

DANUTA BOROS, DAMIAN GOŁĘBIEWSKI, KINGA MYSZKA

WSTĘPNE BADANIA ZIARNA WYBRANYCH RODÓW HODOWLANYCH PSZENICY JAKO SUROWCA DO SŁODOWANIA

Streszczenie

Wzrastający popyt na piwa niszowe w Polsce spowodował zapotrzebowanie na słoły pszeniczne, czego następstwem jest poszukiwanie rodzimych surowców do ich produkcji. Podjęte badania miały na celu określenie przydatności ziarna wybranych rodów pszenicy zwyczajnej do słodowania, ustalenie najważniejszych parametrów jakościowych ziarna, a także wskazanie kryteriów selekcyjnych dla hodowli. Zastosowano proces technologiczny słołu pszenicznego analogiczny do produkcji słołów typu pilzneńskiego w skali laboratoryjnej. Podobnie zastosowano metody oceny wartości browarnej ziarna pszenicy, słołu i brzezki używane w ocenie ziarna, słołów i brzezek jęczmiennych. Badania przeprowadzono z udziałem ziarna 12 rodów hodowlanych pszenicy jarej i ozimej oraz dwóch komercyjnych słołów pszenicznych i wzorcowego słołu jęczmiennego. Słoły pszeniczne charakteryzowały się małą kruchością, wynoszącą 22,5 %. Ta cecha oddziaływała negatywnie na pozostałe parametry jakości słołu i brzezki. Zawartość białka wpływała istotnie na szereg cech determinujących przydatność ziarna do słodowania. Pozytywnie wpłynęła na aktywność proteolityczną i siłę diastatyczną, a negatywnie – na zawartość skrobi w ziarnie, ekstraktywność słołu oraz lepkość brzezki. Zawartość białka ogółem w ziarnie pszenicy, podobnie jak w jęczmieniu, może stanowić wyjściowe kryterium wyboru odmian do słodowania. Stwierdzono, że ziarno pszenicy ozimej jest lepszym surowcem do produkcji słołu aniżeli pszenicy jarej, przede wszystkim z uwagi na mniejszą zawartość białka. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność powadzenia dalszych prac nad opracowaniem właściwej technologii słodowania pszenicy, ukierunkowanej na optymalizację procesów moczenia, kiełkowania oraz suszenia, dostosowanej do cech surowca.

Słowa kluczowe: pszenica jara i ozima, ziarno, słoł, brzezka, wartość browarna

Wprowadzenie

Najpopularniejszym polskim piwem pszenicznym, o światowej renomie, było piwo grodziskie produkowane od średniowiecza w Grodzisku Wielkopolskim, którego

receptura i oryginalny sposób produkcji przetrwały w niemal niezmienionej postaci do XX wieku [5]. Słód używany do jego produkcji był wędzony w dymie z drewna dębowego lub bukowego. Było to piwo górnej fermentacji, klarowne, z osadem drożdżowym na dnie butelki, jasne, lekkie i bardzo musujące, leżakowane jak szampan [26]. Ze względów finansowych zaprzestano produkcji popularnego „grodzisza” w roku 1993 [17]. W Polsce obserwuje się jednak wznowienie popytu na piwa niszowe, do których zalicza się piwa pszeniczne. W literaturze naukowej niewiele jest informacji dotyczących kryteriów jakościowych, jakie musi spełniać ziarno przeznaczone do słodowania, metod oceny jego wartości browarnej czy samej technologii otrzymywania słodu [10, 11, 16, 23, 29]. Kunze [14] podaje, że w produkcji piwa pszenicznego udział procentowy słodu pszenicznego wynosi zazwyczaj nie więcej niż 50 ÷ 60 %. Tylko niewielka ilość produkowanego ziarna pszenicy jest wykorzystywana do celów browarnych, z tego względu prowadzi się niewiele prac hodowlanych nad wytworzeniem dobrego surowca do słodowania. Podkreśla się, że odmiany ozime są bardziej wskazane do tych celów z uwagi na mniejszą zawartość białka w ziarnie i większą wydajność ekstraktu oraz możliwość uzyskania z takiego słodu piwa o jaśniejszej barwie. W porównaniu z jęczmieniem ziarno pszenicy zawiera mniej β -glukanów, ale więcej arabinoksylianów, stąd dość często przy produkcji piwa ze słodu pszenicznego pojawia się problem związany z dużą lepkością brzezki [14]. W badaniach porównawczych wykazano, że jęczmień zawiera ogółem około 4,4 % β -glukanów oraz 5,7 % arabinoksylianów, podczas gdy pszenica odpowiednio: 0,7 % i 6,6 % [9]. Różnice między ziarnem tych zbóż dotyczą także udziału frakcji rozpuszczalnych w wodzie obu polisacharydów. Henry [9] podaje, że w jęczmieniu β -glukany rozpuszczalne w wodzie mogą stanowić do 66 % ich ilości, w pszenicy ich niewielka ilość prawie całkowicie może być rozpuszczalna w wodzie. Kunze [14] uważa, że do słodowania najbardziej odpowiednie są ziarniaki odmian pszenic mało podatnych na modyfikację proteolityczną w procesie słodowania oraz pozwalające na uzyskanie słodów, z których brzezka ma małą lepkość.

