słoju, liczby Kolbacha, kruchości, ekstraktywności i siły diastatycznej słoju, lepkości brzezki, zawartości w niej wysokocząsteczkowego (HM) β -glukanu oraz stopnia ostatecznego odfermentowania. Wyliczono współczynniki zmienności (CV%), a także współczynniki korelacji (r). W przypadku zawartości białka w słoju, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej i zawartości HM- β -glukanu przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, jak również wyznaczono grupy jednorodne na podstawie testu Tukeya. Cechą najbardziej różnicującą badany materiał była zawartość β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce, o współczynniku zmienności powyżej 44%. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż genotyp w większym stopniu niż środowisko wpływał na wartość technologiczną linii jęczmienia browarnego pochodzących ze zbioru 2013 roku.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, wartość browarna, zmienność

Material for the study consisted of 27 breeding lines and three check varieties, Blask, Olympic, Suveren, of malt barley originated from preliminary field trials located at Bąków, Strzelce, Radzików in 2013. The malting quality was estimated on the basis of 1000 grain weight, grain plumpness, total and soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability and diastatic power, content of high molecular weight β -glucan in wort, wort viscosity and fermentability. For these parameters coefficients of variation (CV%) and coefficients of correlation (r) were calculated. Moreover, for total

* Autor do korespondencji

Redaktor prowadzący: Henryk J. Czembor

malt protein, extractability, wort viscosity, diastatic power and content of HM- β -glucan, two-way analysis of variance and Tukey's test were carried out, together with estimation of homogeneity groups. Among the material tested the most discriminating parameter was the content of HM- β -glucan in wort, with coefficient of variation for this feature above 44%. The results show that genetic factor influenced the technological value in the highest degree of malt barley lines originated from the 2013 harvest year.

Key words: malting quality, spring barley, variability

WSTĘP

W hodowli jęczmienia selekcyjonowanego w kierunku wysokiej wartości browarnej niezwykle ważna, poza wysokim plonowaniem i odpornością na choroby, jest wiedza na temat oddziaływania czynników genetycznych i agroklimatycznych na te cechy ziarna, które w głównej mierze są odpowiedzialne za wysoką przydatność ziarna do słodowania (Vanova i in., 2006). Wyznaczenie wyróżników jakościowych najkorzystniejszych z punktu widzenia wartości browarnej ziarna i słodu, które w największym stopniu są uwarunkowane genetycznie jest niezbędne w procesie hodowli jęczmienia browarnego. Najważniejszymi wyróżnikami w odniesieniu do ziarna są zawartość białka oraz masa tysiąca ziaren (MTZ) oraz sześć odnoszących się do słodu i brzezki, takich jak ekstraktywność, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, odfermentowanie oraz lepkość brzezki i zawartość w niej β -glukanu (Kunze, 2010). Ten ostatni wyróżnik jakości jest wysoce zależny od ogólnej zawartości β -glukanu w ziarnie, wpływa także istotnie na inne wskaźniki jakości browarnej, w tym na najważniejszy z nich, ekstraktywność (Bamforth, 1982; Kunze, 2010). Uwzględnienie ich w procesie hodowlanym gwarantuje postęp hodowlany i w efekcie rejestrację nowych ulepszonych odmian jęczmienia browarnego (Marquez-Cedillo i in., 2000; Wegrzyn i Bichoński, 2001). Cechy warunkujące przydatność jęczmienia do słodowania mogą być w różnym stopniu modyfikowane warunkami środowiska, nawet przy zachowaniu właściwej dla danego genotypu jęczmienia browarnego technologii uprawy (Swanston i in., 2000; Pecio, 2002). Różne genotypy w różny sposób reagują na stropy abiotyczne. Z technologicznego punktu widzenia najkorzystniej byłoby, gdyby nowe linie jęczmienia kandydujące do badań rejestrowych odznaczały się szeroką adaptacją do zmiennych warunków środowiska cech determinujących wysoką przydatność ziarna do słodowania (Bertholdsson, 2004).

W ramach badań na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej przeprowadziliśmy w latach 2010–2013 monitoring zróżnicowania genetycznego ziarna nowych linii jęczmienia jarego pod względem przydatności browarnej. Wyniki ostatniego roku badań prezentujemy w niniejszej publikacji.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było ziarno 27 linii jęczmienia browarnego, a także 3 odmian wzorcowych (Blask, Olympic, Suveren) pochodzące z doświadczenia wstępnego przeprowadzonego w 2013 roku w Bąkowie, Strzelcach i Radzikowie. Kryteriami oceny wartości browarnej były w odniesieniu do ziarna: masa 1000 ziaren (MTZ), celność, zawartość białka ogółem, zawartość skrobi; w przypadku słodu: kruchość, zawartość białka

ogółem i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, ekstraktywność; w odniesieniu do brzezki kongresowej: lepkość i stopień ostatecznego odfermentowania.

Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o grubości powyżej 2,5 mm. Proces prowadzono w temperaturze 12°C, przez 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno. Postępowanie technologiczne w trakcie otrzymywania słodu z ziarna jęczmienia było zgodne z Polską Normą (1998) oraz metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną (Analytica-EBC, 2004). Słód odkiełkowano i oznaczano jego kruchość na friabilimetrze. Oznaczenie białka przeprowadzono zgodnie z normą PN-A-79083-9 w aparacie Kjeltec Auto 1030 Analyser. Oznaczenie zawartości ekstraktu przeprowadzono w oparciu o metodykę podaną w normie PN-A-79083-6, przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48. Siłę diastatyczną słodu wyznaczono wg normy PN-A-79083-10. Lepkość brzezki wyznaczono przy pomocy lepkościomierza Brookfield LVTDV-II z obracającym się walcem. Zawartość β -glukanu w brzezce oznaczono metodą fluorymetryczną z kalkofluorem (Analytica-EBC, metoda 8.13.2). Stopień ostatecznego odfermentowania oznaczono wg metody podanej w Analytica-EBC (metoda 8.6.1), przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48. Największe znaczenie dla oceny browarności jęczmienia mają: liczba Kolbacha, siła diastatyczna, ekstraktywność słodu, lepkość i stopień ostatecznego odfermentowania. Te pięć cech jakościowych posłużyło następnie do obliczenia wskaźnika jakości Q, przyjmującego wartości w przedziale od 0 do 9 (Molina-Cano, 1987; Klockiewicz-Kamińska, 2005). Błąd każdej z analiz nie przekraczał 3%. Wyniki przedstawione w tabeli 2 są wartościami średnimi z trzech miejscowości, z których pochodziło ziarno do niniejszych badań.

W odniesieniu do wszystkich analizowanych wskaźników jakości browarnej wyliczono współczynniki zmienności oraz współczynniki korelacji liniowej Pearsona ($n = 30$). Obliczenia statystyczne wykonano w programie R z wykorzystaniem pakietów stats oraz multcomp. Istotność badanych czynników przeanalizowano testem F analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi sprawdzono metodą kontrastów Tukeya. Analizę komponentów wariacyjnych przeprowadzono metodą REML (Mądry i in., 2010).

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała istotne ($P < 0,0001$) różnice pomiędzy liniami w odniesieniu do zawartości białka w słodzie, ekstraktywności, siły diastatycznej, lepkości brzezki i zawartości w niej β -glukanu wysokocząsteczkowego (tab. 1). Stwierdzono także istotny ($P < 0,0001$) wpływ środowiska na wartości tych cech z wyjątkiem siły diastatycznej, a także istotną ($P < 0,0001$) interakcję Gx E . Mimo obserwowanych różnic istotnych statystycznie, badane nowe linie jęczmienia jarego charakteryzowały się ogólnie małą zmiennością cech określających przydatność technologiczną ziarna do słodowania, z wyjątkiem zawartości β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce oraz siły diastatycznej słodu (tab. 2). Zawartość β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce była cechą najbardziej różnicującą badany zestaw linii jęczmienia ($C_v = 44,5\%$).

Tabela 1

Analiza wariancji cech składających się na indeks wartości browarnej nowych linii jęczmienia jarego uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w 2013 roku
Analysis of variance of traits determining malting quality index of new spring barley lines participating in the preliminary field trials in 2013

Cecha Trait	Odmiana Variety		Miejsce uprawy Location		Interakcja G×E Interaction G×E	
	MS	P Value	MS	P Value	MS	P Value
Białko siodu Malt protein	1,678	<0,0001	3,795	<0,0001	0,113	<0,0001
Ekstraktywność Extractability	5,46	<0,0001	49,60	<0,0001	0,35	<0,0001
Lepkość brzezczki Wort viscosity	0,0055	<0,0001	0,0039	<0,0001	0,0025	<0,0001
β-glukan brzezczki Wort β-glucan	15775	<0,0001	6423	<0,0001	994	<0,0001
Siła diastatyczna Diastatic power	15634	<0,0001	350	0,179	602	<0,0001

MS — średnia kwadratów, P≤0,05; MS - mean square, P≤0.05

Tabela 2

Zmienność wartości browarnej nowych linii jęczmienia jarego uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w 2013 roku
Variability of malting quality parameters in spring barley lines participating in the preliminary field trials in 2013

