

nia narusza strukturę bielma, z którego otrzymuje się mąkę gorszej jakości [Haber i in. 1981; Cacak-Pietrzak, Soszyńska-Masny 1994; Dojczew i in. 2001]. Jednak z żywieniowego punktu widzenia zmiany jakie zachodzą podczas kiełkowania, są korzystne, gdyż większość białek zapasowych ulega proteolizie, a zwiększa się udział białek typu albumin i globulin [Mayer, Shain 1974]. Skład aminokwasowy tych białek bogatszy jest w szereg aminokwasów egzogennych: lizyny, treoniny, metioniny, izoleucyny i tryptofanu [Gąsiorowski 1997]. Mąka otrzymana z ziarna zbóż niechlebowych (np. jęczmienia) poddanych kontrolowanemu procesowi porastania może stanowić cenny dodatek do produktów mącznych dla dzieci, o zwiększonej wartości odżywczej.

Przeprowadzone badania miały na celu zbadanie wpływu procesu kiełkowania na zawartość białka ogólnego, jego skład frakcyjny oraz wzajemne proporcje frakcji tych białek w ziarnie jęczmienia jarego, uprawianego w monokulturze i płodozmianie.

METODY

Materiał do badań pochodził z dwuletniego doświadczenia polowego (2000–2001), zlokalizowanego w GD Czesławice, założonego przez Katedrę Szczegółowej Uprawy Roli i Roślin AR w Lublinie. Eksperyment polowy założono metodą bloków losowych w trzech powtórzeniach o wielkości poletek do siewu i zbioru równej 27 m². Doświadczenie usytuowano na glebie kompleksu pszenne go dobrego (II klasa bonitacyjna). W roku rozpoczęcia eksperymentu gleba ta miała odczyn lekko kwaśny (pH 6,5) i zawartość próchnicy w wysokości 1,5%. Uprawę roli pod wszystkie rośliny 6-letniej monokultury i trójpolowego płodozmiaru prowadzono w sposób typowy. Kolejność roślin w płodozmianie była następująca: strączkowe + zboża, ziemniak, jęczmień jary. Nawożenie w kg czystego składnika na 1 ha wynosiło: N – 60, P – 31, K – 75. W obu systemach uprawy stosowano raz na trzy lata obornik w dawce 30 t/ha. Nawóz ten w płodozmianie zastosowano pod ziemniaki. Ziarno przed siewem zaprawiono preparatem Funaben T (200 g/100 kg nasion). W ochronie chemicznej zastosowano: Aminopielik D (3 l/ha), Flordimex TH (2,5 l/ha), Decis 25 EC (0,25 l/ha), Tilt (0,5 l/ha), Alert (1 l/ha).

Ziarno nieobłuszczone jęczmienia jarego (odmian Rodos, Rambo, Start) poddano procesowi skróconego porastania w warunkach laboratoryjnych. W ziarnie nieporośniętym i porośniętym oznaczono zawartość białka ogólnego (N × 6,25) metodą Kjeldahla oraz przeprowadzono analizę składu frakcyjnego białka. Udział frakcji białka w białku ogółem oznaczono stosując 3-stopniową ekstrakcję: I frakcja (albuminy i globuliny) – buforem fosforanowym o pH 7, II frakcja

(hordeiny) – 70% alkoholem etylowym, III frakcja (gluteliny) – 0,1 mol wodorotlenkiem sodu wg metody Coatesa i Simmonsa [1961] w modyfikacji Janiewiczza i Pomeranza [1965]. Przy ekstrakcji frakcji uwzględniono również własną modyfikację, wykorzystując do ekstrakcji hordein 70% etanol.

Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie metodą wieloczynnikowej analizy wariancji, oceniając istotność różnic za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności 0,05.

WYNIKI

W pracy przeanalizowano zmiany poziomu białka i jego frakcji w zależności od zróżnicowanego następstwa roślin, właściwości odmianowych oraz procesu kiełkowania ziarna jęczmienia.

Analiza wyników przedstawionych w niniejszej pracy wykazała statystycznie istotny wpływ warunków meteorologicznych w okresie wegetacji roślin na poziom białka ogólnego i wszystkich jego frakcji. Rozkład opadów i ich ilość oraz temperatury wyższe od średnich wieloletnich (tab. 1), szczególnie w okresie wegetacji wiosennej i w fazach strzelania w źdźbło, a także kłoszenia roślin umożliwiły łatwiejszy dostęp składników pokarmowych z gleby. Układ warunków meteorologicznych w pierwszym roku zbioru był bardziej sprzyjający dla syntezy białka ogólnego oraz białek zapasowych (tab. 2). W ziarnie jęczmienia z 2000 r. średnia zawartość białka ogólnego była wyższa o 5%, także wyższy był udział hordein i glutelin w porównaniu z ziarnem zebrany w 2001 roku.