Celem pracy było wstępne określenie przydatności ziarna wybranych rodów pszenicy zwyczajnej do otrzymywania słodów pszenicznych w warunkach analogicznych do stosowanych przy otrzymywaniu słodów typu pilzneńskiego, ustalenie najważniejszych parametrów jakościowych ziarna jako surowca do produkcji słodu, a także wskazanie potencjalnych kryteriów selekcyjnych dla hodowli.

Material i metody badań

Materiałem doświadczalnym było ziarno 6 rodów pszenicy jarej i 6 rodów pszenicy ozimej, z doświadczeń rejestrowych COBORU przeprowadzonych w 2011 roku. Dla celów porównawczych do badań włączono komercyjnie dostępny jasny i ciemny słód pszeniczny, a także 17. wzorzec EBC słodu jęczmiennego.

Kryteriami oceny wartości browarnej były w odniesieniu do ziarna: masa 1000 ziaren (MTZ), celność, zawartość białka ogółem, zawartość skrobi; w odniesieniu do słodu: kruchość, zawartość białka ogółem i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, ekstraktywność; w odniesieniu do brzezki kongresowej: lepkość i stopień ostatecznego odfermentowania.

Słodowaniu poddano próbki ziarna o masie 450 g, o grubości warstwy powyżej 2,5 mm, umieszczone w koszykach o spodzie i bokach perforowanych, ze stali kwasoodpornej. Podczas namaczania i kiełkowania ziarna temperatura pomieszczenia była utrzymywana na poziomie około 12 °C, a wilgotność względna powietrza wynosiła nie mniej niż 95 %. Wanny zamoczkowe były wypełniane każdego dnia świeżą wodą o temp. około 12 °C. W trakcie moczenia ziarno pszenicy opornie, ale względnie jednakowo wchłaniało wodę. Trzeciego dnia moczenie trwało dłużej w porównaniu z ziarnem jęczmienia, aby wilgotność ziarna pszenicy we wszystkich próbkach została doprowadzona do 45 %. Postępowanie technologiczne w trakcie otrzymywania słodu z ziarna pszenicy było zgodne z metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną w odniesieniu do ziarna jęczmienia [1]. Zastosowano następujący schemat postępowania z ziarnem:

- 1. doba – 5 h moczenia,
- 2. doba – 4 h moczenia,
- 3. doba – 7 h moczenia wraz z tzw. dokrapianiem do osiągnięcia 45 % wilgotności (w przypadku ziarna jęczmienia okres ten trwa przeciętnie od 0,5 do 2 h),
- od 3. do 7. doby – następował etap kiełkowania ziarna zwany „słodowaniem właściwym”. W tym czasie ustawione w koszykach na regałach kiełkujące ziarno mieszano dwa razy w ciągu każdej doby. Po 7 dobach sład poddawano suszeniu przez 24 h. Pierwsze 18 h było fazą suszenia wstępnego, w której sład suszono w temperaturze do około 45 °C. Po tej fazie powinien osiągnąć wilgotność poniżej 10 %. Pod koniec tej fazy następuje ograniczenie funkcji życiowych zarodka oraz zmniejszenie tempa przemian enzymatycznych. Następnie temperaturę powietrza w suszarni zwiększano w ciągu 1 h do 80 °C i utrzymywano przez następne 4 h. Jest to tzw. faza prażenia, czyli dosuszania. Prawidłowo wysuszony sład powinien zawierać mniej niż 5 % wody. Po schłodzeniu sład odkiełkowano i oznaczano jego kruchość przy użyciu friabilimetru.

Oznaczenie zawartości białka w ziarnie, sładzie i brzezce kongresowej wykonywano zgodnie z normą PN [22] w aparacie Kjeltex Auto 1030 Analizer, metodą Kjeldahla. Dodatkowo, zawartość białka w ziarnie oznaczano według Duma [cyt. za 3], w aparacie Rapid N Cube Elementar [2]. Zawartość skrobi oznaczano stosując Megazyme kit, według procedury AOAC [2]. Oznaczenie zawartości ekstraktu wykonywano zgodnie z PN [20], a stopień ostatecznego odfermentowania – zgodnie z metodą 8.6.1 podaną w Analytica-EBC [1] – te dwa parametry oznaczano gęstościomierzem Anton

Paar DMA 48. Siłę diastatyczną słoðu oznaczano zgodnie z normą PN [19] metodą Windischa-Kolbacha. Lepkość brzezki określano zgodnie z PN [21], natomiast ekstraktu wodnego ziarna i słoðu – zmodyfikowaną metodą Boros i wsp. [4]. Modyfikacja polegała na zmianie warunków ekstrakcji poprzez zmniejszenie proporcji ziarna lub słoðu i wody (1 : 3 m/v) celem zwiększenia zmienności w próbkach analitycznych. Lepkość mierzono przy użyciu lepkościomierza Brookfield LVTDV-II, w pierwszym przypadku z obracającym się walcem, w drugim – przy zastosowaniu aparatu typu stożek/płytkę. Każdą analizę wykonywano w dwóch powtórzeniach, z wyjątkiem oznaczenia stopnia ostatecznego odfermentowania, które wykonywano w jednym powtórzeniu. Błąd każdej z analiz nie przekraczał 3 %. W odniesieniu do wszystkich analizowanych wskaźników jakości browarnej wyliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona.

