

KINGA MYSZKA**DANUTA BOROS**Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Poszukiwanie genotypów owsa o poprawionej wartości odżywczej oraz wysokich właściwościach bioaktywnych

Search for new genotypes of oats with improved nutritional value and high bioactive properties

Celem badań było wskazanie rodów owsa charakteryzujących się wysoką wartością żywieniową i bioaktywną, na którą składa się wysoka zawartość białka, tłuszczu, składników mineralnych i skrobi, ale także błonnika pokarmowego z wysoką koncentracją rozpuszczalnego β -glukanu. Materiał do badań stanowiło ziarno obłuszczone nowych 11 rodów i rodu nagiego owsa oraz odmiany wzorcowe Arden i Bingo wraz z odmianą nagą, Nagus. Oznaczono następujące składniki: białko, składniki mineralne, lipidy ogółem, skrobię strawną, NSP z podziałem na rozpuszczalne i nierozpuszczalne, w tym β -glukan, ligniny Klasona. Oznaczono także lepkość ekstraktu wodnego, która to cecha jest główną miarą właściwości funkcjonalnych ziarna owsa i pośrednią metodą pomiaru poziomu rozpuszczalnego β -glukanu. Płatki stanowiły średnio 25,4% masy ziarniaka, przy czym największym jej udziałem (29,8%) odznaczał się ród POB 2085/09, najmniejszą odmiana Bingo (21,6%). Pod względem zawartości w ziarnie składników odżywczych, wyliczonych jako suma zawartości białka, składników mineralnych, lipidów i skrobi, wyróżniały się rody STH 8307 i POB 2149/09 oraz odmiana Arden, dla których suma ta wynosiła odpowiednio 80,2; 80,1 oraz 82%. W odniesieniu do wskaźnika właściwości bioaktywnych najwyższymi jego wartościami charakteryzowało się ziarno dwóch nagich genotypów, odmiany Nagus (26,7) i rodu STH 8307 (24,2) oraz obłuszczone genotypu oplewionego STH 8030 (23,1). Ród STH 8307 był genotypem łączącym wysoką wartość odżywczą ziarna z wysokimi właściwościami prozdrowotnymi.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, β -glukan, owies obłuszczony, wartość odżywcza

The aim of the study was to select genotypes with improved content of nutrients and of high bioactive properties from the most advanced breeding materials of oat in Poland. Material for the study comprised dehulled grain of 11 new hulled breeding lines of oats and a naked one and also two standard varieties, Arden and Bingo, together with a naked one, Nagus. The following components were analyzed: protein, minerals, lipids, digestible starch, dietary fibre and its constituents, Klason lignin, nonstarch polysaccharides with soluble and insoluble polymers including β -glucan. The viscosity of

grain water extract was also determined as the main indicator of functional properties of oat and also as a simple indirect assay for measuring the level of soluble β -glucan. Husk constituted on average 25.4% of the kernel weight, its largest share (29.8%) was found in the breeding line POB 2085/09, while the smallest (21.6%) in variety Bingo. The highest content of nutrients (SSO), estimated as the sum of protein, minerals, lipids and starches was scored in two genotypes, STH 8307 and POB 2149/09 and also in variety Arden (80.2; 80.1 and 82%, respectively). With regard to the bioactive properties, the highest values were found in the grain of two naked genotypes, variety Nagus (26.7) and strain STH 8307 (24.2) and also in a dehulled grain of hulled genotype STH 8030 (23.1). The STH 8307 was a genotype combining the high nutritional value with high health-promoting properties of the grain.

Key words: dehulled oat, dietary fibre, β -glucan, nutritive value

WSTĘP

Owies i produkty owsiane zaliczane są do żywności funkcjonalnej. W porównaniu do typowych zbóż chlebowych, ziarno owsa cechuje się mniejszą zawartością węglowodanów, zwłaszcza skrobi oraz większą ilością β -glukanów i pentozanów, będących głównymi składnikami błonnika pokarmowego (Wood, 1990; Kawka, 2010; Lange, 2010). β -glukany jako główny składnik rozpuszczalnej frakcji błonnika owsa zwiększają lepkość treści pokarmowej, absorbują kwasy żółciowe i cholesterol egzogeny w przewodzie pokarmowym, tworzą również na ściankach jelita cienkiego warstwę ochronną ograniczającą wchłanianie cholesterolu z pożywienia. Dzięki zdolności do tworzenia żeli w przewodzie pokarmowym, przyczyniają się również do zmniejszenia stężenia glukozy poposiłkowej we krwi (Gibiński, 2005; Lange, 2010; Kwong i in., 2013). Białko owsa jest spośród wszystkich zbóż najbogatsze w aminokwasy egzogenne (41%) i frakcję globulinową (80%), co wpływa na jego wysoką wartość odżywczą (Kawka, 2010; Lange, 2010). Tłuszcz owsiany bogaty jest w nienasycone kwasy tłuszczowe, które stanowią około 80% wszystkich kwasów. Są to głównie kwasy: oleinowy (29–53%), linolowy (24–48%), α -linolenowy (1–5%) zaliczane do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, których organizm człowieka nie potrafi samodzielnie wytwarzać (Gibiński, 2005; Kawka, 2010; Lange, 2010). W oplewionych ziarnach owsa znajduje się 4–6% tłuszczu, a ziarnach obłuszczonych czy form nagich sięga nawet 11% (Nita, 1999; Piątkowska i in., 2010). W ziarnie owsa stwierdzono również obecność związków, które charakteryzują się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi. Należą do nich związki polifenolowe, m. in. kwasy fenolowe, flawonoidy, fitoestrogeny oraz awentramidy. Związki te są równomiernie rozmieszczone w ziarnie, dlatego w procesie obłuszczenia nie występują ich straty, a dzięki temu, że są termostabilne, nie tracą swoich cennych właściwości w trakcie obróbki technologicznej (Gibiński, 2005). Owies zawiera również duże ilości witamin z grupy B, zwłaszcza tiaminy (B_1), witaminę E oraz składniki mineralne, a wśród nich cenny dla naszego zdrowia cynk (Lange, 2010).

