

KATARZYNA KASZTELOWICZ**DANUTA BOROS**Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wstępne badania nad zastosowaniem testu lepkości jako prostego kryterium selekcji jakościowej jęczmienia browarnego i pastewnego

Preliminary attempts to use a viscosity assay as a simple criterion for selecting malting and feed barley towards quality traits

Celem badań jest opracowanie nowych warunków ekstrakcji ziarna w teście lepkości, które odzwierciedlają podobieństwo i kompleksowość cech determinujących wartość browarną i pastewną jęczmienia, na podstawie dalszego rozpoznania zależności między zawartością polisacharydów nieskrobiowych, aktywnością *endo*-enzymów ziarna a jego wartością użytkową. Badania metodyczne rozpoczęto od wyboru 7 odmian testowych o zróżnicowanej wartości browarnej, ustalenia rodzaju solwentu oraz stopnia jego rozcieńczenia w stosunku do ziarna. Odmiany testowe pochodzące z tych samych warunków glebowo-klimatycznych poddano pełnej ocenie wartości browarnej i żywieniowej. Badania żywieniowe przeprowadzono na kurczętach brojlerach, które są dobrym zwierzęciem testowym z uwagi na wysoką wrażliwość na obecność w pożywieniu lepkich substancji. Wyniki badań jakościowych dowiodły najwyższą wartość browarną oraz pastewną ziarna odmiany Rudzik, Blask i Binal charakteryzujących się jednocześnie najniższymi wartościami lepkości ekstraktu, niezależnie od stopnia rozcieńczenia, i zawartości rozpuszczalnych polisacharydów nieskrobiowych. Wstępne wyniki wskazują, że lepkość ekstraktu ziarna może być pomocnym narzędziem w selekcji ziarna jęczmienia na wysoką wartość browarną jak i pastewną. Planowane są dalsze badania na szerszym materiale testowym.

Słowa kluczowe: jęczmień, selekcja jakościowa, lepkość ekstraktu, wartość browarna, wartość pastewna

The aim of the study was to determine new extraction conditions to be applied in the assay of grain extract viscosity, which would reflect similarity and complexity of traits determining the malting and feeding values of barley. The methodological studies were initiated by selection of seven testing varieties of variable malting quality, then establishing a most appropriate kind of solvent and its degree of dilution in relation to the grain. The varieties, all originating from the same environmental conditions, were evaluated for malting and feeding values. In a feeding trial broiler chickens, known to be very susceptible to the viscous components of the diet, were used. The results showed that varieties Rudzik,

Binal and Blask, which characterised with the highest malting and feeding values, had also the lowest extract viscosity, regardless of a solvent used, and the lowest content of soluble nonstarch polysaccharides. Preliminary results indicate that the assay of extract viscosity can be a handy tool in selection of barley for high brewing and feeding values. Further studies, involving larger testing material, have been planned.

Key words: barley, qualitative selection, extract viscosity, malting quality, feeding value

WSTĘP

Ziarno jęczmienia jest podstawowym składnikiem mieszanek paszowych i jednocześnie głównym surowcem do produkcji słodu. O jego wartości w obu sposobach użytkowania w dużym stopniu decyduje poziom polisacharydów ścian komórkowych ziarniaka (Jadhav i in., 1998). Przez wiele lat uważano, że tylko zawartość rozpuszczalnych frakcji β -glukanów w ziarnie ma istotne znaczenie dla jakości brzezki i dla otrzymanego z niej w dalszym etapie procesu przetwórczego piwa, jednakże w ostatnim okresie zwrócono uwagę także na arabinoksylany (Han i Schwarz, 1996; Debyser i in., 1997). Polisacharydy te podobnie jak β -glukany mają zdolność tworzenia w wodzie roztworów o dużej lepkości, zwiększającej się dodatkowo na skutek powstawania agregatów arabinoksylianów, szczególnie w obecności β -glukanów. Powoduje to znaczne problemy z filtrowaniem brzezki i wytrącaniem się osadów w czasie leżakowania piwa. Lepkie właściwości β -glukanów uważa się również za główną przyczynę obniżonej wartości paszowej ziarna jęczmienia dla zwierząt monogastycznych, szczególnie dla drobiu (Campbell i in., 1989; Koreleski, 1993; Rutkowski, 1996). Na podstawie powyższych faktów postulowano celowość zastosowania jednakowych kryteriów selekcyjnych w hodowli jęczmienia browarnego i pastewnego (Molina-Cano, 1991; Munck, 1991).