Linia / odmiana Line / variety	MTZ TGW [g]	Celność Plump- ness [%]	Kruchość siodu Friability [%]	Białko siodu Malt protein [% sm]	Białko rozpusz- czalne Malt soluble protein [% sm]	Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	Ekstrakty wność Extracta- bility [% sm]	Lepkość brzezczki Wort viscosity [mPa.s]	Odfen- towanie Fermenta- bility [%]	Siła diasta- tyczna Diastatic power [j. W-K]	β-glukan brzezczki Wort β- glucan [mg/l]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NAD-09040	42,2	97,8	61,2	11,3 ^{no}	5,61	49,5	83,0 ^{cde}	1,54 ^h	81,3	259 ^{gij}	143 ^{gij}
NAD-09181	42,3	94,8	69,3	10,6 ^{fi}	5,66	53,2	84,5 ^{hijo}	1,44 ^{bghi}	80,6	209 ^{bcdf}	145 ^{ghk}
NAD-09510	46,0	98,5	70,2	10,5 ^g	5,90	56,0	83,4 ^{egi}	1,47 ^{hj}	79,6	184 ^{ac}	158 ^{gl}
NAD-09539	45,0	97,3	69,8	10,3 ^{fg}	5,97	58,1	83,5 ^{degm}	1,47 ^{hj}	80,0	141 ^a	167 ^{jl}
NAD-09541	45,2	98,0	70,9	10,2 ^{de}	5,75	56,6	83,5 ^{deg}	1,47 ^{hi}	81,4	162 ^{ab}	182 ^l
NAD-09573	43,0	97,2	69,1	10,8 ^{jk}	4,97	46,0	81,6 ^b	1,44 ^{cdef}	86,5	287 ^{jk}	94 ^a
POB-01/12A	45,8	98,4	82,8	11,1 ^{km}	6,11	54,9	83,2 ^{deg}	1,46 ^{cij}	85,8	271 ^{hijk}	93 ^{cf}
POB-02/12A	44,0	95,2	79,3	11,1 ^{no}	5,67	51,3	82,2 ^{cde}	1,47 ^{cij}	84,4	254 ^{hijk}	39 ^a
POB-06/11A	44,4	96,2	77,2	9,7 ^{bc}	4,95	50,8	82,6 ^{bd}	1,47 ^{di}	81,5	185 ^{bcd}	81 ^{de}
POB-2791/09	44,8	95,4	78,3	9,5 ^{ac}	4,95	52,3	83,3 ^{eghi}	1,46 ^{ci}	87,0	287 ^{hijk}	26 ^a
POB-2903/09	43,4	94,1	80,0	9,4 ^a	4,81	51,1	83,6 ^{gkin}	1,47 ^{ghi}	85,3	184 ^{bcde}	34 ^a
POB-2967/09	46,1	96,9	73,2	10,6 ^{fg}	5,97	56,3	84,0 ^{jlo}	1,48 ^h	83,0	229 ^{dg}	140 th
POB-406/09	44,9	97,2	64,6	10,5 ^{fg}	5,34	50,8	83,6 ^{cgl}	1,50 ^{hi}	84,7	280 ^{hik}	111 ^{df}
POB-4214/09	42,8	97,0	79,9	10,6 ^{hkl}	5,64	53,0	83,3 ^{egi}	1,47 ^{ci}	83,6	309 ^{ijkl}	69 ^{cde}
POB-4507/09	43,5	97,0	70,5	11,1 ^o	5,53	49,7	83,7 ^{fijklmn}	1,49 ^{ghi}	83,4	297 ^{jk}	173 ^{cde}
BKH-1/2013	46,0	96,7	70,3	11,1 ^{km}	5,55	49,9	84,0 ^{ko}	1,48 ^{bghi}	83,9	287 ^{hijk}	185 ^{ghk}
BKH-2/2013	43,8	98,7	74,7	10,3 ^{fg}	5,76	55,9	84,9 ^o	1,42 ^{af}	85,8	298 ^{ijk}	74 ^{gl}
RAH-16/10	40,0	95,7	77,1	10,3 ^{fg}	5,27	51,2	83,9 ^{egklm}	1,44 ^{def}	84,0	297 ^{ijkl}	97 ^{cde}
RAH-28/10	46,0	98,2	77,0	9,8 ^{bc}	4,98	51,1	83,9 ^{ijklmn}	1,47 ^{cdef}	85,5	233 ^{efgh}	108 ^{bc}
RAH-186/10	43,7	98,2	70,4	10,3 ^g	5,20	50,5	84,6 ^{ijkln}	1,47 ^{cdeg}	85,7	173 ^{bcd}	174 ^{ghk}

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
STH-81413	41,4	97,1	68,5	11,0 ^{mo}	5,65	51,2	83,4 ^{egkl}	1,43 ^{sd}	86,6	291 ^{jkl}	142 ^{sh}
STH-92788	41,0	97,6	71,1	10,3 ^{eg}	5,39	52,2	83,7 ^{eghi}	1,42 ^{ad}	86,6	347 ^j	60 ^{ab}
STH-92810	43,0	98,0	69,1	10,4 ^{eg}	5,96	57,5	84,6 ^{lo}	1,42 ^{bcde}	85,8	291 ^{gkl}	95 ^{dc}
STH-94194	43,3	97,2	73,4	10,4 ^{jk}	6,18	59,2	84,3 ^{gkin}	1,43 ^{def}	85,5	273 ^{jkl}	116 ^{df}
STH-94195	39,3	97,7	76,0	10,5 ^{ij}	6,20	58,9	84,9 ^{ilo}	1,40 ^a	85,4	263 ^{gkl}	77 ^c
DM-2983/10	50,5	97,2	55,7	10,8 ^{lmn}	4,65	43,2	80,4 ^a	1,49 ^{si}	82,4	212 ^{dg}	194 ^{ghj}
DM-3435/09	43,0	96,4	71,5	9,9 ^{bd}	5,04	50,9	83,0 ^{defg}	1,44 ^{def}	84,5	289 ^{hijk}	55 ^a
BLASK	41,9	96,4	70,3	10,8 ^{km}	5,29	49,1	83,7 ^{gkin}	1,49 ^{hi}	84,5	264 ^{hijk}	196 ^m
OLYMPIC	41,1	97,6	82,5	9,4 ^{ab}	5,11	54,1	84,4 ^{no}	1,42 ^{bcdef}	85,6	267 ^{hijk}	45 ^a
SUWEREN	43,1	95,4	60,7	10,3 ^{hij}	4,96	48,3	82,7 ^{bc}	1,51 ^{hi}	82,9	205 ^{cdf}	125 ^{fg}
Wartość średnia	43,7	97,0	72,2	10,4	5,47	52,4	83,5	1,46	84,1	250,9	113,3
Mean value											
CV	5,0	1,2	8,7	4,9	7,9	7,0	1,1	2,1	2,4	20,0	44,5