Równoległe z coraz większą świadomością konsumentów o profilaktycznej roli żywności funkcjonalnej rośnie na świecie popyt na żywność o ukierunkowanym, korzystnym oddziaływaniu na organizm. Jej produkcja wzrasta w tempie 8–14% rocznie, a wartość tego rynku szacowana jest na poziomie 80 mld USD (Oleksey, 2007). Wynika stąd również duże zainteresowanie samym ziarnem owsa i jego przetworami. Występująca

duża zmienność genotypowa zawartości składników o działaniu profilaktycznym, w szczególności β -glukanu w ziarnie owsa wzbudza zainteresowanie przemysłu spożywczego odmianami tego zboża o największej ich koncentracji (Redaelli i in., 2013). Dostępność odmian owsa o wysokiej zawartości β -glukanu byłaby ogromnym atutem w produkcji żywności o korzystnym wpływie na nasze zdrowie. Zespoły hodowców na świecie pracują różnymi metodami nad wytworzeniem odmian o podwyższonym poziomie tego składnika w ziarnie (Sikora i in., 2013). Taki między innymi nowy kierunek hodowlany został zapoczątkowany również w Polsce, co według Nity (1999) powinno przyczynić się podwyższenia efektywności uprawy owsa i większego zapotrzebowania na jego ziarno.

Celem niniejszej pracy było wskazanie form owsa charakteryzujących się wysoką wartością żywieniową oraz prozdrowotną, na którą składa się wysoka zawartość białka, tłuszczu, a przede wszystkim błonnika pokarmowego z wysoką koncentracją rozpuszczalnego β -glukanu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły te same trzy zestawy obłuszczonego ziarna, każdy składający się z 12 rodów owsa oraz trzech odmian wzorcowych, Arden i Bingo oraz formy nagiej Nagus. Pośród badanych rodów był jeden ród nagoziarnisty. Każdy zestaw został wyprodukowany w 3 odmiennych warunkach glebowo-klimatycznych: Choryni, Polanowicach i Strzelcach w roku 2011. Plewkę usunięto ręcznie, następnie ziarno zmielono w młynku laboratoryjnym Cyclotec firmy Tecator na sitach o średnicy 0,5 mm. W tak przygotowanym materiale wykonano następujące analizy fizyko-chemiczne: suchą masę, składniki mineralne, białko i lipidy ogółem, skrobię strawną, nieskrobiowe polisacharydy (NSP) z podziałem na rozpuszczalne (S-NSP) i nierozpuszczalne (I-NSP), w tym β -glukan oraz ligninę Klasona. Oznaczono także lepkość ekstraktu wodnego (WEV). Suchą masę ziarna oznaczano zgodnie z metodą AACC 44–15A (2003), według której 2 g próby suszono w temperaturze 105°C przez 16 godzin do uzyskania stałej masy. Sumę składników mineralnych oznaczono grawimetrycznie, zgodnie z metodą AACC 08–01, na podstawie zawartości popiołu, po 5. godzinnym spalaniu próby w piecu muflowym w temperaturze 550°C (2003). Grawimetrycznie oznaczono także lipidy ogółem po wyekstrahowaniu 3 g próby roztworem chloroformu, metanolu i kwasu solnego zmieszanych w proporcji 60:40:1 (v/v/v) (Marchello i in., 1971). Zawartość białka oznaczono metodą Dumasa na aparacie Rapid N Cube firmy Elementar, zgodnie z procedurą AACC 46-30 (2003), stosując współczynnik przeliczeniowy azotu na białko, który wynosi 6,25. Skrobię strawną oznaczono przy użyciu kitu Megazyme (K-TSTA) zgodnie z metodami AACC 76-13 (2003). Błonnik pokarmowy oznaczono w oparciu o metodę enzymatyczno-chemiczną, tzw. metodą Uppsalską (AACC 32-25, 2003), jako sumę nieskrobiowych polisacharydów oraz ligniny Klasona (Theander i in., 1995; Approved Methods of the AACC, 2003). Zawartość nieskrobiowych polisacharydów (NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej według Englysta i Cummingsa (1984), jako sumę cukrów: arabinozy, ksylozy, mannozy, galaktozy i glukozy. Uzyskane po

hydrolizie polisacharydów kwasem siarkowym monomery w/w cukrów upochodniono do lotnych pochodnych octanu alditolu i oznaczono na chromatografii gazowej Autosystem XL, firmy Perkin Elmer, wyposażonym w autosampler, injektor ze splitem, detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) oraz kapilarną kolumnę kwarcową Rtx- 225 o wymiarach 0,53 mm × 30 m. Metoda ta pozwala na rozdzielanie frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej nieskrobiowych polisacharydów, a także określenie składu polisacharydów poszczególnych frakcji. Zawartość ligniny Klasona oznaczono grawimetrycznie według Theandera i in. (1995), natomiast zawartość β -glukanu analizowano przy użyciu kitu Megazyme (K-BGLU) zgodnie ze standardową procedurą AACCC 32-23 (2003). W celu oznaczenia lepkości wodnego ekstraktu (WEV) ziarno ekstrahowano w wodzie destylowanej w stosunku 1:5 (w/w), w temperaturze 30°C przez godzinę. Otrzymaną w ten sposób zawiesinę wirowano przez 10 minut przy prędkości 5 000 obr/min, po czym zmierzono lepkość na lepkościomierzu Brookefielda (model LVDV-III) w temperaturze 30°C przy prędkości ścinania 30 rpm (Boros i in., 1993).

