

ZAWARTOŚĆ FRAKCJI WĘGLOWODANOWYCH I AMINOKWASÓW W ZIARNIE PSZENICY WYPRODUKOWANYM W DWÓCH NASTĘPUJĄCYCH PO SOBIE LATACH

Agnieszka Kowieska, Izabela Jaskowska, Przemysław Lipiński

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. Celem niniejszej pracy była ocena ziarna pszenicy z kolejnych dwóch lat zbiorów i innych pszennych produktów zbożowych. W porównaniu korzystniejsza była pszenica ze zbioru w 2007 r., ponieważ charakteryzowała się wyższą zawartością białka ogólnego oraz niższą zawartością włókna surowego, ligniny i celulozy. Aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka badanych pszenic oraz produktów pszennych była lizyna i treonina. Tym niemniej różnice były w drugim aminokwasie ograniczającym, zgodnie ze standardem dla człowieka była treonina (2007) i izoleucyna (2008). Ponadto białko pszenicy z 2008 r. charakteryzowało się wyższą wartością odżywczą w porównaniu z białkiem pszenicy z 2007 r. wyrażonej poprzez wskaźnik Osera (EAAI), odpowiednio w 2008 r. według MH (95,6) i WE (65,9) oraz w pszenicy z 2007 r. MH (83,5) i WE (57,5), porównywalną z płatkami (MH – 85,3 i WE – 64,9). Najniższą wartością odżywczą charakteryzowała się mąka, natomiast zarodki najwyższą.

Słowa kluczowe: otręby, płatki, pszenica, skład aminokwasowy, skład chemiczny, wartość odżywcza, zarodki, ziarno

WSTĘP

Pszenica towarzyszy cywilizacji ludzkiej jako zboże chlebowe od niepamiętnych czasów, a najstarsze ślady uprawiania pszenicy płaskurki (*Triticum dicoccum*) oraz pszenicy twardej (*Triticum durum*) pochodzą sprzed 7000 lat p.n.e. z wykopalisk archeologicznych na Bliskim Wschodzie [Budzyński i Szempliński 1999]. W warunkach niedoboru żywności na świecie, zwłaszcza w krajach rozwijających się, ważnym problemem jest dostarczenie odpowiedniej ilości energii, dlatego dużego znaczenia nabierają zboża będące źródłem węglowodanów [Hanczakowski 2001]. Potrzeby żywieniowe w zakresie podstawowych składników pokarmowych, w tym związków energetycznych oraz białka, są zaspokajane głównie przez produkcję roślinną. W skali światowej związki energetyczne pochodzą

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Agnieszka Kowieska, Zakład Żywnienia Zwierząt i Żywności, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Doktora Judyma 2, 71-466 Szczecin, e-mail: Agnieszka.Kowieska@zut.edu.pl

w 55% z produkcji zbożowej, w około 20% z innych roślin uprawnych, a w 15–20% z produkcji zwierzęcej. Analogicznie zboża produkują 50% białka, rośliny motylkowe 5%, a nieco powyżej 20% zwierzęta łącznie z rybami. Z punktu widzenia wartości biologicznej białko zwierzęce jest niezbędne dla organizmu ludzkiego, lecz koszt jego produkcji jest wyższy [Jasińska i Kotecki 1999]. Jak podaje Cichoń i Wądołowska [1998], największa ilość węglowodanów w całodziennej diecie przeciętnego Polaka pochodzi z produktów zbożowych, co spowodowane jest dużą zawartością skrobi w tych produktach. Ze spożyciem sacharydów ściśle wiąże się spożycie błonnika. Z uwagi na jego znaczenie w żywieniu człowieka, normy określają zalecane spożycie błonnika na poziomie 20–40 g dziennie na osobę. Babicz-Zielińska i Przybyłowski [2006] podają, że taką porcję błonnika może zapewnić dieta bogata w produkty zbożowe. W ostatnich latach hodowane są nowe odmiany w kierunku ich większego wykorzystania w przemyśle młynarsko-piekarniczym. Spowodowane jest to rosnącym zapotrzebowaniem wysokiej jakości ziarna, np. przez Młyny Polskie SA [Majchrzak 2009]. Pszenica ozima, z uwagi na duże znaczenie w żywieniu człowieka i zwierząt oraz wysoki potencjał plonowania, odgrywa w polskiej gospodarce znaczącą rolę, co jest przyczyną wzrostu jej udziału w strukturze zasiewów zbóż [Kaczmarska i Gawrońska-Kulesza 2000]. Ziarno pszenicy jako surowiec chlebowy i paszowy ma znaczenie strategiczne [Budzyński i Szempliński 1999]. Zbiory zbóż w 2009 r. wynosiły 29,8 mln ton, z czego pszenica stanowiła 9,8 mln ton [GUS 2010]. Wartość gospodarczą odmian pszenicy ozimej wyznaczają przede wszystkim wielkość i jakość plonu [Gąsiorowski i Klockiewicz-Kamińska 2004]. Duży wpływ na plonowanie i jakość ziarna zbóż ma nawożenie azotem, fosforem, potasem a także magnezem [Noworolnik 2007]. Ziarno pszenicy przeznaczone jest przede wszystkim na cele konsumpcyjne, a głównym kierunkiem użytkowania jest przerób jej na mąkę. Mąka pszenna ma wyjątkowe właściwości wypiekowe, które zawdzięcza glutenowi. Znajduje także zastosowanie w przemyśle cukierniczym [Budzyński i Szempliński 1999]. Produkty uboczne przemiału, głównie otręby, są cenną paszą treściwą. Z uwagi na dużą plenność w niektórych krajach pszenica ozima uprawiana jest jako zboże pastewne dostarczające wartościowej paszy dla zwierząt monogastrycznych [Fotyma i in. 1994].