W świetle ostatnich badań wykazano, że nie tylko poziom rozpuszczalnych polisacharydów wpływa na lepkość brzezki, lecz także ich struktura, ciężar molekularny i powiązania z innymi składnikami ziarna (Izydorczyk i MacGregor, 2000; Cyran i in., 2002). Czynniki te w znacznym stopniu determinują ich rozpuszczalność, a także podatność na hydrolizę do monocukrów pod wpływem endogennych enzymów ziarna, takich jak: *endo* 1,3(4)- β -D-glukanazy, celulazy czy *endo*-proteaz w procesie słodowania i warzenia (Bamforth, 1994). Należy nadmienić, iż aktywność natywnych enzymów jest stosunkowo wysoka w ziarnie jęczmienia, a jeszcze znacznie wzrasta podczas procesu słodowania.

Ponad 30 lat temu opracowano dla potrzeb browarnictwa i hodowli jęczmienia pośrednią metodę oznaczania całkowitej ilości rozpuszczalnych β -glukanów w ziarnie na podstawie pomiaru lepkości kwaśnego ekstraktu ziarna (Greenberg i Whitmore, 1974; Morgan i Gothard, 1977; Aastrup, 1979; Smith i in., 1980; Bhatti, 1987). Zawartość rozpuszczalnych β -glukanów w ziarnie oraz lepkość kwaśnego ekstraktu ziarna rzadko była jednakże skorelowana z parametrami jakościowymi jęczmienia browarnego (Ullrich i in., 1991; Molina-Cano i in., 1997).

Mając na uwadze podobny i przede wszystkim kompleksowy charakter cech determinujących wartość użytkową jęczmienia podjęliśmy się opracowania nowych warunków

ekstrakcji ziarna dla pomiaru jego lepkości, które odzwierciedlałyby w największym stopniu rzeczywistą wartość browarną i pastewną jęczmienia oznaczoną zgodnie z PN i w oparciu o badania biologiczne na zwierzętach. Zakładamy, że zmodyfikowana metoda pomiaru lepkości ekstraktu ziarna będzie mogła być stosowana jako metoda przesiewowa w selekcji materiałów hodowlanych jęczmienia browarnego i pastewnego.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem testowym było 7 odmian jęczmienia jarego o zróżnicowanej wartości browarnej pochodzących z tych samych warunków glebowo-klimatycznych ze zbioru w 2002 roku.

Badania metodyczne rozpoczęto od porównania lepkości ekstraktów uzyskanych w czasie 1 godzinnego wytrząsania ziarna w wodzie destylowanej (WE) lub buforze o pH 1,5 (AE), w temperaturze 30°C, różniących się stopniem rozcieńczenia ziarna do solwentu. Zastosowano następujące rozcieńczenia: 1:5; 1:10; 1:15 i 1:20 wagi do objętości (w/v). Pomiaru lepkości dokonano na aparacie Brookfielda, model LVDV-II+ (Stoughton, MA) w takiej samej temperaturze, w której odbywała się ekstrakcja.

W ziarnie oznaczono masę tysiąca ziarniaków (MTZ) i masę objętościową (MHL) oraz wykonano analizy białka, popiołu i skrobi metodami standardowymi wg AOAC (1990). Nieskrobiowe polisacharydy (NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej, zgodnie z metodyką opisaną przez Englysta i Cummingsa (1994), podczas gdy β -glukanów enzymatyczną metodą Megazyme wg procedury McCleary i Glemnie-Holmesa (1985).

Ocena wartości browarnej została wykonana w Laboratorium Chemiczno-Technologicznym COBORU zgodnie z PN.