Każdą analizę wykonano w przynajmniej dwóch powtórzeniach, błąd każdej z nich nie przekracza 3%. Przedstawione wyniki zawartości składników ziarna są wartościami średnimi ziarna z trzech lokalizacji uprawy.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej (analiza wariancji, procedura porównań wielokrotnych Tukeya) przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.2 (SAS Institute Inc., 2009).

WYNIKI I DYSKUSJA

Jedną z cech decydujących o przydatności owsa do przetwórstwa i jego wartości pokarmowej dla zwierząt jest udział plewki w plonie ziarna. Zbyt wysoki obniża wartość pokarmową i technologiczną, stąd trend w hodowli tego gatunku w kierunku odmian nagoziarnistych lub odmian oplewionych o ziarnie dużym, dobrze wyrównanym z relatywnie mniejszą zawartością plewki (Lutowska i in., 2008). Taki kierunek jest również prowadzony w Polsce, który ma gwarantować wytworzenie odmian o podwyższonej jakości ziarna (Nita, 1999). Dla badanego materiału hodowlanego największy udział plewki (29,8%) stwierdzono w ziarnie rodu POB 2085/09, najmniejszy (23%) w dwóch rodach, DC 1193 oraz STH 9010 (tab. 1). Średnia jej zawartość w badanym materiale dla form oplewionych była na poziomie 25,4%. Ogólnie najmniejszym udziałem plewki charakteryzowało się ziarno wzorcowej odmiany Bingo (21,6%). W badanych formach owsa nagiego znaleziono niewielkie ilości plewki, jej udział wynosił 0,3% i 1,4%. Wyższe zakresy udziału plewki w owsie oplewionym uzyskali Pisulewska i in. (2010), co może wskazywać na pewien postęp hodowlany tej cechy ziarna owsa. W badaniach tych autorów udział plewki w odmianach owsa uprawianych w Polsce wynosił od 26,1% do 32,4%. Badania innych polskich autorów wykazały, że udział plewki w masie ziarna może być znacznie większy, sięgać średnio nawet 39,5% (Pilzłó i in., 1999), na który istotny wpływ obok genotypu miały również warunki uprawy. Nasze wyniki są w dużym stopniu zgodne z wynikami Butta i in. (2008), którzy stwierdzili, iż udział plewki w owsie zazwyczaj mieści się w granicach 25–30% masy ziarna.

Tabela 1

Udział plewki oraz zawartość składników odżywczych w badanych próbkach obłuszczonego ziarna
owsa (% sm)

Hull share and content of nutrients in analyzed samples of dehulled grain of oat (% dm)

Rody owsa Oat breeding lines	Udział plewki Hulls content	Białko Protein	Popiół Ash	Lipidy Lipids	Skrobia Starch	SSO*
ARDEN	25,2	15,1 ^f	2,1 ^f	6,6 ^l	58,2 ^a	82,0 ^a
BINGO	21,6	14,7 ^g	2,1 ^f	7,6 ^g	52,3 ^{cdefg}	76,7 ^{def}
DC 1193	23,1	14,6 ^g	2,1 ^f	6,4 ^m	52,5 ^{cdefg}	75,6 ^{ef}
DC 1329	26,5	15,8 ^d	2,2 ^{cde}	7,0 ^k	54,4 ^{bc}	79,5 ^{bc}
DC 1776	25,1	16,6 ^b	2,4 ^a	7,3 ⁱ	50,4 ^{gh}	76,7 ^{def}
POB 158/09	26,0	15,1 ^f	2,2 ^{de}	7,4 ^h	54,3 ^{bcd}	79,0 ^{bc}
POB 1882/09	24,7	15,2 ^{ef}	2,1 ^f	7,0 ^k	53,9 ^{bcde}	78,2 ^{bcd}
POB 2085/09	29,8	17,0 ^a	2,4 ^a	8,0 ^f	48,8 ^h	76,1 ^{def}
POB 2149/09	24,6	15,7 ^d	2,3 ^b	7,2 ^j	54,9 ^b	80,1 ^{ab}
POB 342/09	26,5	15,9 ^d	2,3 ^c	8,1 ^e	51,9 ^{efg}	78,1 ^{bcd}
STH 8030	27,6	16,2 ^c	2,3 ^b	10,1 ^b	49,2 ^h	77,8 ^{cd}
STH 9010	23,0	14,8 ^g	2,1 ^f	7,6 ^g	52,2 ^{cdefg}	76,7 ^{def}
STH 9110	26,0	15,4 ^e	2,2 ^{cd}	8,3 ^d	49,0 ^h	74,9 ^f
NAGUS	0,3	14,7 ^g	2,2 ^c	9,9 ^c	51,0 ^{figh}	77,8 ^{cde}
STH 8307	1,4	14,7 ^g	2,0 ^g	10,6 ^a	52,9 ^{bcdef}	80,2 ^{ab}
Średnia wartość Mean value	25,4**	15,4	2,2	7,9	52,4	78,0
CV	8,4	4,8	4,7	16,4	4,9	2,5

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at $P < 0,05$

*SSO — suma składników odżywczych; sum of nutrients; ** — tylko dla form oplewionych ; only for hulled forms

Badane genotypy owsa różniły się istotnie zawartością składników odżywczych ziarna, takich jak białka, składników mineralnych, lipidów i skrobi oraz składników bioaktywnych, takich jak błonnik pokarmowy wraz z jego komponentami, a mianowicie nieskrobiowymi polisacharydami, β -glukanem i ligniną Klasona (tab. 1 i 2).