Wybrane cechy jakości poddano jednoczynnikowej analizie wariancji przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.3 [25].

Wyniki i dyskusja

Jak wspomniano wyżej, w badaniach pilotażowych zdecydowano się na zastosowanie technologii słodowania, stosowanej w ocenie przydatności słodowniczej ziarna jęczmienia. Uzyskane wstępne informacje będą stanowić podstawę do dalszych prac nad optymalizacją procesu słodowania ziarna polskich odmian pszenicy.

Pod względem barwy wszystkie brzezki otrzymane ze słoðów pszenicznych nie różniły się znacząco od barwy brzezki uzyskanej ze wzorca EBC, poza komercyjnym słoðem ciemnym, z którego uzyskano bardzo ciemną barwę brzezki.

Ziarno pszenicy przeznaczone do słodowania charakteryzowało się dobrą energią kiełkowania – powyżej 95 % oraz celnością wynoszącą średnio 94,7 % w odniesieniu do form jarych i ozimych, przy czym stwierdzono duże różnice w zmienności tej cechy między formami pszenicy (tab. 1). O ile celność była w niewielkim stopniu zróżnicowana w grupie pszenic jarych, o tyle znacznie większe zróżnicowanie tej cechy stwierdzono w odniesieniu do badanych rodów ozimych. W tej grupie pszenic jeden ród miał bardzo małą celność, na poziomie 71 %, podczas gdy pozostałe pięć rodów odznaczało się największą wartością tej cechy – w zakresie od 98,6 do 99,7 %. Celność wyjściowa ziarna prawdopodobnie nie miała wpływu na parametry jakości uzyskanego słoðu, gdyż był on wyprodukowany z ziarna celnego, tj. o średnicy powyżej 2,5 mm. Celne i wyrównane ziarno jest pożądane w słodownictwie, gdyż równomiernie pochłania ono wodę przy namaczaniu i zapewnia równomierne kiełkowanie [7].

Tabela 1. Cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej i ozimej, determinujące jego przydatność do słodowania.
Table 1. Qualitative characteristics of spring and winter wheat grain to determine its usability for malting.

Pszenica Wheat	Forma Type	MTZ	Celność	Energia	Białko	Skrobia
		1000 KW	Plumpness	kielkowania*	ogółem	Starch
		[g]	[%]	Germination energy*	Total protein	
		[g]	[%]	[%]	[% s.m. d.m.]	[% s.m. d.m.]
A	Jara Spring	41,5	91,0	96	17,75	57,8
B		39,6	96,8	96	18,05	57,6
C		41,5	97,0	97	16,76	57,5
D		38,9	95,1	96	17,90	58,1
E		39,7	97,5	97	16,67	60,2
F		36,1	91,6	95	15,38	60,6
\bar{x}		39,6	94,8	96,2	17,1	58,6
s / SD		2,0	2,9	0,8	0,9	1,3
CV [%]		5	3	1	5	2
360/VIII/11	Ozima Winter	42,2	99,7	94	15,38	61,4
382/VIII/11		38,9	98,6	97	17,03	57,3
386/VIII/11		36,1	71,0	95	14,52	57,3
403/VIII/11		38,6	98,7	95	14,89	61,6
405/VIII/11		45,4	99,6	95	15,38	61,3
408/VIII/11		40,7	99,6	95	15,36	59,9
\bar{X}		40,3	94,5	95,2	15,4	59,8
s / SD		3,2	11,5	1,0	0,8	1,9
CV [%]		8	12	1	5	3
NIR / LSD		n.e.	n.e.	n.e	0,13	2,35

*Wykonano w laboratorium: / Determined in: 'Optima Słodownia Pneumatyczna Sp. z o.o.' Co. Ltd.;
 \bar{x} – wartość średnia / mean value; s / SD – odchylenie standardowe/ standard deviation; CV [%] – współczynnik zmienności / coefficient of variation; NIR / LSD – najmniejsza istotna różnica na poziomie $p \leq 0,05$ / the lowest significant difference at $p \leq 0.05$; n = 12.

Zawartość białka w ziarnie pszenic jarych wynosiła średnio 17,1 %. W przypadku odmian ozimych zawartość białka była mniejsza średnio o 1,7 % i wynosiła 15,4 %. Te badania potwierdziły stwierdzenia innych autorów o mniejszej na ogół zawartości białka w formach ozimych pszenicy niż w formach jarych, stąd wynika większa przydatność ziarna pszenic ozimych do słodowania [25]. Zbyt duża zawartość białka wpływa

bowiem niekorzystnie na niektóre z podstawowych parametrów jakości browarnej, a mianowicie jest przyczyną mniej efektywnego słodowania i zacierania oraz powoduje wytrącanie się osadów i zmętnienia piwa podczas jego leżakowania [14]. Poziom zawartości białka w ziarnie pszenicy, podobnie jak w ziarnie jęczmienia, jest w dużym stopniu uwarunkowany genetycznie, jednak może być modyfikowany także czynnikami abiotycznymi, takimi jak warunki glebowo-klimatyczne, poziom nawożenia azotowego czy termin siewu [18, 15].