*Wartości w kolumnach opatrzone innymi literami różnią się istotnie statystycznie przy poziomie $P \leq 0,05$
 Values with different letters are significantly different at levels $P \leq 0,05$

Średnia zawartość β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce wynosiła 113,3 mg/l. Najwyższą jego zawartość, 196 mg/l, stwierdzono w brzezce uzyskanej z odmiany Blask, natomiast najniższą, 26 mg/l, w brzezce uzyskanej z linii POB-2791/09. Na podstawie oceny komponentów wariacyjnych stwierdzono, iż genotyp w znacznie mniejszym stopniu wpływał na tę cechę (79,7%) niż środowisko. Podobną zmienność zawartości β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce obserwowaliśmy w naszych wcześniejszych badaniach dotyczących monitoringu wartości browarnej nowych linii jęczmienia browarnego (Gołębiewski i in., 2012; 2013). Ilość tych związków w brzezce jest cechą charakteryzującą się na ogół dużą zmiennością, co wykazali w swoich badaniach także Czarnecki i in. (2004) oraz Ploch i in. (2005). Z punktu widzenia przydatności browarnej wysoki poziom β -glukanów w brzezce jest niekorzystny, gdyż zwiększa prawdopodobieństwo tworzenia się żeli, co może wpłynąć na pogorszenie procesu filtracji brzezki (Kunze, 2010). Z danych literaturowych wiadomo, że poziom β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce w największym stopniu zależy od zawartości β -glukanu ogółem w ziarnie, a także od aktywności glukanolitycznej samego ziarniaka (Bamforth, 1994). W badaniach Czarneckiego i in. (2004) zawartość β -glukanu w brzezce była skorelowana na poziomie 0,80 z ich zawartością w ziarnie. Jako składnik ścian komórkowych bielma β -glukan ogranicza modyfikację skrobi poprzez utrudnianie penetracji enzymów amylolitycznych do ziaren skrobiowych (Kunze, 2010). Zawartość β -glukanu w ziarnie jęczmienia jest silnie uwarunkowana genetycznie, modyfikowana w znacznym stopniu warunkami agroklimatycznymi uprawy. Notowany jest w tym przypadku szczególnie duży wpływ rozkładu opadów i temperatury w całym okresie wegetacji (Aastrup, 1979; Perez-Vendrell i in., 1996). Pod względem zawartości β -glukanu zaobserwowano istotne interakcje genotypowo-środowiskowe wskazujące na odmienne reakcje odmian jęczmienia na zmienne warunki klimatyczne (Molina-Cano i in., 1997; Bertholdsson, 2004). Z powyższych względów ziarno jęczmienia o wysokiej wartości technologicznej powinno charakteryzować się bardzo niską zawartością β -glukanu ogółem (Bamforth, 1982; 1994). W zależności od odmiany zawartość β -glukanu ogółem mieści się

w szerokich granicach i wynosi od 2 do 8% (Henry, 1986; Perez-Vendrell i in., 1996; Kunze, 2010). Wartości progowe zawartości β -glukanu ogółem w ziarnie nie zostały dotychczas określone. Aktywność enzymatyczna ziarniaka, wyrażająca jego zdolność do przeprowadzania przemian skrobi w cukry proste w słodzie, była cechą w drugiej kolejności różnicującą badane linie. Współczynnik zmienności siły diastatycznej wynosił 20%. Średnia wartość siły diastatycznej słodów otrzymanych z ziarna badanych linii jęczmienia browarnego wynosiła 251 j.W-K, w zakresie od 141 j.W-K, w przypadku linii NAD-09539, do 347 j.W-K w odniesieniu linii STH-92788. Zmienność tej cechy w dużym stopniu kształtowana była przez genotyp (86,3%). Równie wysoką zmienność tej cechy prezentowali w swoich pracach Bichoński i Burek (2000), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Ploch i in. (2005). Uzyskane w niniejszych badaniach wartości tej cechy u większości badanych linii jęczmienia wykroczały poza wartości typowe, które w przypadku słodów jasnych według Kunze (2010) mieszczą się w granicach od 240 do 260 j.W-K.