Zawartość białka w ziarnie owsa, jednego z najważniejszych składników chemicznych wpływających na jego wartość pokarmową, jest w największym stopniu uwarunkowana genetycznie. Według Gąsiorowskiego (1992) w obłuszczonego ziarnie owsa jest od 10 do 25% więcej białka w porównaniu z innymi zbożami. W niektórych odmianach amerykańskich owsa jego zawartość w ziarnie sięga nawet około 24% (Bartnikowska i in., 2000). W badaniach własnych średnia ilość białka w ziarnie obłuszczonego wynosiła 15,4% (tab. 1). Istotnie wyższą ($P < 0,05$) jego zawartość (17,0%) stwierdzono dla rodu POB 2085/09, natomiast w grupie o najniższej jego ilości, poniżej 15,0%, znalazły się cztery rody i odmiana Bingo. Mniejsze zakresy zawartości białka w owsie obłuszczonego stwierdzili w swoich badaniach Gleń (2004) oraz Lutowska i in. (2008) na poziomie odpowiednio 1–16% oraz 11,4–15,3%). W materiale badanym przez Gibińskiego (2005) średnia zawartość białka w odmianach bez plewki była na poziomie 15,1%, a więc zbliżonym do materiału analizowanego w niniejszych badaniach.

Owies jest bogatym źródłem składników mineralnych, bogatszym niż tradycyjne zboża chlebowe, pszenica i żyto. W badanym materiale średnia zawartość składników mineralnych wynosiła 2,2%, przy czym stwierdzono istotne różnice pomiędzy genotypami

pod względem tej cechy (tab. 1). Największą ich ilość (2,4%) miały rody DC 1776 oraz POB 2085/09. Najniższą zawartością składników mineralnych (2,0%) charakteryzował się nagoziarnisty ród STH 8307. Z wcześniejszych badań Lutowskiej i in. (2008) wynika, iż zawartość substancji mineralnych w ziarnie po obłuszczeniu jest na poziomie około 2%. Natomiast Bartnikowska i in. (2000) podają, iż ilość popiołu w owsie pozbawionym plewki mieści się w bardzo szerokim zakresie, od 2,0 do 3,4%. Warty podkreślenia jest fakt wyższej koncentracji żelaza, manganu i wapnia w puli składników mineralnych owsa, aniżeli pszenicy, jęczmienia czy żyta (Bartnikowska i in., 2000).

Tabela 2

Zawartość składników bioaktywnych w obłuszczonej ziarnie owsa (% sm)
Content of bioactive components in dehulled grain of oat (% dm)

Rody owsa Oat breeding lines	I-NSP	S- NSP	T- NSP	β-glukan β-glucan	Lignina Klasona Klason lignin	TDF	WEV [mP.s]	WWB IBQ
ARDEN	3,9 ^{bcd}	4,1 ^h	7,9 ^{ghi}	3,7 ^{gh}	4,8 ^d	12,7 ^d	1,59 ^h	19,2 ^g
BINGO	3,7 ^{defg}	4,4 ^{def}	8,1 ^{efgh}	4,0 ^{de}	4,2 ^{gh}	12,4 ^c	1,79 ^c	20,5 ^{de}
DC 1193	3,7 ^{def}	4,1 ^{gh}	7,9 ^{hi}	3,5 ⁱ	4,1 ^h	11,9 ^f	1,53 ⁱ	18,4 ^h
DC 1329	3,9 ^{abcd}	4,2 ^{gh}	8,1 ^{efgh}	4,1 ^c	4,6 ^{ef}	12,7 ^d	1,58 ^h	19,3 ^{fg}
DC 1776	4,2 ^a	4,9 ^{ab}	9,1 ^a	4,6 ^a	5,6 ^b	14,7 ^a	1,72 ^c	23,3 ^c
POB 158/09	3,5 ^{fg}	4,3 ^{fgh}	7,7 ⁱ	4,3 ^b	5,1 ^c	12,8 ^d	1,69 ^f	20,0 ^{ef}
POB 1882/09	3,7 ^{defg}	4,3 ^{fg}	8,0 ^{fghi}	3,8 ^{efg}	4,6 ^{def}	12,6 ^{de}	1,58 ^h	19,5 ^{fg}
POB 2085/09	4,1 ^{abc}	4,7 ^{bc}	8,8 ^b	4,1 ^c	3,8 ⁱ	12,6 ^{de}	1,57 ^h	20,0 ^{ef}
POB 2149/09	4,1 ^{abc}	4,1 ^{gh}	8,2 ^{efg}	3,5 ^{hi}	4,4 ^g	12,6 ^{de}	1,57 ^h	19,1 ^g
POB 342/09	3,9 ^{bcd}	4,3 ^{fgh}	8,2 ^{efg}	3,8 ^{fg}	4,6 ^f	12,7 ^d	1,63 ^g	19,7 ^{fg}
STH 8030	4,1 ^{ab}	4,6 ^{cde}	8,7 ^{bc}	3,9 ^{ef}	6,3 ^a	15,0 ^a	1,75 ^d	23,1 ^c
STH 9010	3,6 ^{efg}	4,7 ^{cd}	8,3 ^{def}	4,5 ^{ab}	3,4 ⁱ	11,7 ^f	1,68 ^f	19,6 ^{fg}
STH 9110	3,8 ^{cde}	4,4 ^{efg}	8,2 ^{efg}	4,1 ^{cd}	4,7 ^{def}	12,8 ^{cd}	1,81 ^c	20,8 ^d
NAGUS	3,4 ^g	5,1 ^a	8,6 ^{bcd}	4,6 ^a	5,5 ^b	14,1 ^b	2,46 ^a	26,7 ^a
STH 8307	3,7 ^{defg}	4,7 ^{bc}	8,4 ^{cde}	4,3 ^b	4,8 ^{de}	13,2 ^c	2,30 ^b	24,2 ^b
Średnia — Mean	3,8	4,5	8,3	4,0	4,7	13,0	1,7	20,9
CV	5,8	7,1	4,5	8,6	15,5	7,2	15,6	11,2