Poziom oznaczanych składników w analizowanym ziarnie jęczmienia uległ także zróżnicowaniu w zależności od systemu następstwa roślin (tab. 2). Wyższą zawartość frakcji białka w białku ogólnym zaobserwowano w próbach ziarna z monokultury, jednak różnice te nie były statystycznie istotne. Natomiast poziom białka ogólnego w roślinach z płodozmianu był nieznacznie, choć statystycznie wyższy. Z przeglądu piśmiennictwa [Matyka i in. 1990; Newman, Newman 1991; Oscarsson i in. 1996; Gąsiorowski 1997; Kawka i in. 1999; Souci i in. 2000] wynika, że zawartość białka ogólnego w ziarnie jęczmienia jarego kształtuje się w granicach od 8 do 18% suchej masy, ze średnim poziomem 12–13%. W naszych badaniach w analizowanych odmianach, bez względu na system uprawy, średnia zawartość białka ogólnego mieściła się w tych samych granicach.

Istotne zróżnicowanie w zawartości białka wystąpiło również w obrębie odmian, mniejsze zmiany odnotowano w odniesieniu do jego frakcji (tab. 2). Właściwości odmianowe nie wpłynęły istotnie na poziom albumin i globulin oraz białek zapasowych (hordein i glutelin). Z analizowanych odmian Rambo wyróżniała się istotnie wyższą zawartością białka ogólnego o ponad 9 i 13% w porównaniu z ziarnem od-

mian Rodos i Start. Podobne zróżnicowanie odmianowe dla poziomu białka stwierdzili w swoich badaniach Subda i in. [1997] oraz Kawka i in. [1999].

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych w latach 2000–2001 (GD Czesławice)

Table 1. Mean air temperatures and atmospheric precipitation sums in 2000–2001 (EF Czesławice)

Miesiąc Month	Dekada 10 days' period	Rok Year		Średnia wieloletnia Long-term mean 1966–1995
		2000	2001	
Temperatura powietrza Air temperature, °C				
Kwiecień April	I	5,5	9,1	7,6
	II	13,3	5,0	
	III	17,7	10,6	
	średnia mean	12,2	8,2	
Maj May	I	14,4	16,3	13,4
	II	16,1	14,4	
	III	15,4	13,9	
	średnia mean	15,3	14,4	
Czerwiec June	I	17,9	13,4	16,3
	II	17,2	15,0	
	III	16,7	16,7	
	średnia mean	17,2	15,0	
Lipiec July	I	17,0	19,4	17,9
	II	16,1	22,3	
	III	17,6	23,2	
	średnia mean	16,9	20,9	
Sierpień August	I	17,6	20,4	17,4
	II	20,7	21,0	
	III	16,7	19,5	
	średnia mean	18,3	19,6	
Opady Rainfalls, mm				
Kwiecień April	I	45,6	5,8	44,5
	II	14,9	2,8	
	III	0,0	40,2	
	suma sum	60,5	48,8	
Maj May	I	0,1	0,0	59,5
	II	17,6	5,0	
	III	33,5	10,3	
	suma sum	51,2	15,3	
Czerwiec June	I	2,2	30,3	80,2
	II	15,0	9,8	
	III	7,5	15,8	
	suma sum	24,7	55,9	
Lipiec July	I	24,4	33,6	79,4
	II	20,6	16,9	
	III	96,0	114,7	
	suma sum	141,0	165,2	
Sierpień August	I	61,8	45,1	68,6
	II	3,6	0,1	
	III	9,7	10,1	
	suma sum	75,1	55,3	

Tabela 2. Zawartość białka ogólnego i frakcji białkowych w ziarnie jęczmienia jarego, %
 Table 2. Content of total protein and protein fraction in spring barley grain, %

Czynniki badań Factors	Białko ogólne, % s.m. Total protein, % d.m.	Udział % frakcji białkowych w białku ogólnym Percentage of protein fractions in total protein		
		I	II	III
Odmiana Cultivar				
Rodos	12,17	19,03	14,91	23,22
Rambo	13,42	19,95	14,42	23,80
Start	11,65	17,78	11,34	24,58
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,801	ni ns	ni ns	ni ns
System uprawy Crop rotation				
M	11,91	20,24	14,22	25,84
P	12,92	17,60	12,90	21,90
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,543	ni ns	ni ns	ni ns
Proces kiełkowania Germination process				
Ziarno nie skielkowane Not sprouted grain	12,10	11,85	12,19	24,05
Ziarno skielkowane Sprouted grain	12,73	25,99	14,93	23,69
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,543	3,368	2,667	ni ns
Rok Year				
2000	12,73	17,02	16,56	27,96
2001	12,10	20,82	10,56	19,78
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,543	3,199	1,952	4,408