Celem pracy było określenie podstawowego składu chemicznego, składu aminokwasowego oraz ocena wartości odżywczej białka badanej odmiany pszenicy Rywalka z dwóch kolejnych lat zbiorów (2007 i 2008) oraz porównanie otrzymanych wyników. Dokonano również charakterystyki innych pszenicznych produktów zbożowych: mąki, płatków, otrębów i zarodków.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły nasiona pszenicy ozimej odmiany Rywalka z dwóch kolejnych lat zbiorów 2007 i 2008 oraz pszenne produkty zbożowe wyprodukowane ze zbioru pszenicy z 2007 r. (mąka, płatki, otręby i zarodki). Odmiana Rywalka wyhodowana została w Zakładzie Głównym Strzelce o klasie jakościowej A, wpisana do Rejestru Odmian w 2003 r. Odmiana charakteryzuje się kłosem piramidalnym, średnio zbitym, masa 1000 ziaren wynosi 50–54 g. Jest oporna na porażenie przez rdzę brunatną, septo-

riozę liści i plew oraz choroby podstawy źdźbła. W każdym roku do badań pobrano po trzy próby (200 g), każdą próbę wykonano w dwóch powtórzeniach. Próby zostały pobrane zgodnie z PN [PN-90/R-64769] oraz przygotowane zgodnie z PN [PN-ISO 6498]. Pszenica została produkowana w tym samym gospodarstwie, na poletkach doświadczalnych Zakładu Hodowli Roślin Strzelce. Warunki wegetacji w trakcie doświadczenia były następujące: opady średnioroczne w 2007 r. wynosiły 798 mm, przy wilgotności 79%, a w 2008 r. 541 mm, przy wilgotności 78%. Średnia temperatura powietrza w 2007 roku wynosiła 9°C (-15,7 do 35,5), a w 2008 r. (-12,4 do 30,9). Odpowiednio średnia temperatura gleby w badanych latach wynosiła w 2007 r. 10°C (-3 do 26), tak samo w 2008 r. 10 (-5,2 do 31,1). Ziarno było zaprawiane przed siewem środkiem Maxi 025 FS. Nawożenie azotem wynosiło 80 kg N × ha⁻¹ oraz PA 40 kg × ha⁻¹, K₂O 40 kg × ha⁻¹. Przed wykłoszeniem na pszenicę zastosowano oprysk Tergalem CCC.

Podstawowy skład w badanych ziarnach pszenicy oraz produktów zbożowych oznaczono wg metody AOAC [1990], polegającej na określeniu zawartości surowych składników pokarmowych. Ogólny schemat surowego składu chemicznego obejmuje oznaczenie: suchej masy, popiołu surowego, białka ogólnego (w przeliczeniu na azot ogólny × 6,25) metodą Kjeldahla, tłuszczu surowego (ekstraktu eterowego), włókna surowego oraz wyliczone zostały związki bezazotowe wyciągowe (BAW). Przy oznaczeniu włókna pokarmowego i jego frakcji zastosowano metodę detergentową [Van Soest 1963, Van Soest i Wine 1967]. Frakcję NDF oznaczono z zastosowaniem SLS (siarczanu sodowo-laurylowego, Merck 822050), ADF z zastosowaniem CTAB (bromku cetylo-trójmetylo-amonowego, Merck 102342), ADL poprzez rozkład otrzymanego ADF w 72-procentowym kwasie siarkowym. Hemicelulozę obliczono z różnicy zawartości NDF i ADF, a celulozę z różnicy zawartości ADF i ADL.

Udział aminokwasów w białku ocenianych ziaren zbóż oraz produktów zbożowych, z wyjątkiem metioniny i tryptofanu, po hydrolizie próbek w 6 mol dm⁻³ HCl oznaczono na analizatorze produkcji czeskiej AAA 400. W celu oznaczenia metioniny i tryptofanu próby hydrolizowano enzymatycznie w obecności papainy. W hydrolizacie oznaczono metioninę metodą kolorymetryczną podaną przez Pawlika [1972], a tryptofan na zasadzie reakcji barwnej z p-dwu-metyloaminobenzaldehydem według Lombarda [Skibniewska i Kakowska-Lipińska 1970]. Uzyskany skład aminokwasowy białka badanych odmian zbóż oraz produktów zbożowych posłużył do oceny wartości odżywczej białka metodą chemiczną w odniesieniu do wzorca FAO/WHO/UNU [1985] oraz FAO/WHO [1991], mierzonej wskaźnikiem aminokwasów egzogennych (EAAI – Index) oraz wskaźnikiem aminokwasu ograniczającego (CS – Chemical Score).

Zebrane wyniki zestawiono w tabelach, podając średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe (± SD).