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at $P < 0,05$

NSP — nieskrobiowe polisacharydy (I-NSP frakcja nierozpuszczalna w wodzie; S-NSP frakcja rozpuszczalna; T-NSP — ogółem, jako suma I-NSP i S-NSP); TDF— błonnik pokarmowy; WWB — wskaźnik właściwości bioaktywnych ziarna; WEV — lepkość wodnego ekstraktu ziarna; NSP — nonstarch polysaccharides, (I-SP water insoluble fraction; S-NSP water soluble fraction; T-NSP total — a sum of I-NSP and S-NSP); TDF— Total Dietary Fibre; IBQ- Index of Bioactive Quality

Zawartość tłuszczu w owsie jest 3–5 razy większa aniżeli w innych zbożach (Bartnikowska i in., 2000). W obrębie badanego materiału istotnie wyższą ($P < 0,05$) zawartość lipidów (10,6%) stwierdzono dla rodu nagiego STH 8307, przy wartości średniej 7,9%, podczas gdy najniższą ilością lipidów (6,4%) charakteryzował się ród DC 1193. Gibiński (2005) podaje, że zawartość tłuszczu w odmianach przez niego badanych kształtowała się na poziomie 5,9–6,5%. Z kolei według Bartnikowskiej (2000) w obłuszczonej ziarnie owsa średnio jest 7,9% tłuszczu, a ponadto w odmianach nagich jego ilość jest zwykle większa. W naszych badaniach również stwierdziliśmy najwyższy poziom lipidów w rodzie nagim, jednakże na drugim miejscu uplasował się ród oplewiony, który po obłuszczeniu istotnie przewyższał ilością lipidów nagą odmianę wzorcową Nagus (tab. 1). Według Browna i Craddocka (1972) zawartość lipidów w owsie obłuszczonej

waha się w szerokich granicach od 3,1 do 11,6% i jest głównie uwarunkowana genetycznie (Pisulewska i in., 2011).

Owies, w porównaniu z innymi zbożami, jest uboższy w węglowodany. W grupie polisacharydów dominuje skrobia, która w porównaniu ze skrobią innych zbóż, charakteryzuje się specyficznymi właściwościami fizycznymi, chemicznymi i strukturalnymi, tj. najmniejszym rozmiarem ziaren skrobiowych, największą zawartością substancji tłuszczowych, odmiennymi właściwościami reologicznymi oraz niższą skłonnością do retrogradacji (Kościelny i in., 2008). W badanych genotypach średnia zawartość skrobi wynosiła 52,4%. Odmianą o istotnie wyższej ilości tego składnika była odmiana Arden (58,2%) natomiast w grupie o istotnie niższej zawartości znalazły się dwa rody POB 2085/09 oraz STH 8030 (odpowiednio 48,8% i 49,2%). Pod względem zróżnicowania zawartości skrobi wyniki te są zbliżone do zakresu zmienności stwierdzonej przez innych autorów (Boros i in., 2012; Gibiński i in., 2005).

O wartości odżywczej danego surowca do produkcji żywności decyduje suma zawartości białka, skrobi, lipidów oraz składników mineralnych. Są one niezbędnymi dla życia substancjami, dzięki którym możliwe jest prawidłowe funkcjonowanie organizmu, jego odpowiedni wzrost i rozwój. Dla pełnej charakterystyki wartości żywieniowej badanych genotypów owsa wyliczono sumę składników odżywczych (SSO). Wartość średnia SSO dla analizowanego materiału wynosiła 78%. Dla siedmiu genotypów wartość tego wskaźnika przekraczała wartość średnią, przy czym istotnie wyższą ilością składników odżywczych charakteryzowała się odmiana Arden (82%), podczas gdy statystycznie niższą zawartością składników odżywczych odznaczał się ród STH 9110 (74,9%).