Najniższym współczynnikiem zmienności, 1,1%, charakteryzowała się ekstraktywność słodu. Wartość średnia tej cechy wynosiła 83,5%, w zakresie od 80,4% dla linii DM-2983/10, do 84,9% w przypadku linii BKH-2/2013. Zmienność ekstraktywności w zbliżonym stopniu zależna była od genotypu (45,1%), jak również od warunków środowiska (43,5%). Ekstraktywność jest najważniejszym wskaźnikiem jakości słodu, określającym ilość substancji wyekstrahowanych ze słodu do brzezki w procesie zacierania, a w efekcie wskazuje na objętość piwa możliwą do wyprodukowania z danej masy słodu (Kunze, 2010). W obowiązującej obecnie w Polsce ocenie jakościowej słodu jęczmiennego, cecha ta w 40% wpływa na wartość wskaźnika wartości browarnej Q (Klockiewicz-Kamińska, 2005). W celu wyhodowania genotypów o wysokiej wartości browarnej selekcja materiałów hodowlanych jęczmienia powinna skoncentrować się na cechach ziarna, które w największym stopniu wpływają na ekstraktywność. Cechami tymi są odpowiednia wielkość ziarniaków i odpowiednia zawartość w nich białka, wysoka z kolei ilość skrobi oraz niska β -glukanu (Molina-Cano i in., 1997).

Równie niską zmienność uzyskano u pozostałych cech wyznaczających przydatność ziarna jęczmienia do słodowania, takich jak lepkość brzezki, stopień ostatecznego odfermentowania oraz celność ziarna, odpowiednio 2,1%, 2,4% i 1,2%. Zbliżone wartości do powyżej wykazanej zmienności cech uzyskali Bichoński i Burek (2000), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Ploch i in. (2005). Średnia lepkość brzeczki analizowanych w niniejszej pracy wynosiła 1,46 mPa·s, najmniejszą jej wartość, 1,40 mPa·s, zmierzono w przypadku brzezki otrzymanej z linii STH-94195, zaś największą, 1,54 mPa·s, z linii NAD-09040. Zmienność tej cechy w największym stopniu warunkowana była przez interakcję genotypowo-środowiskową (62,9%) Lepkość jest parametrem pozwalającym z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć jak będzie przebiegało klarowanie i filtrowanie brzezki, a jej wartość prawidłowa w brzezce laboratoryjnej powinna być poniżej 1,63 mPa·s (Kunze, 2010). Wszystkie nowe linie jęczmienia jarego badane w niniejszej pracy wykazały znacznie niższą wartość tej cechy od wartości granicznej, zalecanej w odniesieniu do jęczmienia browarnego. Stopień ostatecznego odfermentowania określa intensywność fermentacji brzezki laboratoryjnej pod wpływem drożdży piwowskich.

Średnia wartość tego parametru wynosiła w niniejszych badaniach 84,1%, w zakresie od 80,0%, w przypadku linii NAD-09539, do 87,0% u linii POB-2791/09. Wg Molina-Cano (1987) wartość minimalna tego parametru powinna wynosić 78,8%, a więc badane linie jęczmienia jarego charakteryzowały się wartością tej cechy powyżej wartości progowej. Celność ziarna określa procentową masę ziarna pozostającą na sicie z otworami o średnicy 2,5 mm. Ziarno celne gwarantuje uzyskanie słodu o najwyższej ekstraktywności (Kunze, 2010). Analizowane ziarno jęczmienia z doświadczenia wstępnego z roku 2013 wykazało dobrą celność, wynoszącą średnio 97,0 %, w zakresie od 94,1% dla linii POB-2903/09, do 98,5 % w odniesieniu do linii NAD-09510.

Wyprodukowany sód cechował się także dobrą kruchością (72,2%) oraz odpowiednią zawartością białka, średnio 10,4% w zakresie od 9,4% do 11,3%, co przełożyło się korzystnie na liczbę Kolbacha. Średnia wartość tej cechy wynosiła 52,4%, w zakresie od 43,2% w przypadku linii DM-2983/10, do 59,2% dla linii STH-94194. Kruchość słodu, a także liczba Kolbacha, będąca procentowym udziałem białka rozpuszczalnego w białku całkowitym słodu, umożliwiają ocenę rozluźnienia słodu. Im lepsze jest rozluźnienie słodu, tym więcej substancji wysokocząsteczkowych ulegnie rozkładowi. Zbyt wysoka liczba Kolbacha, przekraczająca 41%, może jednak obniżyć stabilność smakową piwa, poprzez ryzyko tworzenia się związków Maillarda (Kunze, 2010).

Ogólnie badane linie i odmiany wzorcowe jęczmienia jarego ze zbioru 2013 roku charakteryzowały się dobrą wartością browarną. Pośród nich wyodrębniono sześć kategorii wartości browarnej (tab. 3). W grupie najlepszej kategorii wartości browarnej bardzo dobrej znalazła się linia BKH-2/2013, w kategorii dobrej do bardzo dobrej znalazły się 4 linie: STH-94195, STH-92810, STH-92788, STH-94194 i odmiana Olympic. Najwięcej linii (10) zostało zakwalifikowanych do kategorii dobrej: RAH-186/10, POB-01/12A, POB-2791/09, STH-81413, RAH-16/10, NAD-09181, RAH-28/10, POB-4214/09, POB-4507/09, BKH-1/2013. Siedem linii reprezentowało kategorię średnią do dobrej. Cztery linie i odmiana wzorcowa Suweren znalazły się w kategorii średniej, a jedna linia została sklasyfikowana jako niebrowarna.