WYNIKI I DISKUSJA

Istotą badań zrealizowanych w badanej odmianie pszenicy Rywalka z dwóch kolejnych lat zbiorów (2007 i 2008) było określenie podstawowego składu chemicznego zbóż,

składu aminokwasowego oraz ocena wartości odżywczej białka badanej odmiany pszenicy w porównaniu z popularnymi pszennymi produktami zbożowymi (mąka, płatki, otręby, zarodki).

W analizowanym składzie chemicznym pszenicy z dwóch kolejnych lat zbiorów największe różnice wystąpiły w zawartości białka ogólnego na poziomie 16%. Wśród analizowanych pszenic z roczników 2007 i 2008 zdecydowanie większą wartością białka ogólnego ($123,7 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) charakteryzowała się pszenica z rocznika 2008 w porównaniu z pszenicą z roku poprzedniego ($104,06 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$). Pozostałe składniki kształtują się na podobnym poziomie. W odniesieniu do innych produktów zbożowych zawartych w tab. 1 pod względem zawartość białka w pszenicy jedynie tylko otręby pszenne ($160 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) i zarodki pszenne ($275 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) przewyższają ziarno pszenicy, natomiast zarówno mąka pszenna typ 500 ($101 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) oraz płatki pszenne ($90 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) wykazują mniejszą zawartość tego składnika. Jak podkreślają Grzebiuk i Kulka [1988], zawartość białka w ziarniakach jest cechą dziedziczną i silnie modyfikowaną przez czynniki siedliskowe. Dlatego zawartość białka nie jest stała, lecz waha się w pewnych granicach dla poszczególnych gatunków, co bardzo wyraźnie zaobserwować można na podstawie zawartości białka badanych ziaren pszenicy. Najniższą zawartością ekstraktu eterowego charakteryzuje się mąka pszenna typ 500 ($12 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$). Zbliżone wartości zaobserwowano w obu pszenicach, odpowiednio z 2007 ($15,6 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$) i 2008 r. ($16,5 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$). W pozostałych produktach zawartość ekstraktu eterowego była znacznie większa w porównaniu z badanymi pszenicami. Uzyskane wartości białka pszenicy, kształtujące się na poziomie 10,4% (2007) oraz 12,37% (2008) mieszczą się w przedziale jaki podaje Budzyński i Szempliński [1999], ponieważ średnia zawartość białka w pszenicy wynosi około 13%, z odchyleniami od 9% do 23%. Gąsiorowski [2004] podkreśla, że na skład chemiczny a zatem na zawartość białka oraz wartość wypiekową ziarna wpływ mają, z jednej strony, czynniki genetyczne, z drugiej natomiast czynniki środowiskowe i zabiegi agrotechniczne. Jednak, jak podkreślają Grzebiuk i Kulka [1988], największy wpływ mają warunki klimatyczne, które mogą silnie modyfikować ilość i jakość białka, ale w znacznie mniejszym stopniu mają jednak wpływ na węglowodany. O wartości pokarmowej w dużej mierze decyduje zawartość włókna surowego. Według Buraczewskiego i Buraczewskiej [1997] ziarno pszenicy charakteryzuje się zawartością włókna w granicach od 10% do 14%. Wyniki uzyskane w doświadczeniu pokazują minimalnie niższe wartości dla pszenicy z 2007 r., natomiast dla pszenicy z 2008 r. różnica ta pomiędzy wynikami wynosiła ponad 3,5%.

Jak przedstawia tabela 1, zawartość włókna surowego, włókna pokarmowego oraz jego poszczególnych frakcji nie wykazują znacznych różnic pomiędzy badanymi pszenicami. Jednak w produktach pszennych wystąpiły różnice istotne w zawartości włókna surowego, najniższe wartości zanotowano dla mąki $29,5 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$, wyższe dla płatków $101,0 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$ i zarodków $140 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$, a najwyższe w otrębach $424,0 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$. Znaczące różnice zauważono w zawartości frakcji włókna oznaczonego jako HCEL, gdzie jego zawartość jest większa w pszenicy z 2008 w porównaniu z 2007 r. o 7,13%. Znacznie mniejszą różnicę na poziomie 2,51% zaobserwowano w wartościach frakcji NDF (neutralnego włókna detergentowego). Zawartość włókna surowego w pszenicy z kolejnych lat zbiorów jest zbliżona i wynosi odpowiednio, 2,01 dla 2007 i 2,09 dla 2008 r., dając różnicę 0,08%,

co podkreślają także w swoich badaniach Rutkowski i Boros [1997]. W ziarnie pszenicy, jak podaje Kączkowski [2004], zawartość celulozy wynosi 1,8–3,4%, znajdując się głównie we frakcji otrąb rozdrobnionego ziarna, natomiast w minimalnych ilościach występuje w warstwie aleuronowej i w bielmie. Wyniki uzyskane w doświadczeniu mieściły się w przedziale podanym przez Kączkowskiego [2004] oraz Rutkowskiego i Boros [1997] i osiągnęły odpowiednio 2,34% dla pszenicy z 2007 i nieznacznie więcej, bo 2,74% dla pszenicy z 2008 r. Według Ragae i in. [2006] otręby i zarodki pszenne są bogatym źródłem błonnika i powinny być stosowane jako dodatek do potraw spożywanych zarówno na zimno, jak i na ciepło, podwyższając tym samym zawartość substancji odżywczych w posiłkach.