Unikalne właściwości prozdrowotne ziarna owsa i produktów owsianych są związane z wysoką zawartością błonnika pokarmowego, którego cechą charakterystyczną jest wysoki udział frakcji rozpuszczalnych (Wood, 1990). W niniejszych badaniach stwierdzono istotnie wyższą zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie dwóch nowych rodów STH 8030 i DC 1776 (15 i 14,7%) oraz w odmianie Nagus (14,1%) w porównaniu do wartości średniej (13%) uzyskanej dla 15 genotypów owsa (tab. 2). W grupie o istotnie niższej zawartości błonnika znalazły się dwa rody owsa DC 1193 i STH 9010 (po około 11,8%). Z danych literaturowych wynika, iż zawartość błonnika pokarmowego w obłuszczonej ziarnie owsa jest znacznie zróżnicowana. Według Gibińskiego i in. (2005) ilość tego składnika w odmianach bez łuski mieści się w granicach 12,0–14,1%. Znacznie szerszy zakres, od 8,6 do 14,4%, podaje dla analizowanych form owsa Lutowska i in. (2008). Z kolei w naszych wcześniejszych badaniach ziarna 27 odmian owsa przeznaczonych do uprawy w Polsce oraz 12 wyróżniających się rodów hodowlanych (Boros i in., 2012), zawartość błonnika pokarmowego ogółem była w zakresie od 10,5 do 14,7%, przy średnim poziomie równym 12,2%. Najważniejszym z prozdrowotnego punktu widzenia składnikiem błonnika pokarmowego jest β -glukan (Brennan i in., 2005), zaliczany do nieskrobiowych polisacharydów (NSP). W badanym zestawie rodów owsa istotnie wyższą zawartością NSP (9,1%), w tym także frakcji nierozpuszczalnej (4,2%), rozpuszczalnej (4,9%) oraz β -glukanu ogółem (4,6%) charakteryzowało się ziarno rodu DC 1776. Istotnie niższą ilość NSP oznaczono w ziarnie rodu POB 158/09 (7,7%), a β -

glukanu w DC 1193 (3,5%). Odmiana nieoplewiona Nagus miała najwyższą zawartość rozpuszczalnej frakcji NSP i β -glukanu ogółem, odpowiednio 5,1% i 4,6%, przy średniej zawartości tych składników 4,5% dla S-NSP i 4,0% dla β -glukanu. Według Boros i in. (2012) zawartość NSP w owsie bez łuski wynosi między 5,6 a 7,9%, rozpuszczalnej jego frakcji 3,7–5,6%, a ilość β -glukanu mieści się w granicach od 3,9 do 5,5%. Gibiński i in. (2005) stwierdzili zawartość β -glukanu w owsie obłuszczonego w zakresie od 4,9 do 5,1%. Wyniki niniejszych badań wskazują, iż w nowych genotypach owsa można znaleźć formy wyróżniające się udziałem β -glukanu w ogólnej zawartości NSP lub błonnika pokarmowego. W analizowanym zestawie rodów i odmian wzorcowych β -glukan stanowił średnio około 49% ogólnej zawartości NSP, w zakresie od 43 do 56% oraz 31% zawartości błonnika pokarmowego, w zakresie od 26 do 38%. Z zawartością rozpuszczalnej frakcji NSP, a w szczególności β -glukanu wiąże się ich zdolność tworzenia w środowisku wodnym roztworów o dużych lepkościach. Te właściwości β -glukanu są czynnikiem warunkującym korzystny efekt prozdrowotny owsa, związany głównie z działaniem hipocholesterolemicznym i hipoglikemicznym (Wood, 1990). Ostatnie badania prowadzone przez zespół Tosh (Kwong i in., 2013) wykazały, iż efekt ten może być spotęgowany wzrostem lepkości, wynikającej z większej koncentracji rozpuszczalnego β -glukanu w owsie, bądź ze zwiększonego udziału frakcji β -glukanu o wyższych masach molekularnych. W naszych badaniach lepkość była cechą w największym stopniu zróżnicowaną, na poziomie 16% oraz zależną istotnie od zawartości β -glukanu (tab. 2, 4). Z tego względu cecha lepkości może stanowić dobre kryterium selekcyjne materiałów hodowlanych owsa dla różnych kierunków użytkowania ziarna, w których zawartość rozpuszczalnego

β -glukanu odgrywa istotną rolę. Odmiana Nagus charakteryzowała się największą WEV, równą 2,46 mP.s, podczas gdy ród DC 1193 najniższą wartością tej cechy (1,53 mP.s). Duże różnice w wartości lepkości ekstraktów ziarna rodów i odmian o zbliżonej zawartości β -glukanu wskazuje na możliwe zróżnicowanie w strukturze tych związków.

Istotnym składnikiem błonnika pokarmowego w ziarnie owsa, podobnie jak w ziarnie innych zbóż, jest lignina Klasona. Lignina należy do niepolisacharydowych składników błonnika pokarmowego, jest polimerem, którego monomerami są związki organiczne będące pochodnymi aromatycznych alkoholi fenolowych. Są to alkohol koniferylowy, alkohol synapinowy, alkohol kumarylowy. Struktura chemiczna ligniny jest usieciowana wiązaniami eterowymi i kowalencyjnymi węgiel-węgiel (C-C) (Bartnikowska i in., 2000). Obok lepkości wodnego ekstraktu ziarna była to cecha najbardziej zróżnicowana w obrębie analizowanego materiału (powyżej 15%). Najwyższą zawartość ligniny (6,3%) stwierdzono w ziarnie rodu STH 8030, a najniższą w ziarnie rodu STH 9010 (3,4%). Nieco większy zakres zmienności, w zakresie od 2,8 do 6,3%, stwierdziliśmy w naszych wcześniejszych badaniach 39 różnych genotypów owsa (Boros i in., 2012). Biorąc pod uwagę, iż lepkość związana z rozpuszczalnymi składnikami błonnika pokarmowego w największym stopniu determinuje właściwości funkcjonalne ziarna zbóż opracowaliśmy wskaźnik właściwości bioaktywnych (WWB) ułatwiający typowanie genotypów o potencjalnie wysokich właściwościach prozdrowotnych. Lepkość jest związana głównie z zawartością rozpuszczalnej frakcji NSP, dlatego przyjęto, że wypadkowa tych cech

w postaci sumy TDF (błonnik pokarmowy) i iloczynu WEV i S-NSP będzie właściwie charakteryzowała te właściwości. Średnia wartość WWB dla badanych genotypów wynosi 20,9. Najwyższymi wartościami WWB charakteryzowała się odmiana Nagus (26,7) oraz linie STH 8307 (24,2) i STH 8030 (23,1). Najniższymi natomiast linia DC 1193 (18,4), odmiana Arden oraz linie POB 2149/09, DC 1329, dla których WWB wynosił około 19. Ważną podkreślenia jest możliwość wyodrębnienia genotypów kumulujących zarówno wysoką wartość odżywczą jak również wysokie potencjalne właściwości prozdrowotne. Takim genotypem jest STH 8307.