Analiza wariancji wykazała, że warunki agroklimatyczne w sposób istotny modyfikowały wartość cech składających się na wskaźnik wartości browarnej Q, chociaż różnice pomiędzy miejscowościami w wartościach tych cech nie były zbyt duże (tab. 4). Na podstawie uzyskanych wyników nie można wskazać jednej miejscowości, w której warunki do produkcji ziarna do słodowania były najbardziej odpowiednie. Słody wyprodukowane z ziarna pochodzącego z warunków Strzelec charakteryzowały się istotnie wyższą ekstraktywnością i niższą lepkością otrzymanej brzezki, ale jednocześnie najwyższą zawartością β -glukanu wysokocząsteczkowego w porównaniu do wartości tych cech sładów otrzymanych z ziarna z pozostałych dwóch miejscowości. Przeciwnie wartości powyższych cech w sładach wyprodukowanych z ziarna pochodzącego z warunków agroklimatycznych Strzelec wskazują prawdopodobnie na ich wysoką aktywność enzymatyczną w procesie samego słodowania oraz zacierania brzezki (Bamforth, 1985).

Tabela 3

Klasy jakości i ranking wartości browarnej nowych linii jęczmienia jarego uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w roku 2013 w stosunku do odmiany wzorcowej Blask
Malting quality categories and ranking of the malting value of new spring barley lines participating in preliminary trials in the year 2013 in relation to check variety Blask

Linia/odmiana Line/variety	Liczba Kolbach index	Ekstrak- tywność Extractability	Lepkość brzeczki Wort viscosity	Odfermen- towanie Fermentability	Siła diasta- tyczna Diastatic power	Q	Kategoria wartości browarnej Classification of malt quality
BLASK	49,1	83,7	1,49	84,5	264		
BKH-2/2013	9	9	7	8	7	8,25	bardzo dobra/ very good
STH-94195	9	9	8	7	5	7,95	dobra do
STH-92810	9	8	7	8	6	7,70	bardzo dobrej
STH-92788	7	6	7	9	9	7,20	good to very good
STH-94194	9	7	7	7	5	7,00	(6,75-7,99)
OLYMPIC	8	7	7	7	5	6,85	
RAH-186/10	6	8	6	8	1	6,35	
POB-01/12A	9	5	6	8	5	6,20	
POB-2791/09	7	5	6	9	6	6,20	
STH-81413	6	5	7	9	6	6,20	dobra/ good
RAH-16/10	6	6	7	4	7	6,00	(5,50-6,74)
NAD-09181	8	8	7	1	2	5,90	
RAH-28/10	6	6	6	7	4	5,85	
POB-4214/09	8	5	6	3	7	5,60	
POB-4507/09	5	6	6	3	7	5,55	
BKH-1/2013	5	6	6	4	6	5,55	
POB-406/09	6	5	5	6	6	5,45	
POB-2967/09	9	6	6	2	3	5,40	
DM-3435/09	6	4	7	5	6	5,20	średnia do dobrej
POB-2903/09	6	5	6	7	1	5,00	average to good
NAD-09510	9	5	6	1	1	4,55	(4,25-5,49)
NAD-09539	9	5	6	1	1	4,55	
NAD-09541	9	5	6	1	1	4,55	
NAD-09573	3	1	7	9	6	4,15	średnia/ average
POB-02/12A	6	2	6	5	5	4,10	(3,00-4,24)
NAD-09040	5	4	5	1	5	4,00	
POB-06/11A	6	3	6	1	1	3,30	
SUWEREN	4	3	5	2	2	3,15	
DM-2983/10	1	1	6	1	3	2,05	niebrowarna/ non-malting (<3,00)

Na podstawie oceny komponentów wariancyjnych widać, że udział procentowy genotypu, środowiska oraz interakcji G×E w ogólnej zmienności pięciu cech składających się na wskaźnik jakości browarnej Q linii i odmian wzorcowych jęczmienia jarego ze zbioru 2013 roku rozkładał się bardzo nierównomiernie, w zakresie od 0 do 86% (tab. 5). Generalnie genotyp wpływał w większym stopniu na zmienność tych cech aniżeli środowisko. Jego udział był najwyższy w kształtowaniu zmienności siły diastatycznej (86,3%), następnie zawartości β-glukanu wysokocząsteczkowego w brzeczce (79,7%) oraz zawartości białka w słodzie (68,5%). W odniesieniu do dwóch ostatnich cech oraz lepkości brzeczki warunki środowiska nie miały prawie żadnego wpływu na ich zmienność. Lepkość brzeczki była zależna w najwyższym stopniu od interakcji genotypowo-środowiskowej (62,9%). Relatywnie niska wartość wariancji genotypowej względem

wariancji interakcji G×E wskazuje, że zachowanie badanych linii jęczmienia jarego pod względem lepkości brzezki było niestabilne, co ogranicza możliwość prowadzenia skutecznej selekcji genotypów stabilnych i o szerokiej adaptacji tej cechy. Z kolei ekstraktywność niemal w równych proporcjach zależna była od genotypu (45,1%) oraz od warunków środowiska (43,5%).