Słód charakteryzuje się mniejszą zawartością białka aniżeli ziarno użyte do słodowania, co wynika z konieczności odkiełkowania wysuszonego słodu. W słodzie jęczmiennym kielki stanowią około 3 ÷ 4 % jego suchej masy, a zawartość w nich białka może sięgać około 30 % [14]. Ubytek białka w badanym słodzie pszenicznym wynosił średnio 0,68 %, przy czym większe jego zmniejszenie zaobserwowano w przypadku form jarych niż ozimych (0,76 vs. 0,59 %) (tab. 2). Ubytek białka był porównywalny ze zmniejszeniem jego zawartości uzyskanym przez Weinera i wsp. [29] w odniesieniu do słodu jęczmiennego (0,62 %) i prawie dwukrotnie mniejszy niż w przypadku słodu pszenicznego (1,22 %).

Kruchość słodu, która jest miarą rozluźnienia cytologicznego w procesie słodowania, sprzyja uzyskaniu dużej wydajności ekstraktu w procesie zacierania brzezki [6, 14]. Generalnie wartość tej cechy wszystkich badanych rodów pszenicy była mała (tab. 2). W przypadku odmian jarych kształtowała się ona na średnim poziomie 20,9 %, a odmian ozimych – 24,1 %. W przypadku odmian ozimych zaobserwowano ponadto dużą zmienność wyników (CV = 27 %). W dostępnej literaturze brak jest wyznaczników kruchości słodu pszenicznego. Natomiast dobrej jakości słód jęczmienny powinien charakteryzować się wartością tej cechy w zakresie od 75 do 81 % [14]. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że mała kruchość badanych sładów pszenicznych wpłynęła niekorzystnie na pozostałe cechy ich wartości browarnej, mimo stwierdzenia braku istotnej ($p < 0,05$) korelacji kruchości z innymi cechami jakościowymi. Niektórzy autorzy wskazują na przydatność kruchości w szacowaniu jakości słodu w materiałach hodowlanych jęczmienia [3, 6, 28].

Ekstraktywność słodu, cecha w największym stopniu wpływająca na wartość browarną ziarna, wskazuje na wielkość ekstraktu do pozyskania, a w efekcie na ilość piwa możliwą do wyprodukowania z danej masy słodu [13]. Określa ona ilość substancji rozpuszczalnych przechodzących ze słodu do brzezki. W obowiązującej obecnie w Polsce ocenie jakościowej słodu jęczmiennego, w 40 % wpływa ona na wartość wskaźnika wartości browarnej Q [12]. Ekstraktywność zależy od składu chemicznego ziarna i aktywności enzymów hydrolizujących związki w nim zawarte. Ekstraktywność jęczmienia jest cechą odmianową, w mniejszym stopniu zależną od czynników siedliskowo-agrotechnicznych [30]. Ekstraktywność badanych sładów pszenicznych była na

Tabela 2. Wartości parametrów jakościowych słodów i brzecek otrzymanych z ziarna pszenicy jarej i ozimej.
Table 2. Quality parameter values of malts and worts produced from grain of spring and winter wheat.

Pszenica Wheat	Forma Type	Kruchość słodu Friability [%]	Białko słodu Malt protein [% sm / dm]	Białko roz- puszczalne Soluble protein [% sm / dm]	Ekstrakt mąki Extracta- bility [% sm / dm]	Odfermen- towanie Fermen- tability [%]	Liczba Kolbacha Kolbach index [%]	Lepkość brzezki Wort viscosity [mPa·s]	Siła diastatyczna Diastatic power [j, W·K]	Czas filtracji 400 ml Filtration time 400ml [min]
A	Jara Spring	19,6	16,74	6,66	79,5	81,2	40,1	1,65	450	30
B		16,4	17,75	6,36	78,9	82,4	35,9	1,75	580	40
C		20,0	16,25	5,64	81,3	83,2	35,2	1,65	350	30
D		23,6	17,12	6,22	78,6	82,2	36,3	1,66	470	35
E		21,6	15,80	6,59	82,2	84,5	41,9	1,59	550	30
F		24,2	14,28	5,69	82,3	83,5	40,0	1,70	380	30
\bar{x}		20,9	16,3	6,19	80,5	82,8	38,2	1,67	463	33
s / SD		2,6	1,1	0,4	1,5	1,0	2,5	0,1	82,8	-
CV [%]		13	7	6	2	1	7	3	18	-
360/VIII/11	Ozima Winter	19,0	14,81	5,68	82,2	81,8	38,0	1,69	350	40
382/VIII/11		35,6	15,89	5,55	81,5	83,3	35,0	1,70	460	40
386/VIII/11		26,0	14,11	5,59	84,1	82,0	39,4	1,80	430	40
403/VIII/11		19,2	14,54	5,06	83,3	81,8	34,8	1,86	290	40
405/VIII/11		27,8	14,80	7,46	85,2	84,0	50,2	1,85	470	40
408/VIII/11		16,8	14,84	5,56	83,9	84,3	37,6	1,86	340	40
\bar{x}		24,1	14,8	5,82	83,4	82,9	39,2	1,79	390	40
s / SD		6,5	0,5	0,8	1,2	1,0	5,2	0,1	67,1	-
CV [%]		27	4	14	1	1	13	4	17	-
NIR / LSD		n.e	0,29	n.e	0,84	n.e	n.e	0,03	25	n.e.