Tym niemniej w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez Buraczewskiego i Buraczewską [1997] (W.S. – 2,6%, NDF – 12,4% i ADF – 3,0%), można było zauważyć różnice w zawartości włókna surowego oraz NDF i ADF, ponieważ pszenica z 2007 r. osiągnęła nieznacznie mniejsze wartości, a pszenica z 2008 r. charakteryzowała się wyższymi wartościami rzędu o około 2%, z wyjątkiem frakcji ADF, która uzyskała bardzo zbliżoną wartość do cytowanych. W porównaniu z innymi zbożami, pszenica zawiera znacznie mniejsze ilości włókna pokarmowego, w owsie jego zawartość może dochodzić do 30%. Bartnikowska [1997] podaje, że wartość energetyczna włókna pokarmowego jest minimalna i wynosi około 2–3 kcal \times g⁻¹, ale podobnie jak Pieczyńska [2006] wskazuje na jego wysokie znaczenie w żywieniu ludzi.

Zawartość popiołu jaką uzyskano w doświadczeniu była bardzo zbliżona dla obu pszenic i wyniosła 1,6%. Jak podaje Gąsiorowski [2004], zawartość popiołu w ziarnie polskich pszenic mieści się w przedziale od 1,6 do 2,0%. Grzesiuk i Kulka [1988] oraz Budzyński i Szempliński [1999] podają, że główne makroelementy, czyli główny składnik popiołu to: potas, fosfor, siarka i magnez, w mniejszych ilościach występuje sód, wapń i chlor, natomiast z mikroelementów: żelazo, cynk, mangan, miedź, selen, molibden, fluor, jod i kobalt. Wyżej wymienieni autorzy, jak i Hanczakowski [2001], podkreślają, że pszenica stanowi również bardzo bogate źródło witamin z grupy B a także witaminy E, dodatkowo stwierdzając nieznaczne ilości karotenu będącego prowitaminą A oraz całkowity brak witaminy C.

Ocenę wartości odżywczej białka analizowanych dwóch pszenic odmiany Rywalka z kolejnych lat zbiorów 2007 i 2008 r. przeprowadzonej w oparciu na składzie aminokwasowym stwierdzono, że zawartość aminokwasów w badanych próbach wyrażona w przeliczeniu na 16 g N była zróżnicowana, co pokazano w tab. 2. Analizując wyżej wymienione dane zauważa się wyraźną przewagę pszenicy z 2008 nad pszenicą z 2007 r. w udziale w większości aminokwasów. Wyższa zawartość aminokwasów w pszenicy z 2008 r. jest wynikiem wyższej w niej ilości białka. Zawartość lizyny, ważnej pod względem uzupełniania jej braków w zbożach, osiągnęła takie same wartości na poziomie 2,2 g \times 16 g N⁻¹, pokrywając się z danymi jakie podają Grzesiuk i Kulka [1988]. Natomiast jeśli chodzi o zawartość treoniny, która, jak podają Budzyński i Szempliński [1999], jest drugim aminokwasem ograniczającym, osiągnęła wartości w doświadczeniu 2,6 g \times 16 g N⁻¹ dla 2007 i 2,7 g \times 16 g N⁻¹ dla 2008 r. – podobnie twierdzą Grzesiuk i Kulka [1988], gdzie jak podają autorzy wynosi on 2,6 g \times 16 g N⁻¹. Zarodki pszenne mogą być dobrym źród-

łem aminokwasów egzogennych w diecie, zwłaszcza tryptofanu, gdyż jego ilości są 3-krotnie wyższe jeżeli chodzi o zapotrzebowanie dla zwierząt i 5-krotnie wyższe pod względem zapotrzebowania dla człowieka.

Tabela 1. Porównanie składu chemicznego badanego ziarna pszenicy z innymi pszennymi produktami zbożowymi ($\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ s.m.) (średnia arytmetyczna – \bar{x} , odchylenie standardowe – \pm SD)

Table 1. Comparison of the chemical composition of tested wheat grain with other cereals ($\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ DM) (\bar{x} – arithmetic mean, \pm SD – standard deviation)