W naszych badaniach wykazaliśmy, iż środowisko miało istotny wpływ na zawartość składników chemicznych w ziarnie badanych genotypów owsa, z wyjątkiem sumy składników odżywczych oraz zawartości nieskrobiowych polisacharydów (tab. 3).

Tabela 3

Skład chemiczny ziarna owsa w zależności od miejsca uprawy
Chemical composition of oat grain depending on trial location

Cecha Trait	Miejsce uprawy Field trial location		
	Choryń	Polanowice	Strzelce
Białko — Protein	18,7 ^a	12,8 ^c	14,8 ^b
Popiół — Ash	2,3 ^a	2,1 ^c	2,2 ^b
Lipidy — Lipids	7,0 ^c	8,8 ^a	8,0 ^b
Skrobia — Starch	49,7 ^c	54,3 ^a	53,2 ^b
SSO — SSO	77,8 ^a	77,9 ^a	78,2 ^a
S-NSP	4,29 ^b	4,18 ^c	4,92 ^a
I-NSP	3,8 ^a	3,8 ^a	3,8 ^a
NSP	8,1 ^b	8,0 ^c	8,7 ^a
Lignina Klasona — Klason lignin	5,04 ^a	4,48 ^c	4,58 ^b
TDF	13,2 ^a	12,5 ^b	13,3 ^a
WEV	1,49 ^c	1,78 ^b	1,99 ^a
β-glukan — β-glucan	3,84 ^c	3,97 ^b	4,33 ^a
S-AX	0,36 ^a	0,30 ^c	0,34 ^b
I-AX	2,01 ^a	1,95 ^{ab}	1,90 ^b
AX	2,37 ^a	2,25 ^b	2,24 ^b
WWB — IBQ	19,5 ^c	20,0 ^b	23,1 ^a

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy $P < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at $P < 0,05$

Warunki glebowo-pogodowe w centralno-zachodniej części Polski (Choryń) w roku 2011 sprzyjały bardziej kumulacji białka, składników mineralnych oraz dwóch komponentów błonnika takich jak: ligniny i arabinoksyfanów, aniżeli w dwóch pozostałych rejonach produkcji ziarna owsa. Z kolei warunki środowiska Strzelce w tym samym roku były bardziej korzystne dla syntezy rozpuszczalnych składników NSP i β-glukanu, stąd w efekcie ziarno z tej miejscowości charakteryzowało się istotnie wyższą lepkością wodnego ekstraktu. Warunki środowiska miały szczególnie duży wpływ na zawartość białka i lipidów, jednakże nie zawsze zróżnicowane warunki siedliska mają istotny wpływ na poziom lipidów w ziarnie owsa, co wykazały badania Pisulewskiej i in. (2011).

Wyznaczone współczynniki korelacji wykazały istnienie istotnej współzależności między badanymi składnikami ziarna owsa (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między badanymi cechami obłuszczonego ziarna owsa
Pearson linear correlation coefficients between the analyzed traits of dehulled grain of oat

Składnik	Popiół Ash	Lipidy Lipids	Skrobia Starch	S-NSP	T-NSP	β-glukan β-glucan	Lignina Klasona Klason lignin
Białko — protein	0,895						
I-NSP	0,702						
S-NSP		0,648	-0,614				
T-NSP	0,580		-0,649	0,808			
β-glukan				0,785			
TDF		0,562		0,573	0,684		0,927
WEV		0,802		0,706		0,577	

Korelacje istotne przy $P < 0,05$ dla wartości powyżej 0,514; przy $P < 0,01$ dla wartości powyżej 0,641
 Correlations significant at $P < 0,05$ for value above 0.514; at $P < 0,01$ for value above 0.641

Zawartość błonnika TDF ogółem była wysoce istotnie skorelowana dodatnio z zawartością lipidów, S-NSP, T-NSP oraz w największym stopniu z ligninami, prawdopodobnie na skutek ich dużego ilościowego zróżnicowania w obrębie badanych genotypów. Z kolei na lepkość wodnego ekstraktu ziarna istotny dodatni wpływ miała zgodnie z założeniami zawartość β-glukanu oraz rozpuszczalnych nieskrobiowych polisacharydów, ale w największym stopniu zawartość lipidów. To wskazuje na wysoki udział rozpuszczalnych w wodzie różnego typu glikolipidów w ogólnej ilości związków lipidowych w owsie oraz/lub na wysoką aktywność natywnej lipazy (Achrem-Achremowicz i in., 2009).