\bar{x} – wartość średnia / mean value; s / SD – odchylenie standardowe / standard deviation; CV [%] – współczynnik zmienności / coefficient of variation; NIR / LSD – najmniejsza istotna różnica na poziomie $p \leq 0,05$ / the lowest significant difference at $p \leq 0,05$; n = 12.

ogół niezadowalająca, w szczególności w porównaniu z wartością tej cechy w odniesieniu do sładów komercyjnych. Szczególnie małą ekstraktywnością odznaczały się słody otrzymane z ziarna rodów pszenicy jarej – średnio 80,5 %. Słody z ziarna rodów pszenicy ozimej charakteryzowały się wyższą średnią wartością tej cechy – 83,4 %. Dwa, spośród ozimych genotypów pszenicy, charakteryzowały się dobrą ekstraktywnością (84,1 i 85,2 %), porównywalną, a nawet przewyższającą tę uzyskaną ze sładów komercyjnych. Wskazuje to na możliwość selekcji genotypów pszenicy ozimej o dużej przydatności do słodowania. Zmienność ekstraktywności sładów otrzymanych z obu form pszenicy była mała i wynosiła około 2 %. Jeszcze mniejsze zróżnicowanie dotyczyło stopnia ostatecznego odfermentowania brzezki. Było ono rzędu 1 % w obu przypadkach (tab. 2). Nie stwierdzono również różnic wartości średnich tej cechy pomiędzy brzezkami otrzymanymi ze sładów form jarych i ozimych pszenicy. W odniesieniu do obu tych form wartość średnia ostatecznego odfermentowania brzezki wynosiła 82,8 %.

Liczba Kolbacha określa stopień rozluźnienia sładu białkowego, informuje jaka część białka zawartego w sładzie przemieszcza się do brzezki w czasie zacierania kongresowego [14]. Wartość tej cechy zależy od zawartości białka ogółem w ziarnie, a także od ilości białka rozpuszczalnego, na którą oprócz czynników genetycznych wpływa wiele czynników glebowo-klimatycznych oraz agrotechnicznych. Mimo dużej zawartości białka, badane słody pszeniczne odznaczały się ogólnie małą wartością liczby Kolbacha, na poziomie średnio 38,7 %, przy czym nie stwierdzono dużego zróżnicowania wartości tej cechy w obrębie 11 rodów formy jarej bądź ozimej. Wyjątek stanowił jeden ród ozimy, z którego otrzymany sólód charakteryzował się dużą wartością liczby Kolbacha, równą 50,2 %.

Lepkość brzezki uważana jest za główny miernik modyfikacji składników bielma sładu [14]. Duża lepkość brzezki wskazuje na niedostateczną modyfikację cytolityczną sładu, stąd mniejsza jego ekstraktywność i najczęściej utrudniona filtracja brzezki oraz gotowego piwa. Składnikiem, który wpływa na zwiększenie lepkości brzezki otrzymanej ze sładów pszenicznych są arabinoksylany [17]. Suhasini i wsp. [28] stwierdzili, że ziarno odmiany pszenicy, z której wyprodukowano sólód niższej jakości charakteryzowało się większą zawartością arabinoksylianów, a w szczególności frakcji rozpuszczalnych w wodzie w porównaniu z ziarnem pszenicy o dobrej wartości browarnej. W niniejszych badaniach średnia wartość lepkości brzezki uzyskanych z odmian jarych wynosiła 1,67 mPa·s. W przypadku odmian ozimych średnia wartość wynosiła 1,79 mPa·s. Lepkość brzezki była cechą o małym stopniu zróżnicowania, średnio 3 i 4 %, odpowiednio w odniesieniu do formy jarej i ozimej. Na ogół przyjmuje się, że sólód jęczmienny o dobrej i bardzo dobrej modyfikacji cytolitycznej odznacza się lepkością brzezki w zakresie od 1,63 do 1,51 mPa·s [14]. Większa lepkość brzezki pszenicznych może wskazywać na niedostateczną cytolizę sładu bądź na odmien-

ne od przyjętych dla jęczmienia normy lepkości brzezki otrzymanej ze słodów pszenicznych.

Siła diastatyczna jest uważana za miarę sumarycznej aktywności enzymów amylolitycznych hydrolizujących skrobię do różnych oligomerów glukozy, głównie maltozy [14]. Siła diastatyczna odpowiadająca jednej jednostce Windischa-Kolbacha (j.W-K) wyraża wytworzenie 1 g maltozy z roztworu skrobi, w warunkach określonych metodą, przez enzymy zawarte w 100 g badanego siodu. Wszystkie badane siody pszeniczne charakteryzowały się dobrą wartością siły diastatycznej. W przypadku odmian jarych wynosiła ona średnio 463 j.W-K, a w odmianach ozimych była mniejsza i wynosiła 390 j.W-K. Według Kunzego [14] siła diastatyczna siodu jęczmiennego powyżej 250 j.W-K wskazuje na dobry potencjał enzymatyczny siodu, który w trakcie zacierania jest zdolny do hydrolizy skrobi własnej oraz skrobi zawartej nawet w 20-procentowym zasypie niesłodowanego ziarna.

Tabela 3. Charakterystyka wartości browarnej siodów pszenicznych dostępnych w handlu.