Skład chemiczny Chemical composition	Ziarno pszenicy odmiana Rywalka Wheat grain var. Rywalka			Pszenne produkty zbożowe [2007] Wheat cereal [2007]			
	2007 n = 6	2008 n = 6	średnia mean	mąka flour n = 6	płatki flaked n = 6	otręby bran n = 6	zarodki* germ n = 6
Sucha masa, g kg^{-1} świeży Dry matter, g kg^{-1} fresh	889,4 $\pm 1,0$	891,5 $\pm 3,9$	890,5	855,0 $\pm 1,4$	924,0 $\pm 2,0$	885,0 $\pm 1,2$	868,0 $\pm 0,9$
Popiół surowy Crude ash	16,1 $\pm 1,6$	15,9 $\pm 3,9$	16,0	2,0 $\pm 1,1$	54,7 $\pm 2,3$	60,0 $\pm 2,1$	44,0 $\pm 2,0$
Białko ogólne (N \times 6,25) Crude protein	104,1 $\pm 0,6$	123,7 $\pm 0,5$	113,9	101,0 $\pm 2,0$	153,8 $\pm 1,0$	160,0 $\pm 1,1$	275,0 $\pm 1,3$
Ekstrakt eterowy Ether extract	15,6 $\pm 0,0$	16,5 $\pm 0,1$	16,1	12,0 $\pm 0,0$	30,0 $\pm 0,0$	46,0 $\pm 0,0$	94,0 $\pm 0,0$
Związki bezazotowe wyciągowe Nitrogen Free Extract	733,5 $\pm 3,9$	714,5 $\pm 2,2$	724,0	717,0 $\pm 1,0$	709,0 $\pm 1,4$	195,0 $\pm 1,4$	315,0 $\pm 2,6$
Cukry Sugars	161,2 $\pm 1,0$	155,9 $\pm 1,0$	158,6	12,0 $\pm 1,0$	57,0 $\pm 1,0$	62,0 $\pm 2,0$	169,0 $\pm 1,2$
Skrobia Starch	572,3 $\pm 2,8$	558,6 $\pm 2,5$	565,5	705,0 $\pm 2,0$	595,0 $\pm 2,2$	133,0 $\pm 2,9$	146,0 $\pm 2,0$
Włókno surowe Crude fibre	20,1 $\pm 8,7$	20,9 $\pm 4,4$	20,5	29,5 $\pm 1,3$	101,0 $\pm 8,7$	424,0 $\pm 8,3$	140,0 $\pm 4,0$
NDF	98,0 $\pm 5,0$	123,1 $\pm 5,5$	110,6	108,4 $\pm 4,1$	101,0 $\pm 2,0$	298,0 $\pm 2,0$	140,0 $\pm 10,3$
ADF	27,8 $\pm 2,0$	31,4 $\pm 2,5$	29,6	36,8 $\pm 3,8$	30,5 $\pm 3,8$	59,6 $\pm 3,8$	36,7 $\pm 5,8$
ADL	4,4 $\pm 2,0$	4,1 $\pm 2,2$	4,3	21,7 $\pm 0,4$	9,6 $\pm 0,8$	19,1 $\pm 1,8$	21,1 $\pm 4,2$
CEL	23,4 $\pm 2,8$	27,3 $\pm 2,1$	25,4	15,1 $\pm 3,4$	20,9 $\pm 3,8$	40,5 $\pm 3,8$	15,6 $\pm 3,2$
HCEL	70,2 $\pm 3,0$	91,7 $\pm 3,0$	80,9	71,6 $\pm 2,5$	70,5 $\pm 5,5$	238,4 $\pm 7,2$	103,3 $\pm 6,8$

Tabela 2. Skład aminokwasowy oraz wartość odżywcza badanego ziarna pszenicy z innymi pszennymi produktami zbożowymi ($\text{g} \times 16 \text{ g N}^{-1}$) (średnia arytmetyczna – \bar{x} , odchylenie standardowe – $\pm \text{SD}$)

Table 2. Amino acids compositions and nutritional values of the tested wheat grain with other cereals ($\text{g} \times 16 \text{ g N}^{-1}$) (\bar{x} – arithmetic mean, $\pm \text{SD}$ – standard deviation)

Specyfikacja Specification	Ziarno pszenicy odmiana Rywalka Wheat grain var. Rywalka			Pszenne produkty zbożowe [2007] Wheat cereal [2007]			
	2007 n = 6	2008 n = 6	średnia mean	mąka flour n = 6	płatki flaked n = 6	otręby bran n = 6	zarodki* germ n = 6
Aminokwasy egzogenne – Essential amino acids							
Lizyna Lysine	2,2 $\pm 0,1$	2,2 $\pm 0,1$	2,2	2,4 $\pm 0,1$	3,7 $\pm 0,1$	7,0 $\pm 0,1$	8,4 $\pm 0,0$
Metionina Methionine	1,6 $\pm 0,6$	1,5 $\pm 0,5$	1,6	1,8 $\pm 0,0$	1,3 $\pm 0,0$	2,6 $\pm 0,1$	5,9 $\pm 0,3$
Cystyna Cystine	1,8 $\pm 0,0$	1,8 $\pm 0,1$	1,8	3,7 $\pm 0,0$	1,3 $\pm 0,0$	4,4 $\pm 0,0$	6,3 $\pm 0,0$
Treonina Threonine	2,6 $\pm 0,0$	2,7 $\pm 0,0$	2,7	2,6 $\pm 0,0$	3,3 $\pm 0,1$	5,7 $\pm 0,1$	12,4 $\pm 0,6$
Izoleucyna Isoleucine	2,9 $\pm 0,0$	2,8 $\pm 0,0$	2,8	3,1 $\pm 0,0$	2,9 $\pm 0,1$	5,5 $\pm 0,0$	10,5 $\pm 0,2$
Tryptofan Tryptophan	1,1 $\pm 0,0$	1,1 $\pm 0,0$	1,1	0,7 $\pm 0,0$	1,2 $\pm 0,0$	2,1 $\pm 0,0$	15,6 $\pm 0,2$
Walina Valine	3,6 $\pm 0,0$	3,5 $\pm 0,0$	3,6	3,9 $\pm 0,3$	3,6 $\pm 0,1$	8,1 $\pm 0,3$	13,6 $\pm 0,4$
Leucyna Leucine	6,9 $\pm 0,0$	6,5 $\pm 0,0$	6,7	6,8 $\pm 0,1$	6,5 $\pm 0,2$	10,7 $\pm 0,3$	22,4 $\pm 0,3$
Histydyna Histidine	2,3 $\pm 0,0$	2,2 $\pm 2,5$	2,3	3,4 $\pm 0,0$	2,3 $\pm 0,1$	5,0 $\pm 0,2$	4,0 $\pm 0,2$
Fenylalanina Phenylalanine	4,4 $\pm 0,0$	4,1 $\pm 0,0$	4,3	5,0 $\pm 0,4$	4,2 $\pm 0,1$	6,8 $\pm 0,2$	6,4 $\pm 0,2$
Tyrozyna Tyrosine	2,4 $\pm 0,0$	2,2 $\pm 0,0$	2,3	1,5 $\pm 0,0$	2,8 $\pm 0,1$	5,2 $\pm 0,0$	7,2 $\pm 0,2$
Aminokwasy endogenne – Non-essential amino acids							
Arginina Arginine	4,6 $\pm 0,1$	4,3 $\pm 0,1$	4,5	3,8 $\pm 0,0$	6,4 $\pm 0,1$	12,8 $\pm 0,3$	12,0 $\pm 0,2$
Kwas asparaginowy Aspartic acid	5,6 $\pm 0,2$	4,9 $\pm 0,2$	5,3	3,3 $\pm 0,0$	8,2 $\pm 0,2$	13,3 $\pm 0,1$	32,2 $\pm 0,5$
Seryna Serine	4,2 $\pm 0,1$	3,9 $\pm 0,1$	4,1	4,6 $\pm 0,1$	4,7 $\pm 0,1$	7,8 $\pm 0,3$	16,3 $\pm 0,2$
Prolina Proline	8,9 $\pm 0,2$	8,4 $\pm 0,2$	8,7	12,8 $\pm 0,1$	7,0 $\pm 0,2$	10,2 $\pm 0,2$	19,1 $\pm 0,3$