Badania żywieniowe przeprowadzono dziesięciodniowym testem wzrostowym na młodych kurczętach (Boros i in., 1997). Kurczęta jako bardzo wrażliwe na obecność lepkich składników w diecie są dobrym testerem wartości pokarmowej ziarna. Oznaczono: spożycie diety, przyrost masy ciała (BWG) oraz wyliczono współczynnik wykorzystania paszy (FCR).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wybrane odmiany testowe pod względem składu chemicznego i wielkości ziarniaka były dość wyrównane ($CV > 10$), jedynie odmiana Rudzik charakteryzowała się niższą o 2 jednostki zawartością białka i o 6 jednostek MTZ, a odmiana Stratus przewyższała znacznie pod względem tej cechy pozostałe odmiany przy jednocześnie najniższej zawartości skrobi (tab. 1). Stwierdzono znaczne zróżnicowanie ($CV = 15\%$ i 19%) zawartości rozpuszczalnych frakcji NSP (4%–6%) oraz β -glukanów (3%–5%), podczas gdy zawartość nierozpuszczalnych frakcji była we wszystkich odmianach bardzo zbliżona (średnio 8,4%; tab. 2). Najwyższą zawartość rozpuszczalnych NSP odnotowano w odmianie Scarlett (6%), natomiast β -glukanów w odmianach pastewnych, Stratus i Orthega (5%).

Tabela 1

Skład chemiczny i charakterystyka cech fizycznych ziarna jęczmienia (w s.m.)
Chemical composition and physical characteristics of barley (on DM basis)

Odmiana Variety	MTZ TKW (g)	MHL Vol. weight (kg)	Białko Protein (%)	Popiół Ash (%)	Skrobia Starch (%)
Annabell	44,3	69,0	12,1	2,4	68,4
Binal	49,2	71,0	12,6	2,4	72,5
Rudzik	41,5	68,2	10,1	2,6	70,2
Blask	47,8	70,7	12,0	2,4	64,8
Scarlett	46,4	70,5	12,1	2,3	65,1
Stratus	54,5	73,0	12,1	2,4	61,3
Orthega	48,5	69,4	12,6	2,4	63,2

Tabela 2

Zawartość polisacharydów nieskrobiowych i ich charakterystyka (% s.m.)
Content of nonstarch polysaccharides and their characteristics (DM %)

Odmiana Variety	Nieskrobiowe polisacharydy Nonstarch polysaccharides			Ogólne β -glukan Total β -glucans	Rozpuszczalne β -glukan Soluble β -glucans
	rozpuszczalne soluble	nierozpuszczalne insoluble	ogółem total		
Annabell	4,4	8,5	12,9	4,7	3,4
Binal	4,1	8,4	12,5	4,5	3,4
Rudzik	4,2	8,6	12,8	5,4	4,2
Blask	4,3	8,4	12,8	4,7	3,6
Scarlett	6,0	8,1	14,1	5,3	3,9
Stratus	4,8	8,3	13,1	6,1	5,1
Orthega	5,4	8,8	14,3	7,3	5,3

Tabela 3

Wartość browarna jęczmienia (w s.m.)
Malting value of barley (on DM basis)

Odmiana Variety	Białko rozpuszczalne Soluble protein (%)	Liczba Kolbacha Kolbach number (%)	Ekstraktywność słodu Malt extractability (%)	Lepkość brzeczki Wort viscosity (mPa·s)	β -glukan w brzeczce Wort β -glucans (mg/L)	Odfermen- towanie Fermenta- bility (%)	Siła diastatyczna Diastatic power (W-K)
Annabell	4,65	38,4	80,8	1,52	294	80,2	230
Binal	4,68	37,1	80,5	1,65	432	80,5	315
Rudzik	4,10	40,6	82,6	1,57	786	79,2	255
Blask	4,77	39,6	81,8	1,72	941	79,7	315
Scarlett	4,59	38,1	81,6	1,76	295	79,5	320
Stratus	4,82	39,7	80,8	1,78	328	78,7	310
Orthega	3,60	28,7	77,5	1,93	295	74,4	270

Całkowita wartość browarna odmian testowych mierzona wskaźnikiem Q (tab. 3) była ogólnie dość niska (4,8) niemniej znacznie zróżnicowana (CV-36%). Największe zróżnicowanie wykazano dla zawartości β -glukanów w brzeczce (CV-56%), siły diastatycznej (CV-12%), Liczby Kolbacha (CV-11%) i zawartości białka (CV-10%). Najwyższą wartością browarną, wyrażoną wskaźnikiem Q, charakteryzowała się odmiana

Rudzik, dalej Blask, Annabell, Binal i Scarlett (6,5–5,2), a najniższą odmiany pastewne Stratus i Orthega (4 i 1,25).