Table 3. Brewing value profile of commercially available wheat malts.

Słód Malt	Białko siodu Malt protein	Białko rozpuszczalne Soluble protein	Ekstrakt mąki Extract-tability	Odfermentowanie Fermen-tability	Liczba Kolbacha Kolbach index	Lepkość brzezki Viscosity	Siła diastatyczna Diastatic power	Czas filtracji Filtration time
	[% sm / dm]	[% sm / d.m.]	[% sm / d.m.]	[%]	[%]	[mPa·s]	[W-K]	[min]
Pszeniczny jasny Light wheat	12,50	3,97	84,3	83,1	31,5	1,91	380	60
Pszeniczny ciemny Dark wheat	12,77	5,79	84,3	83,1	45,3	2,08	210	75
Jęczmienny wz, 17 EBC Barley, 17 th EBC	11,29	4,16	81,3	85,4	36,9	1,58	310	40

Mimo obaw o trudności z filtrowaniem brzezki pszenicznych, z uwagi na brak łuski, nie odnotowano w tym względzie żadnych problemów. Wszystkie badane siody pszeniczne miały zbliżony czas filtracji brzezki do czasu filtracji brzezki otrzymanej z 17. wzorca siodu jęczmiennego EBC, przy 400 ml objętości mieściły się w granicach od 30 do 40 min (tab. 2 i 3). Wyjątek stanowiły komercyjne siody pszeniczne. Czas

filtracji obu brzeczek otrzymanych z tych sładów był znacznie dłuższy, średnio o 31 min, od średniego czasu filtracji brzeczek uzyskanych ze sładów badanych rodów pszenicy.

Porównując wyniki badań sładów pszenicznych, otrzymanych z badanych rodów, z wynikami otrzymanymi w przypadku komercyjnych sładów, uwagę zwraca w tych drugich mniejsza zawartość białka powiązana z dużo większą ich ekstraktywnością (tab. 3). Komercyjne słody pszeniczne charakteryzowały się jednak większą o 16 % lepkością brzeczki, która z pewnością miała istotny wpływ na znacznie dłuższy czas filtracji brzeczki kongresowej otrzymanej w warunkach laboratoryjnych.

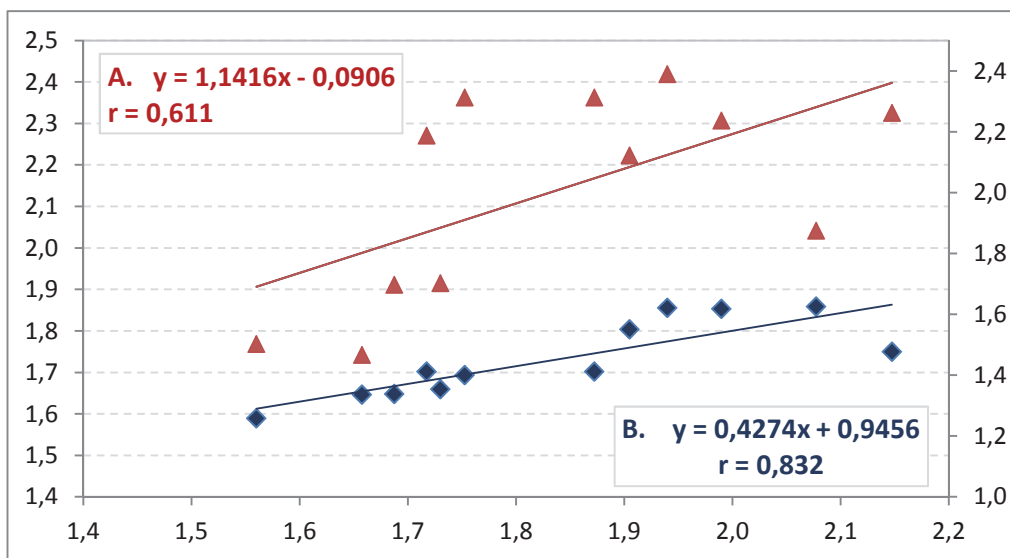
Tabela 4. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy cechami wartości browarnej ziarna, sładu i brzeczki z pszenicy jarej i ozimej.

Table 4. Coefficients of Pearson linear correlation amongst brewing value characteristics of grain, malt and wort of spring and winter wheat.

Parametr Parameter	Ziarno / Grain		Słód / Malt		
	Białko Protein	Skrobia Starch	Białko Protein	Białko rozpuszczalne Soluble protein	Ekstraktywność Extractability
Skrobia / Starch	-0,589*	-	-	-	-
Energia kiełkowania Germination energy	0,677*	-0,644*	-	-	-
Białko sładu Malt protein	0,972***	-0,588*	-	-	-
Ekstraktywność Extractability	-0,901***	-	-0,885***	-	-
Liczba Kolbacha Kolbach index	-	-	-	0,785**	-
Lepkość / Viscosity	-0,614*	-	-	-	0,633*
Siła diastatyczną Diastatic power	0,622*	-	0,609*	0,676*	-
Korelacje istotne: * przy $p < 0,05$; ** przy $p < 0,01$ oraz *** przy $p < 0,001$. Correlations significant: * at $p < 0,05$; ** at $p < 0,01$ and *** at $p < 0,001$					