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w ziarnie obłuszczonym i nagim badanych nowych genotypów owsa.
2. Najwyższą zawartość sumy składników odżywczych miało ziarno rodów, nagiego STH 8307 oraz oplewionego po obłuszczonego POB 2149/09, a także odmiany Arden.
3. Zawartość błonnika pokarmowego w obłuszczonym ziarnie badanych genotypów owsa kształtowała się na średnim poziomie 13%, przy czym ziarno dwóch rodów, DC 1776 i STH 8030, miało go istotnie więcej od pozostałych.
4. Największymi właściwościami bioaktywnymi charakteryzowało się ziarno odmiany nieoplewionej Nagus i rodu nagiego STH 8307 oraz rodu oplewionego po obłuszczeniu DC 1776.
5. Badania pozwoliły wyodrębnić genotyp łączący wysoką wartość odżywczą ziarna z wysokimi właściwościami prozdrowotnymi, najbardziej polecane do produkcji żywności. Jest nim ziarno nagie rodu STH 8307.

LITERATURA

- Achrem-Achremowicz J., Grabowska K., Ellnain M. 2009. Budowa, występowanie oraz aktywność farmakologiczna glikoglicerolipidów. *Far. Pol.* 65 (3): 184 — 191.
- Approved Methods of the AACC. 2003. Methods: 32–23 (β-glucan), 32–25 (dietary fibre), 44–15A (dry matter), 46–30 (protein – combustion method), 76–13 (starch), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. Biul. IHAR 215: 223 — 235.
- Boros D., Kamińska B., Myszka K. 2012. Comparative study on dietary fibre content and composition in hulled oats (*Avena sativa* L.) and their dehulled counterparts. 5th Int. Diet. Fib. Conf., Rome, Italy 2012, May 7–9: 92.
- Boros D., Marquardt R. R., Słomiński B. A., Guenter W. 1993. Extract viscosity as an indirect assay for water — soluble pentosan content in rye. Cereal Chem. 70: 575 — 580.
- Brennan C. H., Cleary L. 2005. The potential use of cereal (1–3, 1–4)- β -glucan as functional food ingredients. Journal of Cereal Science 42 (1): 1 — 13.
- Brown C. M., Craddock J. C. 1972. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. Crop Science 12:, 514 — 515.
- Butt M. S., Tahir-Nadeem M., Khan M. K. I., Shabir R. 2008. Oat: unique among the cereals. European Journal of Nutrition 47: 68 — 79.
- Englyst, H. N., Cummings J. H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst. 109: 937 — 942.
- Gąsiorowski H., Urbanowicz M. 1992. Owies — roślina XXI wieku. Owies w żywieniu zdrowego i chorego człowieka. Przegl. Zboż.-Młyn. 5: 18.
- Gibiński M., Gumul D., Korus J. 2005. Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 4 (45) Supl.: 49 — 60.
- Gleń A. 2004. Dobór odmiany a wartość technologiczna ziarna owsa. Przegl. Zboż. Młyn. 48 (10): 9 — 10.
- Kawka A. 2010. Współczesne trendy w produkcji piekarskiej — wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3 (70): 25 — 43.
- Kościelny A., Gibiński M. 2008. Charakterystyka skrobi owsianych pochodzących z różnych form owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2 (57): 30 — 39.
- Kwong M. G. Y., Wolever T. M. S., Brummer Y., Tosh S. M. 2013. Increasing the viscosity of oat β -glucan beverages by reducing solution volume does not reduce glycaemic responses. Br. J. Nutr. 2013, 1–7 (online: 21 June 2013).
- Lange E. 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 7 — 24.
- Lutowska M., Tyranowska M., Kiryluk J., Makowska A. 2008. Cechy ziarna owsa jako surowca do produkcji otrąb owsianych. Przegl. Zboż. Młyn. 1: 19 — 21.
- Marchello J. A., Dryden F. D. Hale W. H. 1971. Bovine serum lipids. I. The influence of added animal fat on the ration. J. Animal Science 32: 1008 — 1015.
- Nita Z. T. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. Polskie Tow. Techn. Żyw. 1 (18): 186 — 192.
- Oleksy K. 2007. Czy żywność może być lekiem? W: Napoje funkcjonalne i dodatki. Przem. Ferm. Ow. Warz., dodatek specjalny 7/ 8: 18 — 19.
- Piątkowska E., Witkowicz R., Pisulewska E. 2010. Podstawowy skład chemiczny wybranych odmian owsa siewnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 88 — 99.
- Pilzłó H., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Skład chemiczny nowych rodów owsa uprawianego w warunkach Beskidu Niskiego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. 1 (18): 142 — 146.
- Pisulewska E., Witkowicz R., Kidacka A. 2010. Plon, komponenty składowe plonu oraz celność ziarna wybranych odmian owsa siewnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (70): 117 — 126.
- Pisulewska E., Tobiasz-Salach R., Witkowicz R., Cieślak E., Bobrecka-Jamro D. 2011. Wpływ warunków siedliska na ilość lipidów w wybranych formach owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3 (76): 66 — 77.
- Redaelli R., Del Frate V., Bellato S., Terracciano G., Ciccoritti R., Germeier C. U., De Stefanis E., Sgrulletta D. 2013. Genetic and environmental variability in total and soluble β -glucan in European oat genotypes. J. Cereal Sci. 57: 193 — 199.

- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Sikora P., Tosh S., Brummer Y., Olsson O. 2013. Identification of high β -glucan oat lines and localization and chemical characterization of their seed kernel β -glucans. *Food Chem.* 137: 83 — 91.
- Theander O., Åman P., Westerlund E., Andersson R., Pettersson D. 1995. Total dietary fiber determined as neutral sugar and uronic acid residues, and lignin (The Uppsala method): Collaborative study. *J. Assn. Off. Anal. Chem.* 78: 1030 — 1044.
- Wood P. J. 1990. Oat β -glucan physicochemical properties and physiological effects. *Trends Food Sci. Technol.* 2: 311 — 314.