cd. tab. 2 – cont. Table 2

Kwas glutaminowy Glutamic acid	37,6 ± 0,6	34,9 ± 0,5	36,3	36,3 ± 0,8	25,6 ± 0,7	33,4 ± 0,2	61,6 ± 0,2
Glicyna Glycine	3,9 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,8	3,5 ± 0,1	3,8 ± 0,1	10,4 ± 0,2	17,4 ± 0,2
Alanina Alanine	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2	2,8 ± 0,1	4,3 ± 0,1	9,1 ± 0,2	17,8 ± 0,2
Wartość odżywcza – Nutritional values							
Total AA	100,7 ± 2,0	92,9 ± 2,5	96,8	101,0 ± 2,1	93,3 ± 2,7	100,1 ± 2,0	105,1 ± 1,3
EAA _{MH}	29,7 ± 0,8	28,3 ± 0,9	29,0	31,2 ± 0,8	30,9 ± 0,9	36,3 ± 0,2	39,5 ± 0,2
CS _{MH}	63,2 ± 2,0	68,3 ± 2,2	65,8	43,3 ± 0,4	68,2 ± 1,9	79,6 ± 0,2	55,5 ± 0,2
EAAI _{MH}	83,5 ± 2,8	95,6 ± 2,1	89,6	80,9 ± 3,4	85,3 ± 2,4	102,4 ± 0,2	119,2 ± 0,2
EAA _{WE}	38,8 ± 2,4	33,1 ± 2,4	36,0	34,6 ± 2,4	33,2 ± 2,4	39,5 ± 2,4	41,0 ± 2,4
CS _{WE}	49,8 ± 2,4	41,4 ± 2,4	45,6	34,0 ± 2,4	45,9 ± 1,3	62,6 ± 2,4	43,6 ± 2,4
EAAI _{WE}	57,5 ± 3,0	65,9 ± 3,0	61,7	64,7 ± 2,5	64,9 ± 1,6	79,2 ± 2,4	83,2 ± 2,4

Poziom aminokwasów wyrażony jako % normy; MH – wzorzec dla ludzi; WE – wzorzec jaja kurzego; AA – udział aminokwasów; EAA – udział aminokwasów egzogennych, CS – wskaźnik aminokwasu ograniczającego; EAAI – wskaźnik aminokwasów egzogennych. Amino acid levels expressed as % of standards; MH – mature human; WE – whole egg protein standards; AA – amino acid participation; EAA – essential amino acid participation; CS – chemical score of restrictive amino acid(s); EAAI – essential amino acid index.