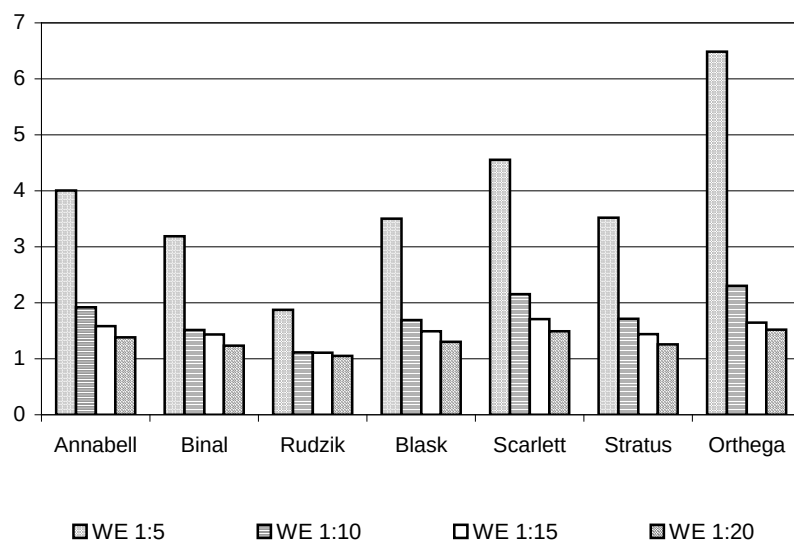
Najwyższe parametry produkcyjne uzyskano u kurcząt, którym podawano dietę opartą na ziarnie odpowiednio odmiany Rudzik i Blask. Kurczęta karmione dietą przygotowaną z odmiany Scarlett odznaczały się najniższym BWG i najwyższą wartością FGR (tab. 4).

Tabela 4

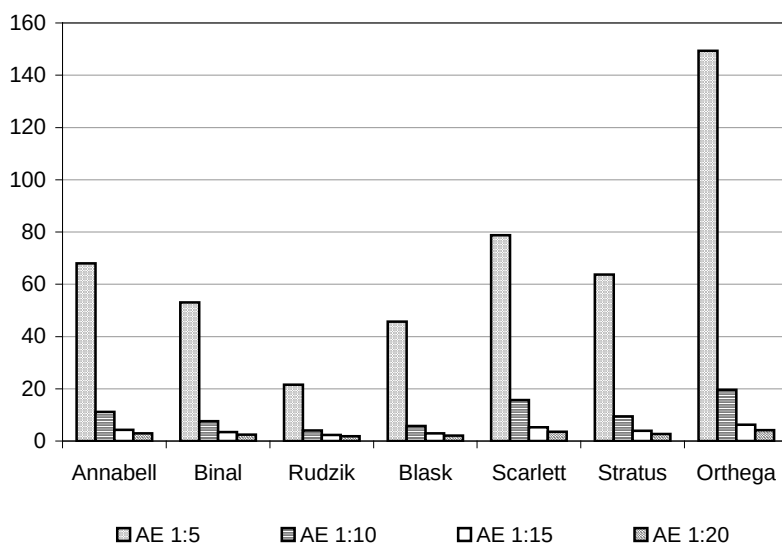
Wartość pokarmowa ziarna jęczmienia
Feeding value of barley

Odmiana Variety	Spożycie diety Diet intake (g/ptaka/10 dni) / (g/bird/10 days)	Przyrost masy ciała Body mass weight (g/bird/10 days)	Zużycie paszy F/G ratio
Kukurydza — kontrola Maize — control	245 ± 29,2	174 ± 25,8	1,415 ± 0,05
Annabell	262 ± 21,6	178 ± 18,4	1,473 ± 0,08
Binal	275 ± 31,3	189 ± 29,3	1,469 ± 0,11
Rudzik	275 ± 29,1	195 ± 24,0	1,411 ± 0,07
Blask	261 ± 30,9	188 ± 25,3	1,395 ± 0,05
Scarlett	252 ± 24,4	165 ± 22,7	1,533 ± 0,08
Stratus	260 ± 37,8	183 ± 19,6	1,419 ± 0,06
Orthega	262 ± 21,6	178 ± 29,9	1,469 ± 0,09
SEM	8,86	7,71	0,025