Z danych literaturowych wynika, że zawartość białka i skrobi to cechy ziarna, które w największym stopniu determinują wartość browarną pszenicy, a tym samym jej przydatność do produkcji sładu [11]. Jin i wsp. [10] zbadali wartość browarną sześciu chińskich odmian uprawnych pszenicy i stwierdzili istotne liniowe zmniejszenie ekstraktywności ($r = -0,923$; $p < 0,01$) oraz liczby Kolbacha ($r = -0,850$; $p < 0,05$) w miarę

wzrostu zawartości białka w ziarnie. Autorzy wykazali również znaną z wcześniejszych prac i niemożliwą dotychczas do przezwyciężenia w hodowli zbóż ujemną zależność między zawartością białka i skrobi. W tych badaniach odmiana z najmniejszą zawartością białka zawierała również największą ilość skrobi i największą ekstraktywność, a w odniesieniu do całego zestawu rodów pszenicy stwierdzono istotną ($p < 0,05$) ujemną korelację ($r = -0,59$) między tymi składnikami ziarna (tab. 4). Ponadto zawartość białka w ziarnie negatywnie wpłynęła na ekstraktywność słodu ($r = -0,90$) oraz lepkość brzezki ($r = -0,61$), a dodatnio na energię kiełkowania ($r = 0,68$) i siłę diastatyczną ($r = 0,62$), wskazując na powiązanie zawartości białka i aktywności proteolitycznej.



Rys. 1. Zależności między lepkością wodnych ekstraktów ziarna i słodu (A) oraz między lepkością wodnego ekstraktu słodu oraz lepkością brzezki (B).

Fig. 1. Relationships between viscosity of water extracts of grain and malt (A) and viscosity of malt water extract and viscosity of wort (B).

Badania lepkości wykazały występowanie istotnych ($p < 0,05$) korelacji między lepkością wodnego ekstraktu ziarna a lepkością wodnego ekstraktu słodu ($r = 0,61$) i brzezki pszenicznej ($r = 0,60$) oraz ($p < 0,001$) między lepkością wodnego ekstraktu słodu a lepkością brzezki ($r = 0,83$) (rys. 1). Lepkość wodnego ekstraktu ziarna pszenicy była w głównej mierze zależna ($r = 0,80$) od zawartości rozpuszczalnych w wodzie arabinoksylianów [8]. Postuluje się, aby pszenica do celów browarnych charakteryzowała się małą zawartością tych polisacharydów, stąd już wstępne badania

wskazują, że prosty test lepkości może być pomocny w selekcji odpowiednich odmian pszenicy do słodowania.

Wnioski

1. W badaniach przydatności ziarna wybranych odmian pszenicy do celów browarnych stwierdzono, że proces słodowania wymaga udoskonalenia. Technologia dostosowana do ziarna jęczmienia okazała się nieefektywna w zastosowaniu do ziarna pszenicy.
2. Genotyp pszenicy ma istotny wpływ na jakość otrzymanego słodu, przy czym wykazano większą przydatność genotypów ozimych niż jarych.
3. Zawartość białka w ziarnie pszenicy jest cechą wpływającą istotnie na cechy determinujące przydatność ziarna do słodowania. Pozytywnie wpływa na aktywność enzymatyczną mierzoną jako energia kiełkowania ziarna oraz siła diastatyczna słodu, a negatywnie na zawartość skrobi w ziarnie, ekstraktywność słodu oraz lepkość brzezki.
4. Zawartość białka ogółem w połączeniu z lepkością wodnego ekstraktu ziarna może stanowić wyjściowe kryterium wyboru odmian pszenicy do słodowania.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Panu T. Rzemieniukowi za podsuniecie pomysłu tematyki badawczej, COBORU za udostępnienie materiału badawczego, pracownikom inżynierjno-technicznym SPOJPR oraz ZRZ w IHAR-PIB za zaangażowanie i pomoc w analizach chemicznych oraz za wykonanie słodowania ziarna. Praca była częściowo wykonana jako usługa badawcza dla „OPTIMA” Słodownia Pneumatyczna Sp. z o.o.

Literatura

- [1] Analytica – EBC. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Method 8.6.1 (fermentability). Wyd. EBC Analysis Committee, Norymberga 2004.
- [2] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC, Arlington, method 990.03 for protein with Dumas procedure; method 996.11 for starch, 1995.
- [3] Bathgate G.N.: The relationship between malt friability and wort viscosity. J. Inst. Brew., 1983, **89**, 416-419.
- [4] Boros D., Marquardt R.R., Słominski B.A., Guenter W.: Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosan content in rye. Cereal Chem., 1993, **70** (5), 575-580.
- [5] Chrzanowski J.: Zarys historii piwa grodziskiego. Wyd. Tow. Miłośników Ziemi Grodz. Grodzisk Wielkopolski 1986.
- [6] Fox G., Onley K., Ferguson R., Skerman A., Inkerman A.: The friabilimeter as a tool in assessing malt quality in a breeding program. [on line] Proceedings of 10th Australian Barley Technical Symposium. 16-20 September 2001, Canberra, ACT, Australia. Dostęp w Internecie: <http://www.regional.org.au>