Wartość odżywcza białka określa jego skład aminokwasowy, a szczególnie udział aminokwasów egzogennych (EAAI) oraz aminokwasów ograniczających (CS). Wartość odżywcza białka określona wskaźnikiem EAAI wynosiła od 57,5 do 95,6 – wskaźnik ten wskazał na pszenicę z 2008 r., jako tą, która charakteryzuje się wyższą wartością odżywcza białka w porównaniu z pszenicą z 2007 r. Badane próby charakteryzowała stosunkowo niska zawartość lizyny zarówno w przypadku pszenicy z 2007 r., gdzie wg FAO, wynosiła 38,83 a wg wzoru jaja kurzego 33,11. Natomiast dla pszenicy z 2008 r. wyniki przedstawiały się następująco, wg FAO – 39,91, a wg w jaja kurzego – 34,03 odpowiednio. Lizyna we wszystkich badanych próbach zarówno w ziarnie, jak i w pszennych produktach zbożowych była pierwszym aminokwasem ograniczającym. Jak już wcześniej przytoczono, Grzesiuk i Kulka [1988] oraz Jabłoński [2000] wskazują także na lizynę jako główny aminokwas ograniczający w pszenicy. Odmiennie uważa natomiast Kotlarz [2000], podając ją na trzecim miejscu jako aminokwas ograniczający w ziarnie pszenicy. Drugim aminokwasem ograniczającym była treonina, która przyjęła odpowiednio wartości z 2007 r. wg FAO – 63,17 i wg jaja kurzego – 49,84. W przypadku odmiany pszenicy z 2008 r. wg FAO aminokwasem ograniczającym była także treonina – 68,31, natomiast

wg wzorca jaja kurzego była to izoleucyna – 41,4. Uzyskane wyniki dla aminokwasów ograniczających potwierdzają tezę Shewry'ego [2007], wskazującą na niedostateczną zawartość aminokwasów egzogennych w białku zbóż, co wielokrotnie podkreślał w swoich publikacjach, że braki te wynikają z niskiego poziomu lizyny, treoniny w stosunku do pozostałych aminokwasów. W porównaniu z wymogami WHO, jak podaje Shewry [2004], aminokwasy zawarte w pszenicy dla ludzi są niewystarczające pod względem lizyny i treoniny, co potwierdzają również uzyskane wyniki przeprowadzonego doświadczenia. Konkludując, dieta powinna być oparta o różne źródła białka oraz uwzględniać ich komplementarność, pozwalając uzyskać pożywienie o wysokiej wartości odżywczej [Jabłoński 2000]. Wzajemne uzupełnianie się aminokwasów w pokarmach, jak i w dawkach dla zwierząt, jest efektem zmniejszenia się niedoboru aminokwasów ograniczających [Kotlarz 2000].

PODSUMOWANIE

Interpretacja przedstawionych wyników badań pozwala na wysunięcie następujących stwierdzeń, że pszenica z 2007 r. przy korzystnie najwyższym udziale białka ogólnego i niższej wartości włókna surowego, ligniny i celulozy ustępuje nieco wartością biologiczną białka pszenicy z 2008 r. Ponadto pszenica z 2008 r. charakteryzowała się wyższą zawartością wszystkich aminokwasów $114,91 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$ i korzystniejszym składem aminokwasowym w porównaniu z pszenicą z 2007 r. Aminokwasami ograniczającymi wartość odżywczą białka badanych pszenic były lizyna i treonina, według FAO. Natomiast według odniesieniu do wzorca jaja kurzego dla pszenicy z 2007 r. aminokwasami ograniczającymi były również lizyna i treonina, natomiast dla pszenicy z 2008 r. lizyna i izoleucyna.

Białko pszenicy z 2008 r. charakteryzowało się wyższą wartością odżywczą w porównaniu z białkiem pszenicy z 2007 r. wyrażoną indeksem Osera (EAAI) i wynosząc odpowiednio dla pszenicy z 2008 r. wg FAO (EAAI-95,6) i dla jaja kurzego (EAAI-65,9), oraz dla pszenicy z 2007 r. wg FAO (EAAI-83,5) i dla jaja kurzego (EAAI-57,5).

PIŚMIENNICTWO

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Babicz-Zielińska E., Przybyłowski P., 2006. Wartość biologiczna sacharydów [w: Chemia żywności. Skład, przemiany i właściwości żywności.] Red. Z.E. Sikorski (praca zbiorowa). Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Bartnikowska E., 1997. Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka zdrowego i chorego. Mater. konf. Włókno pokarmowe – skład chemiczny i biologiczne działanie. M. Rakowska (red.), IHAR, Radzików 24–25.04.1997, 101–118.
- Budzyński W., Szempliński W., 1999. Pochodzenie i historia uprawy [w: Szczegółowa uprawa roślin]. Red. Z. Jasińska, A. Kotecki. AR, Wrocław.