Niezależnie od stopnia rozcieńczenia lepkość AE była znacznie wyższa, aniżeli odpowiednia lepkość WE, co prawdopodobnie jest wynikiem inaktywacji natywnej β -glukanazy ziarna jęczmienia w warunkach niskiego pH użytego do ekstrakcji tych polisacharydów (rys. 1 i 2). W takich warunkach z całą pewnością nie następowała hydroliza β -glukanów i lepkość ekstraktu jest prawie w całości zależna od ich koncentracji w roztworze. Wykazano również, że lepkość ekstraktu ziarna niezależnie od użytej metody ekstrakcji zależała od sumy wszystkich rozpuszczalnych polisacharydów nieskrobiowych w jęczmieniu. Wstępne badania dotyczące doboru najodpowiedniejszych warunków ekstrakcji do pomiaru lepkości ekstraktu ziarna jęczmienia jako wskaźnika jego wartości użytkowej wykazały wpływ zarówno użytego solwentu jak i stopnia rozcieńczenia. Lepkość AE wszystkich 4 zastosowanych rozcieńczeń była ujemnie skorelowana ($P < 0,01$) z liczbą Kolbacha, ekstraktywnością słoju i wskaźnikiem Q, podczas gdy w przypadku WE tylko dla ekstraktu 1:5 w/v (tab. 5). Lepkości kwaśnych ekstraktów charakteryzowały się jednocześnie najwyższymi współczynnikami zmienności (CV 30%–58%). Lepkość ekstraktu ziarna niezależnie od metody ekstrakcji, z wyjątkiem rozcieńczenia 1:5 w/v, była ujemnie skorelowana ($P < 0,01$) z przyrostem masy ciała ptaków.



Rys. 1. Lepkość WE ziarna w zależności od stopnia rozcieńczenia ekstraktu (mPa·s)
Fig. 1. Viscosity of water extract in relation to a degree of dilution (mPa·s)



Rys. 2. Lepkość AE ziarna w zależności od stopnia rozcieńczenia ekstraktu (mPa·s)
Fig. 2. Acid extract viscosity in relation to a degree of dilution (mPa·s)

Tabela 5

Korelacje między lepkością wodnego i kwaśnego ekstraktu, stopniem rozcieńczenia ekstraktu a cechami jakościowymi wartości browarnej i pokarmowej jęczmienia

Relationships between viscosity of water and acid extract, degree of extract dilution and quality features of malting and feeding values of barley

Cecha Feature	Ekstrakt wodny (w/v) Water extract				Ekstrakt kwaśny (w/v) Acid extract			
	1:5	1:10	1:15	1:20	1:5	1:10	1:15	1:20
Ziarno — Grain								
T-NSP	0,827	0,816	0,043	0,178	0,571	0,466	0,438	0,442
S-NSP	0,694	0,782	0,705	0,759	0,652	0,835	0,825	0,797
S-β-glukan	0,259	0,294	0,043	0,178	0,571	0,466	0,438	0,442
S-β-glukan								
Słód — Malt								
Białko rozpuszczalne Soluble protein	-0,476	-0,232	0,026	-0,196	-0,593	-0,487	-0,421	-0,469
Liczba Kolbach Kolbach index	-0,873	-0,677	-0,516	-0,657	-0,932	-0,804	-0,785	-0,814
Ekstrakt Extract	-0,856	-0,675	-0,530	-0,637	-0,924	-0,766	-0,766	-0,792
Siła diastatyczna Diastatic power	-0,011	0,057	0,206	0,077	-0,080	-0,037	-0,012	-0,067
Brzeczka — Wort								
Lepkość Viscosity	0,745	0,632	0,503	0,576	0,761	0,678	0,670	0,652
β-glukany β-glucans	-0,581	-0,639	-0,607	-0,614	-0,621	-0,737	-0,758	-0,760
Odfermentowanie Fermentability	-0,746	-0,533	-0,275	-0,458	-0,834	-0,689	-0,653	-0,676
Q	-0,864	-0,698	-0,514	-0,631	-0,930	-0,791	-0,784	-0,795
Kurczęta — Chickens								
BMG	-0,672	-0,856	-0,877	-0,865	-0,576	-0,801	-0,821	-0,790
FGR	0,508	0,632	0,687	0,681	0,465	0,700	0,705	0,698

Wytuszczonym drukiem zaznaczono korelacje istotne ($P \geq 0,05 = 0,7545$; $P \geq 0,01 = 0,8745$)

Significant correlations are distinguished by bold printing

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki wskazują, że lepkość ekstraktu ziarna może być pomocnym narzędziem w selekcji ziarna jęczmienia zarówno dla celów browarnych, jak i pastewnych. Badania na znacznie większej liczbie prób ziarna jęczmienia, planowane w najbliższej przyszłości, pozwolą na wyciągnięcie bardziej konstruktywnych wniosków.