- [7] Gąsiorowski H.: Jęczmień – chemia i technologia. PWRiL, Poznań 1997.
- [8] Gebruers K., Dornez E., Boros D., Fraś A., Dynkowska W., Bedo Z., Rakszegi M., Delcour J.A., Courtin C.M.: Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, **56**, 9740-9749. DOI: 10.1021/jf800975w
- [9] Henry R.J.: A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. *J. Sci. Food Agric.*, 1985, **36**, 1243-1253.
- [10] Jin Y., Zhang K., Du J.: Effects of wheat protein content on endosperm composites and malt quality. *J. Inst. Brew.*, 2008, **114**, 289-293.
- [11] Jin Y-H., Du J-H., Zhang K-L., Zhang X-C.: Effect of wheat starch contents on malt qualities. *J. Inst. Brew.*, 2011, **117**, 534-540.
- [12] Klockiewicz-Kamińska E.: Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU*, 2005, **80**, 3-15.
- [13] Kowalska M., Ruśniak L.: Jęczmień dla przemysłu browarnego. W: Jęczmień. Red. L. Ruśniak, PWRiL, Warszawa 1973, pp. 230-262.
- [14] Kunze W.: *Technology Brewing and Malting*. 4th updated edition. VLB, Berlin 2010.
- [15] Liszewski M., Błazewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł.: Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.*, 2011, **28**, 40-49.
- [16] Lu J., Li Y.: Effect of arabinoxylans solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt. *Food Chem.*, 2006, **98**, 164-170.
- [17] Piwo grodziskie. [on line] Dostęp w Internecie: http://pl.wikipedia.org/wiki/Piwo_grodziskie
- [18] Podolska G., Stankowski S.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 2001, **218/219**, 127-136.
- [19] PN-A-79083-10:1998. Słód browarny. Metody Badań. Oznaczanie siły diastatycznej słodu.
- [20] PN-A-79083-6:1998. Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie zawartości ekstraktu, różnicy zawartości ekstraktów, czasu scukrzania, czasu spływu brzezki laboratoryjnej i klarowności.
- [21] PN-A-79083-7:1998. Słód browarny. Metody Badań. Oznaczanie lepkości brzezki laboratoryjnej.
- [22] PN-A-79083-9:1998. Słód browarny. Metody Badań. Oznaczanie białka ogólnego, azotu rozpuszczalnego i obliczanie liczby Kolbacha.
- [23] Pomeranz Y., Standridge N.N., Robbins G.S., Goplin E.: Malting of new wheat cultivars. *Cereal Chem.*, 1975, **52**, 485-492.
- [24] Rothkaehl J., Stępniewska S.: Jakość ziarna pszenicy ze zbiorów ostatnich lat w Polsce. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2005, **8**, 3-6.
- [25] SAS Institute Inc. *SAS/STAT 9.2 User's Guide*, Second Edition. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc., 2009.
- [26] Słodownik [on line], Dostęp w Internecie: www.slodownik.pl/kursy/word/hierarchia_tekstu_historia_piwa.doc.
- [27] Suhasini A.W., Muralikrishna G., Malleshi N.G.: Free sugars and non-starch polysaccharide contents of good and poor malting varieties of wheat and their malts. *Food Chem.*, 1997, **60**, 537-540.
- [28] Thomas D.A.: A novel results of malt friabilimeter analysis: case-hardened malt. *J. Inst. Brew.*, 1986, **92**, 65-68.
- [29] Weiner W., Gozdecka G., Korpál W.: Badania możliwości pozyskiwania słodu z ziarna wybranych zbóż. *Acta Agrophysica*, 2008, **12**, 813-823.
- [30] Węgrzyn S., Bichoński A.: Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR*, 2001, **220**, 153-160.

PRELIMINARY STUDY ON QUALITY OF SOME WHEAT LINES SELECTED AS RAW MATERIAL FOR MALTING

S u m m a r y

An increasing demand for niche beers in Poland has created the need for wheat malts and, thus, there are sought indigenous raw materials for the manufacture of beers. The objective of the research study was to determine the suitability of grain of some common wheat lines selected for malting, to establish the most important quality parameters of that grains and to point out the selection criteria for cultivation. A lab scale technological process of wheat malt was applied, the one similar to the process used in producing a Pilsen malt. Likewise, the methodologies utilized when evaluating grain, malts, and wort of barley were used to assess the brewing value of grain, malt, and wort of wheat. The study performed included grain of 12 cultured lines of spring and winter wheat, grain of 2 commercially available wheat malts, and grain of standard EBC barley malt. Wheat malts were characterized by a very poor friability equalling 22.5 %. That characteristic adversely affected other quality parameters of malt and wort. The content of protein significantly impacted several characteristics to decide on the suitability of the grain for malting. The effect of protein content on the proteolytic activity and diastatic power was positive; however, it was negative on the content of starch in grain, malt extractability, and wort viscosity. The content of total protein in wheat, similar to barley, can be set as an initial criterion of selecting cultivars for malting. It was found that the grain of winter wheat was a better material for malting than the grain of spring wheat, mainly because it had less protein. The results obtained highlight that it is necessary to continue the research studies in order to develop an appropriate wheat malting technology oriented on the optimization of steeping, germination, and kilning processes and well suited to the characteristics of a raw material.

Key words: spring wheat, winter wheat, grain, malt, wort, brewing value ☒