- Buraczewski S., Buraczewska L., 1997. Włókno pokarmowe w żywieniu trzody chlewnej [Mat. Konf.: Włókno pokarmowe – skład chemiczny i biologiczne działanie. M. Rakowska (red.), IHAR Radzików]. Radzików 24–25.04.1997, 129–140.
- Cichoń R., Wądołowska L., 1998. Składniki Odżywcze. Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. PWN, Warszawa.
- Daniels K.R., Littenecker N., Tourneau D.L.E., Cain R.F., Peters L.J., McGinnis J., 1980. Evaluation of the nutrient composition of wheat. I. Lipid constituents. *Cereal Chem.* 57 (3), 178–184.
- FAO/WHO/UNU, 1985. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO-WHO nutritional meeting. Technical Report Series, Geneva, 273.
- FAO/WHO, 1991. Protein quality evaluation. Report of a joint FAO-WHO expert consultation. FAO. Food and Nutrition, Rome, 51.
- Fotyma M., Gonet Z., Kuś J., 1994. Technologie uprawy roślin. Pszenica ozima. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. IUNG, Puławy.
- Gąsiorowski H., 2004. Składniki mineralne [w: Pszenica chemia i technologia]. Red. H. Gąsiorowski. PWRiL, Poznań, 204–208.
- Gąsiorowski H., Klockiewicz-Kamińska E., 2004. Ocena jakości odmian pszenicy metodą wielocechową (odmiany zarejestrowane na rok 2003) [w: Pszenica chemia i technologia]. Red. H. Gąsiorowski. PWRiL, Poznań, 122–124.
- Grzebiuk S., Kulka L., 1988. Białka [w: Biologia ziarniaków zbóż]. PWN, Warszawa, 189–210.
- GUS, 2010. http://www.stat.gov.pl/gus/5840_4127_PLK_HTML_HTML.htm?action=show_archive (dostęp na dzień 18.11.2010 r.).
- Hanczakowski P., 2001. Rośliny jako źródło węglowodanów [w: Składniki pokarmowe i antyodżywcze występujące w roślinach]. Red. P. Hanczakowski, J. Koreleski, T. Wolski. IZ, Kraków, 5–10.
- Jabłoński E., 2000. Czynniki determinujące i modyfikujące wartość odżywczą białka. Prace pogładowe. *Pediatrics Współczesna. Gastroenterologia. Hepatologia i Żywnienie Dziecka* 2 (2), 83–87.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1999. Charakterystyka produkcji roślinnej na świecie i w Polsce [w: Szczegółowa uprawa roślin]. Red. Z. Jasińska, A. Kotecki. T. 1. AR, Wrocław, 7–15.
- Kaczmarek M., Gawrońska-Kulesza A., 2000. Wpływ zmianowania na plonowanie pszenicy ozimej. *Postępy Nauk Rol.* 4, 51–59.
- Kączkowski J., 2004. Skład chemiczny ziarna pszenicy [w: Pszenica chemia i technologia]. Red. H. Gąsiorowski. PWRiL, Poznań, 151–173.
- Kotlarz A., 2000. Wartość pokarmowa nasion łubinów oraz wartość biologiczna białka zestawów zbożowo-łubinowych w badaniach na szczurach laboratoryjnych. Zastosowanie metod statystycznych w badaniach naukowych. StatSoft Polska, Kraków.
- Majchrzak M., 2009. Jaką pszenicę wybrać. *Aktual Rol.* 3, 10–13.
- Noworolnik K., 2007. Podstawy optymalnych technologii produkcji zbóż. *Postępy Nauk Rol.* 1, 23–30.
- Pawlik J., 1972. Oznaczenia zawartości metioniny w niektórych materiałach paszowych. *Biul. Centr. Stacji Oceny Pasz* 2, 39–42.
- Pieczczyńska J., 2006. Sporządzanie jadłospisów. Poradnik dla ucznia. Państwowy Instytut Badawczy, Radom.
- PN-90/R-64769. Pasze. Pobieranie prób.
- PN-ISO 6498. Pasze. Przygotowanie próbek do badań.

- Ragaei S., El-S. M. Abdel-Aal, Noaman M., 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chem.* 98, 32–38.
- Rutkowski A., Boros D., 1997. Zawartość węglowodanów nieskrobiowych w zbożach pochodzenia krajowego. *Mat. konf. Włókno pokarmowe – skład chemiczny i biologiczne działanie*. M. Rakowska (red.). 24–25.04.1997, Radzików, 215–219.
- Shewry P.R., 2004. Improving the protein content and quality of temperate cereals: wheat, barley and rye [w: *Impacts of Agriculture on Human Health and Nutrition*]. Red. M.R. Welch, I. Cakmak. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, <http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/C10/E5-21-04-04.pdf> (dostęp na dzień 18.11.2010 r.).
- Shewry P.R., 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *J. Cereal Sci.* 46, 239–250.
- Skibniewska T., Kakowska-Lipińska J., 1970. Oznaczanie tryptofanu w produktach. *Rocz. PZH* 21 (3), 303–310.
- Van Soest P.J., 1963. Use detergents in the analysis of fibrous feeds. Preparation a fiber residues of low nitrogen content. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 46, 5.
- Van Soest P.J., Wine R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell- wall constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 50, 50–55.
<http://www.coboru.pl/Polska/pindex.htm> (dostęp na dzień 18.11.2010 r.).

CARBOHYDRATE FRACTION AND AMINO ACIDS CONTENT IN WHEAT GRAIN IN TWO CONSEQUENT YEARS

Abstract. The purpose of this study was to evaluate the wheat from the next two years, the harvest of wheat and other cereal products. The favorable comparison was the 2007 wheat harvest, as characterized by a higher content of crude protein and lower content of crude fiber, lignin and cellulose. The amino acid is limiting the nutritional value of wheat and wheat product was lysine and threonine. Nevertheless, the second limiting amino acid, according to the standard for man was threonine (2007) and isoleucine (2008). Furthermore, the protein of wheat in 2008 was characterized by a higher nutritional value compared to the 2007 wheat protein expressed by the rate of Oser (EAAI), respectively, in 2008, according to the MH (95.6) and EC (65.9) and in wheat in 2007 MH (83.5) and WE (57.5), comparable to the petals (MH – 85.3 and WE – 64.9). The lowest nutritive value was characterized by a flour, while the highest germ.

Key words: amino acids, bran, chemical composition, flaked, germ, grain, nutritional value, wheat

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 3.11.2010