LITERATURA

- Aastrup S. 1979. The relationship between the viscosity of an acid flour extract of barley and its β-glucan content. Carlsberg Res. Commun. 44: 289 — 304.
- Bamforth C. W. 1994. β-glucan and β-glucanases in malting and brewing: practical aspects. Brewers Digest. 5: 12 — 17.
- Bhatty R. S. 1987. Relationship between acid extract viscosity and total soluble and insoluble β-glucan contents of hulled and hullless barley. Can. J. Plant Sci. 67: 997 — 1008.

- Boros D., Madej L., Jagodzinski J. 1997. Perspectives of selection for better nutritive quality of rye I. Viscosity of grain water extract as an index of nutritive value of rye for broiler chicks. *Plant Breed. Seed Sci.* 41: 81 — 89.
- Campbell G. L., Rossnagel B. G., Classen H. L., Thacker P. A. 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26: 221 — 230.
- Cyran M., Izydorczyk M. S., MacGregor A. W. 2002. Structural characteristics of water-extractable nonstarch polysaccharides from barley malt. *Cereal Chem.* 79: 359 — 366.
- Debysier W., Derdelinckx G., Delcour J. A. 1997. Arabinoxylan and arabinoxylan hydrolysing activities in barley malts and warts derived from them. *J. Cereal Sci.* 26: 67 — 74.
- 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.
- Greenberg D. C., Whitmore E. T. 1974. A rapid method for estimating the viscosity of barley extracts. *J. Inst. Brew.* 80: 31 — 33.
- Han J. Y., Schwarz P. B. 1996. Arabinoxylan composition in barley, malt and beer. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 54: 216 — 220.
- Izydorczyk M. S., MacGregor A. W. 2000. Evidence of intermolecular interactions of β -glucans and arabinoxylans. *Carbohydr. Polym.* 41: 417 — 420.
- Jadhav S. J., Lutz S. E., Ghorpade V. M., Salunkhe D. K. 1998. Barley: Chemistry and value added processing. *Crit. Rev. Food Sci.* 38: 123 — 171.
- Koreleski J. 1993. Wartość jęczmienia oplewionego i nie oplewionego w żywieniu kurcząt oraz skuteczność dodatku enzymów. *Rocz. Nauk Zootech.* 20: 207 — 224.
- MacGregor A. W., Fincher G. B. 1993. Carbohydrates of the barley grain. In: *Barley: chemistry and technology* (ed. MacGregor i Batty). Am. Ass. Cereal Chem. St. Paul, MN: 73 — 110.
- McCleary B. V., Glennie-Holmes M. 1985. Enzymatic quantification of (1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.* 91: 285 — 295.
- Mollina-Cano J. L. 1991. Breeding barley for malting and feeding quality. *Ciheim Options Mediterraneeennes.* 20: 34 — 44.
- Molina-Cano J. M., Francesch M., Perez-Vendrell A. M., Ramo T., Voltas J., Brufau. J. 1997. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. *J. Cereal Sci.* 25: 37 — 47.
- Morgan A. H., Gothard P. G. 1977. A rapid simple viscometric technique for indirect estimation of soluble β -glucan content of raw barley. *J. Inst. Brew. Vol.* 83: 37 — 38.
- Munck L. 1991. Advances in barley quality. Experiences and perspectives. *Ciheim Options Mediterraneeennes.* 20: 9 — 18.
- Rutkowski A. 1996. Wartość pokarmowa zbóż dla kurcząt brojlerów. *Rocz. AR Poznań. Rozprawy naukowe* z. 267.
- Smith D. B., Morgan A. G., Aastrup S. 1980. Variation in the biochemical composition of acid extract from barleys of contrasting malting quality. *J. Inst. Brew.* 86: 113 — 119.
- Ullrich S. E., Clancy J. A., Cuti J. G., Tompkins C. M. 1991. Analysis of β -glucans in barley and malt: A comparison of four methods. *Amer. Soc. Brew. Chem. J.* 49: 110 — 115.