Tabela 4

Wpływ miejsca uprawy na wartości wyróżników jakości browarnej linii jęczmienia jarego uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w 2013 roku
Effect of location on malting quality indices of spring barley lines participating in the preliminary field trials in 2013

Cecha Trait	Bąków	Radzików	Strzelce	Zmienność Variability (%)
MTZ Thousand grain weight (g)	41,6	45,5	44,0	3,6
Celność Grain plumpness (%)	96,2	97,1	97,6	0,6
Kruchość Malt friability (%)	72,1	71,8	72,6	0,5
Białko słodu Malt protein (%)	10,56 ^b	10,58 ^a	10,14 ^c	2,0
Białko rozpuszczalne Malt soluble protein (%)	5,80	5,45	5,15	4,9
Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	54,9	51,6	50,8	3,4
Ekstraktywność Extractability (%)	84,6 ^a	83,1 ^b	82,9 ^c	0,9
Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa*s)	1,45 ^c	1,46 ^b	1,47 ^a	0,4
Odfermentowanie Fermentability (%)	82,9	84,1	85,3	1,2
Siła diastatyczna Diastatic power (°WK)	249 ^c	250 ^b	254 ^a	0,8
β-glukan brzezki Wort β-glucan (mg/L)	123 ^a	114 ^b	102 ^c	7,5

Wartości w rzędach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie P≤0,05
 Values in rows with different letters differ significantly at the level P≤0.05

Tabela 5

Udział genotypu, środowiska i interakcji G×E w kształtowaniu się zmienności cech składających się na indeks wartości browarnej jęczmienia
Estimation of genotype, environment and interaction G×E shares in variance of traits determining the malting quality index of barley

Składowa Component	Białko słodu Malt protein	Ekstrakt mąki Extractability	Lepkość brzezki Wort viscosity	β-glukan brzezki Wort β-glucan	Siła diastatyczna Diastatic power
Genotyp (G) Genotype	68,5%	45,1%	27,0%	79,7%	86,3%
Miejscowość (E) Location	16,1%	43,5%	0,4%	2,9%	0,0%
Interakcja G×E Interaction G×E	14,3%	7,3%	62,9%	14,8%	6,8%
Błąd	1,09%	4,1%	9,7%	2,5%	6,9%

Error

Znajomość zależności występujących pomiędzy cechami składającymi się na wartość browarną jęczmienia, szczególnie między cechami ziarna, a parametrami jakościowymi słodu i brzezki, może być pomocna w selekcji materiałów hodowlanych. W niniejszych badaniach (tab. 6) MTZ była istotnie dodatnio skorelowana z lepkością brzezki ($r = 0,473$; $P < 0,01$) oraz z β -glukanem wysokocząsteczkowym brzezki ($r = 0,363$; $P < 0,05$), a ujemnie z ekstraktywnością ($r = -0,482$; $P < 0,01$) oraz siłą diastatyczną ($r = -0,402$; $P < 0,05$).

Tabela 6

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy cechami determinującymi wartość browarną jęczmienia
Pearson's linear correlation coefficients between malting quality indices of barley

Cecha Trait	MTZ Thousand grain weight	Celność Grain plumpness	Kruchość słodu Friability	Białko słodu Malt protein	Białko rozpuszcz- alne Malt soluble protein	Liczba Kolbacha Kolbach Index	Ekstrakt mąki Extractabi- lity	Lepkość brzezki Wort viscosity	Odfermen- towanie Fermenta- bility	Siła diastaty- czna Diastatic power
MTZ										
TGW										
Celność Grain plumpness	0,151									
Kruchość słodu Friability	-0,269	-0,093								
Białko słodu Malt protein	0,065	0,206	-0,396*							
Białko rozp. słodu Malt soluble protein	-0,157	0,401*	0,155	0,454*						
L. Kolbacha Kolbach Index	-0,215	0,310	0,432*	-0,176	0,797**					
Ekstraktywność Extractability	-0,482**	0,216	0,377*	-0,203	0,497**	0,685**				
Lepkość brzezki Wort viscosity	0,473**	-0,127	-0,440*	0,287	-0,252	-0,473**	-0,424*			
Odfementowanie Fermentability	-0,309	0,073	0,348	-0,166	-0,144	-0,051	0,201	-0,478**		
Siła diastatyczna Diastatic power	-0,402*	0,093	0,156	0,248	0,074	-0,087	0,121	-0,333	0,638**	
β -glukan brzezki Wort β -glucan	0,363*	0,271	-0,632**	0,508**	0,162	-0,160	-0,061	0,440*	-0,510**	-0,384*

*Korelacja istotna przy $P \leq 0,05$; **korelacja istotna przy $P \leq 0,01$

*Correlation significant at $P \leq 0.05$; **correlation significant at $P \leq 0.01$

Powyższe wyniki wskazują jak ostrożnie należy interpretować nawet istotne zależności, jak ważne jest wyrównanie ziarna z browarnego punktu widzenia i jak zmiana wielkości jednej cechy wpływa na zmianę kilku innych. Jako przykład linie DM-2983/10 i STH-94195 charakteryzujące się w obrębie badanych linii skrajnymi wartościami MTZ (50,5 g i 39,3 g) i skrajnym poziomem β -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce (194 mg/l i 77 mg/l). Wyniki powyższe wskazują na konieczność zwrócenia szczególnej uwagi w selekcji materiałów hodowlanych jęczmienia browarnego na zawartość β -glukanu, gdyż z

racji wyższej koncentracji tych związków w ścianach komórkowych bielma, ziarniaki lepiej wypełnione wykazują tendencję do wyższej ich zawartości.