M – monokultura monoculture

P – płodozmian crop rotation

ni – nieistotne ns – not significant

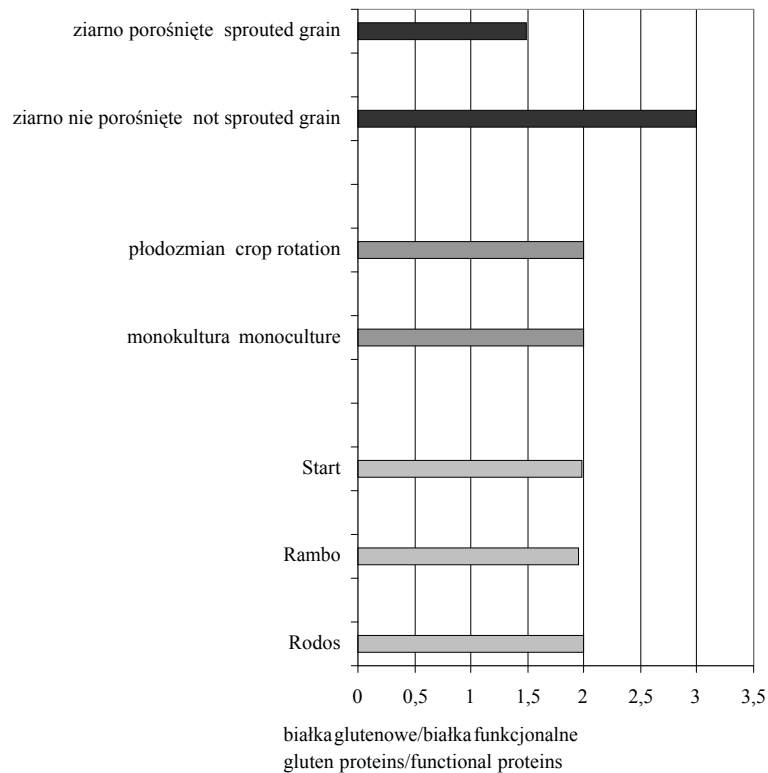
I – albuminy, globuliny albumins, globulins

II – hordeiny hordeins

III – gluteliny glutelins

Podczas kiełkowania w kompleksie białkowym zachodzą jakościowe i ilościowe zmiany poszczególnych frakcji [Mayer, Shain 1974; Dojczew i in. 2001]. Przeprowadzone przez nas badania wykazały statystycznie potwierdzony wpływ tego procesu na zawartość białka i jego frakcji. W ziarnie porośniętym nastąpił wzrost udziału frakcji albumin i globulin o ponad 54%, a prolamin o 18% w porównaniu z ziarnem nieporośniętym. Wyjątek stanowiły gluteliny, ale spadek ich poziomu nie był statystycznie istotny. Wzrost koncentracji albumin i globulin, w porównaniu z prolaminami i glutelinami, jaki zachodzi podczas porastania ziarna, wiąże się z poprawą wartości żywieniowej białek.

W ziarnie badanych odmian we wszystkich kombinacjach doświadczenia najniższy udział procentowy stwierdzono dla frakcji II (hordeiny), średnio 13,56% w białku ogólnym, przy najwyższym poziomie frakcji III (gluteliny), średnio 23,89% w białku ogólnym (tab. 2).



Rycina 1. Wartości proporcji białek glutenowych (hordeiny, gluteliny) do białek funkcjonalnych (albuminy, globuliny) w zależności od odmiany, następstwa roślin i procesu kiełkowania
 Figure 1. Ratios of gluten (hordeins, glutelins) to functional (albumins, globulins) proteins depending on cultivar, plant succession and grain germination process

Wykonana w doświadczeniu trójstopniowa ekstrakcja białek przedstawia ilościową charakterystykę układu białkowego w badanych próbach jęczmienia jarego. Procentowy udział poszczególnych frakcji w białku ogólnym określa wzajemne proporcje białek typu albumin i globulin (frakcja I) do białek glutenowych (frakcja II i III). Wartości proporcji białek glutenowych do białek funkcjonalnych (albuminy + globuliny) były wysokie (ryc. 1). Może to częściowo wynikać z przyjętej metodyki ekstrakcji białek, bowiem ekstrakcję albumin i globulin prowadzono łącznie jednym ekstrahentem (bufor fosforanowy o pH 7), a to może mieć wpływ na zmniejszenie ekstraktywności tych białek. Niemniej względne wartości tych proporcji, zależne od czynników zmienności zastosowanych w doświadczeniu (odmiana, zróżnicowane następstwo roślin, proces kiełkowania), wskazują na to, że proces kiełkowania najwyraźniej wpły-

nał na korzystny wzrost udziału frakcji albumin i globulin w białku. Przy niewielkim wzroście zawartości białka (o 5,21%) oraz frakcji hordein (o 22,5%) udział frakcji białek typu albumin i globulin w porównaniu z ziarnem nieskiełkowanym wzrósł o ponad 100%. Wpłynęło to na dwukrotne obniżenie wartości omawianych proporcji (ryc. 1). Jak już wspomniano, wartość żywieniowa mąki z ziarna poddanego procesowi kiełkowania jest wyższa ze względu na wzrost udziału aminokwasów egzogennych, tj. lizyny, treoniny, metioniny, izoleucyny i tryptofanu [Gąsiorowski 1997].

WNIOSKI

1. Proces kiełkowania spowodował zmiany poziomu białka ogólnego i procentowego udziału poszczególnych jego frakcji w ziarnie jęczmienia. W próbach ziarna skiełkowanego, w porównaniu z nieskiełkowanym, znacznie wzrosła zawartość albumin i globulin przy jednoczesnym spadku glutelin.

2. Na koncentrację wszystkich badanych składników decydujący wpływ miały warunki pogodowe, panujące w okresach wegetacji roślin. Natomiast uprawa jęczmienia w płodozmianie, w porównaniu z monokulturą, wpłynęła tylko na wzrost (o 1%) zawartości białka ogólnego w ziarnie.

3. Proces kiełkowania ziarna wpłynął korzystnie na obniżenie wartości proporcji białek glutenowych do funkcjonalnych w białku ogólnym ziarna jęczmienia jarego.

PIŚMIENNICTWO

- Cacak-Pietrzak G., Soszyńska-Masny M. 1994. Wpływ porostania na wybrane cechy ziarna pszenicy. *Przem. Piek. i Cukier.* 1, 10.
- Coates J. H., Simmonds D. H. 1961. Protein of Wheat Flour, Extraction, Fractionation and Chromatography of Buffer Soluble Proteins of Flour. *Chem.* 38, 256–272.
- Dojczew D., Haber T., Kujawa K. 2001. Zmiany frakcji białek glutynowych a wartość wypiekowa mąki. *Materiały XXXII Sesji Naukowej KT i ChŻ PAN, Warszawa 6–7 IX 2001.*
- Gąsiorowski H. 1997. *Jęczmień – chemia i technologia.* PWRiL, Poznań.
- Haber T., Lewczuk J., Janowska K., Różycki Z. 1981. Wpływ wysokich i niskich temperatur oraz porostu ziarna na wartość technologiczną pszenicy ozimych i jarych. *Przeł. Piek. i Cukier.* 4, 64–68.
- Jankiewicz M., Pomeranz Y. 1965. Isolation and Characterization of Acid-Dispersible Proteins by Gel Filtration, Polyacrylamide Gel Electrophoresis and Sucrose Gradient Ultracentrifugation. *J. Sci. Food Agric.* 16, 11, 644.
- Kawka A., Anioła J., Chalcarz A., Kołodziejczyk P., Gąsiorowski H. 1999. Ocena składu chemicznego ziarna wybranych odmian jęczmienia. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 3, 72–80.

- Łoginow W., Gulewicz K., Klupczyński Z. 1971. Analiza frakcji białek i perspektywy jej stosowania. *Pam. Puł.* 50, 117–126.
- Matyka S., Korol W., Jaśkiewicz T., Bartuzi G. 1990. Tabele składu chemicznego ziarna zbóż. CLPP Lublin.
- Mayer A. M., Shain Y. 1974. Control of seed germination. *Ann. Rew. Plant Physiol.* 25, 167–194.
- Newman R., Newman C. 1991. Barley as a Food Grain, *Cereal Foods World.* 36, 800–805.
- Oscarsson M., Andersson R., Salomonsson A.C., Aman P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *J. Cer. Sci.* 24, 161–170.
- Souci S. W., Fachmann W., Kraut H. 2000. Food composition and Nutrition Tables. Scientific Publishers, Stuttgart.
- Subda H., Gniłka P., Czubaszek A., Karolini-Skardzińska Z. 1997. Skład chemiczny i wartość technologiczna mąki odmian jęczmienia jarego i ozimego. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 203, 147–157.