WNIOSKI

1. Badane nowe linie jęczmienia jarego różniły się istotnie pod względem cech determinujących wartość browarną ziarna.
2. Stwierdzono istotnie większy wpływ genotypu, w porównaniu do środowiska, na zmienność wartości cech składających się na wskaźnik wartości browarnej Q, z wyjątkiem lepkości brzezki.
3. Szeroki zakres zmienności genotypowej zawartości β -glukanu wysokocząsteczkowego brzezki pozwala na prowadzenie w obrębie linii hodowlanych selekcji form o niskiej zawartości β -glukanu w ziarnie, prowadzącej do otrzymania odmian o wysokiej wartości browarnej.

LITERATURA

- Aastrup S. 1979. The relationship between the viscosity of an acid flour extract of barley and its β -glucan content. *Carlsberg Res. Commun.* 44: 289 — 304.
- Analytica-EBC, European Brewery Convention. 2004. Fachverlag Hans Carl Nurnberg.
- Bamforth C.W. 1982. Barley β -glucans. Their role in malting and brewing. *Brewers Digest.* 57: 22 — 27.
- Bamforth C. W. 1985. Biochemical approaches to beer quality. *J. Inst. Brew.* 91: 154 — 160.
- Bamforth C.W. 1994. β -glucan and β -glucanases in malting and brewing: Practical aspects. *Brewers Digest.* 69: 12 — 16.
- Bertholdsson N. O. 2004. The use of environmentally stable grain characteristics for selection of high extract yield and low β -glucan in malting barley. *Eur. J. Agron.* 20: 237 — 245.
- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 161 — 166.
- Czarnecki Z., Czarnecka M., Śpiewak A. 2004. Zmiany wysokocząsteczkowych β -glukanów i aktywności β -glukanazy w procesie słodowania jęczmienia browarnego. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 3(2): 137 — 146.
- Gołębiewski 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 przedrejestrów w 2011 roku. *Biul. IHAR.* 263: 19 — 31.
- Gołębiewski D., Myszka K., Fraś A., Boros D., Burek J., Mańkowski D. R. 2013. Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrów z roku 2012. *Biul. IHAR.* 268: 47 — 58.
- Henry R.J. 1986. Genetic and environmental variation in the pentosan and beta-glucan contents of barley and their relation to malting quality. *J. Cereal Sci.* 4: 269 — 277.
- Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metody oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU, Zeszyt* 80: 3 — 15.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing and Malting.* 4th updated edition. VLB, Berlin.
- Marquez-Cedillo L. A., Hayes P. M., Jones B. L., Kleinhofs A., Legge W. G., Rossnagel B. G., Sato K., Ullrich E., Wesenberg D. M. 2000. QTL analysis of malting quality in barley based on the doubled-haploid progeny of two elite North American varieties representing different germplasm groups. *Theor. Appl. Genet.* 101 (1/2): 173 — 184.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR — PIB.* Nr 34. ISBN 83-900965-8-7.

- 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.
- Molina-Cano J. L., Francesch M., Perez – Vendrell A. M., Ramo T., Voltas J., Brufau J. 1997. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. *J. Cereal Sci.* 25: 37 — 47.
- Pecio A. 2002. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 4: 4 — 112.
- Perez-Vendrell A.M., Brufau J., Molina-Cano J.L., Francesch M., Guasch J. 1996. Effects of cultivar and environment on β -(1,3)-(1,4)-D-glucan content and acid extract viscosity of Spanish barleys. *J. Cereal Sci.* 23: 285-292.
- Ploch M., Cyran M., Kasztelowicz K., Boros D., Burek J. 2005. Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. *Komunikat. Biul. IHAR.* 235: 155-162.
- Polska Norma, PN-A-79083. 1998. Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie zawartości ekstraktu, różnicy zawartości ekstraktów, czasu scukrzania, czasu splywu brzezki laboratoryjnej i klarowności (6); Oznaczanie lepkości brzezki laboratoryjnej (7); Oznaczanie białka ogólnego, azotu rozpuszczalnego i obliczanie liczby Kolbacha (9); Oznaczanie siły diastatycznej słodu (10).
- Swanston J. S., Ellis R. P., Rubio A., Perez-Vendrell A., Molina-Cano J.L. 1995. Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *J. Inst. Brew.* 101(4): 261 — 265.
- Swanston J. S., Newton A. C., Guy D. C. 2000. Malting performance of barley cultivar mixtures from the UK and Poland. *J. Inst. Brew.* 106 (4): 239 — 243.
- Váňová M., Palík S., Hajšlová J., Burešová I. 2006. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing conditions. *Plant Soil. Environ.* 52 (5): 211 — 219.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR.* 220: 153 — 160.
- Węgrzyn S., Kowalska M., Ruśniak L. 1982. Zmienność i genetyczne uwarunkowanie plonu oraz cech wartości browarnej jęczmienia jarego. *Hod. Rośl. Aklim. Nas.* 26 (1): 41 — 51.

PODZIĘKOWANIA

Pracownikom inżynieryjno-technicznym SPOJPR za zaangażowanie i pomoc w wykonaniu analiz chemicznych. Praca była wykonana ze środków MRiRW przyznanych na realizację tematu nr 43, w ramach badań na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej.