

HANNA SUBDA**ANETA JAROSŁAWSKA****ANNA UNTON****ZOFIA KAROLINI-SKARADZIŃSKA**

Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż

Akademia Rolnicza, Wrocław

Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba

The effect of selected chemical features of winter wheat flour on the quality of dough and bread

Materiał badawczy stanowiło ziarno 9 odmian pszenicy ozimej: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, Rysa. Ziarno otrzymano z 3 Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian, ze zbioru w latach 1997–1999. Z ziarna ocenianych odmian pszenicy otrzymano średnio 65,9% mąki. Odmiany pszenicy różniły się zawartością badanych białek ($V = 7,4$ do $V = 87,1\%$), pentozańców rozpuszczalnych ($V = 14,7\%$), nierozpuszczalnych ($V = 18,5\%$) i ogółem ($V = 14,8\%$). Mąka pszenna charakteryzowała się niską aktywnością enzymów proteolitycznych (2,0 jednostki) i α -amylazy (317 s) mierzonej liczbą opadania oraz wysoką liczbą sedimentacji (63 cm³). Z mąki pszennej otrzymano dużo glutenu mokrego (34,8%) o rozpląwalności 4 do 10 mm. Ilość i jakość glutenu oraz liczba sedimentacji zależały od zawartości badanych białek. Oceniana mąka miała wysoką początkową (78,2° C) i końcową temperaturę (91,0° C) oraz długi czas kleikowania (44,0 min). Kleiki mączne odznaczały się niską lepkością maksymalną (286 jB) i po przetrzymaniu w 95° C (304 jB), a znacznie wyższą lepkością po ochłodzeniu do 50° C (482 jB). Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wodochłonnością (58,2–62,4%). Ciasto otrzymane z tej mąki odznaczało się dobrymi właściwościami reologicznymi. Na właściwości reologiczne ciasta istotny wpływ miały oceniane białka i aktywność α -amylazy. Chleb wypieczony z mąki pszennej charakteryzował się dużą objętością w przeliczeniu na 100 g mąki (617 cm³) i nadpiekiem (48,8%) oraz odpowiednią strukturą miękkiszu. Objętość i nadpiek chleba zależały od aktywności enzymów proteolitycznych.

Słowa kluczowe: białko, chleb, ciasto, enzymy, gluten, pentozańcy, pszenica

Grain quality parameters were tested for nine winter wheat varieties: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, and Rysa. The grain was supplied by three Experimental Stations and came from harvests of 1997–1999. The wheat grain yielded 65.9% flour on an average. The varieties differed in their content of proteins ($V = 7.4$ to $V = 87.1\%$), pentosans soluble ($V = 14.7\%$), insoluble ($V = 18.5\%$) and total ($V = 14.8\%$). The wheat flour was characterized by low activity of proteolytic enzymes /2.0 unit/ and alpha-amylase (317 s) measured with the falling number, as well as by high sedimentation value /63 cm³/. Much wet gluten was obtained (34.8%) of 4 to 10 mm flowness. The quantity and quality of gluten, as well as the sedimentation value depended on the content of proteins.

The initial and terminal temperatures of starch gelatinization were high (78.2° C and 91.0° C, respectively) and the gelatinization time was long (44.0 min). Flour pastes were characterized by low peak viscosity (286 UB) and low viscosity after having been kept at 95° C (304 UB), but much higher one after having been cooled down to 50° C (482 UB). The wheat flour was characterized by high water absorbability (58,2–62,4%). Dough made of the flour had good rheologic properties having been significantly influenced by proteins and activity of alpha-amylase. Bread baked of the wheat flour was characterized by large volume 617 cm³ (100 g of flour) and overbake (48.8%), as well as by proper structure of crumb. The volume and overbake depended on the activity of proteolytic enzymes.

Key words: bread, dough, enzymes, gluten, pentosans, protein, wheat

WSTĘP

Hodowcy ciągle pracują nad wytworzeniem nowych odmian pszenicy, które charakteryzują się większą plennością oraz odpornością na choroby, a czasem także lepszą jakością technologiczną. Dlatego też istnieje konieczność oceny tych odmian pod względem przydatności do celów piekarskich.

Celem badań było określenie składu chemicznego mąki odmian pszenicy ozimej i ocena jego wpływu na jakość ciasta i chleba pszennego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 9 odmian pszenicy ozimej: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, Rysa, otrzymane ze Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Tarnowie Śląskim, Jeleniej Górze i Zybszowie, ze zbioru w latach 1997–1999.

Mąkę do badań uzyskano z przemiału ziarna w młynie Quadrumat Senior. Zawartość białka ogółem określono metodą Kjeldahla (N x 5,7). Ilość białka rozpuszczalnego w SDS i gluteniny wysokocząsteczkowej oznaczono metodą opisaną przez Subdę (1989). Aktywność α -amylazy, określono na podstawie liczby opadania, metodą Hagberga–Pertena. Aktywność enzymów proteolitycznych mierzono metodą AACC (1976) opisaną przez Subdę (1984 a). Za jednostkę aktywności przyjęto ilość μ moli tyrozyny powstałej w czasie 1 min z 1 g mąki. Zawartość skrobi oznaczono metodą opisaną przez Lue i współaut. (1991), natomiast zawartość pentozań metodą kolorymetryczną (Subda, 1984 b). Liczbę sedimentacji oznaczono metodą Axforda i wsp. (1979), a ilość i rozpuszczalność glutenu według PN-77/A-74041 (1989).

Właściwości reologiczne ciasta określono za pomocą farinografu Brabendera. Wycenę farinogramów przeprowadzono metodą AACC (1972). Właściwości kleików mącznych oznaczono amylograficznie (Bhatty, 1993). Wypiek chleba wykonano metodą Biskupskiego, opisaną przez Karolini-Skaradzińską i wsp. (2001).

Ocenę materiału badawczego przeprowadzono na podstawie wartości średnich i współczynników zmienności. Ponadto obliczono współczynniki korelacji liniowej prostej. Zawartość białka ogółem oznaczono w ziarnie i w mące, a wartości pozostałych cech określono w mące. Zawartość białka rozpuszczalnego w SDS, gluteniny wysokocząsteczkowej i białka nierozpuszczalnego przeliczono na białko ogółem.

WYNIKI

Z ziarna pszenicy ozimej otrzymano od 63,8 do 69,7% mąki (tab. 1). Najwięcej mąki uzyskano z ziarna odmiany Wanda (69,7%), a znacznie mniej z ziarna odmian Izolda (63,8%) i Begra (64,6%). Stwierdzono, że wydajność mąki była ujemnie skorelowana z lepkością kleików mącznych (tab. 2), wodochłonnością mąki, czasem rozwoju ciasta i wartością walorymetryczną (tab. 6).

Tabela 1

Średnie wartości cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999
Means values of qualitative traits of grain and flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait				
	wydajność mąki flour extraction %	białko ogółem total protein %		białko rozpuszczalne w SDS sds soluble protein %	glutenina wysokocząsteczkowa high-molecular glutenin %
		w ziarnie in grain	w mące in flour		
Gama	66,8	14,0	10,4	73,90	20,80
Almari	66,0	14,7	12,3	68,10	27,10
Begra	64,6	14,2	12,4	68,10	28,75
Roma	65,7	14,0	13,1	63,76	21,20
Wanda	69,7	12,9	10,4	75,50	19,90
Kaja	66,8	14,2	11,9	74,50	22,65
Korweta	63,9	14,2	12,6	68,50	25,10
Izolda	63,8	12,3	10,2	77,50	18,80
Rysa	67,1	14,0	12,5	69,60	28,80
$\bar{x}$	65,9	13,7	11,9	70,56	23,26
V%	5,5	7,4	11,0	8,4	20,1

V% — Współczynnik zmienności

V% — Coefficient of variation

Zawartość białka ogółem w ziarnie większości badanych odmian była podobna (14,0 do 14,7%) (tab. 1). Mniej białka zawierały odmiany Wanda (12,9%) i Izolda (12,3%). Zawartość białka ogółem w mące wahała się od 10,2 do 13,1%.

Zawartość białka rozpuszczalnego w SDS, przeliczona na białko ogółem, wahała się od 63,76 do 77,50% (tab. 1). Wykazano zmienność zawartości gluteniny wysokocząsteczkowej (od 18,80 do 28,75%, V = 20,1%) (tab. 1). Odmiany pszenicy w dużym stopniu różniły się zawartością białka nierozpuszczalnego (1,60 do 15,10%). Spośród omawianych białek najbardziej zmienne było białko nierozpuszczalne (V = 87,1%).

Badane odmiany pszenicy różniły się aktywnością enzymów proteolitycznych (od 1,38 do 3,20 jednostki, V = 37,8%) (tab. 3). Najwyższą aktywność (3,20 jednostki) miała mąka odmiany Rysa. Mąka ocenianych odmian charakteryzowała się niską aktywnością α -amylazy, mierzonej liczbą opadania (269 do 390 s, V = 20,7%).

Okazało się, że zawartość pentozanów nierozpuszczalnych była w większym stopniu zróżnicowana (od 1,53 do 1,96%, V = 18,5%) niż rozpuszczalnych (od 0,30 do 0,42%, V = 14,7%) i ogółem (od 1,83 do 2,30%, V = 14,8%) (tab. 3). W mące pszennej wykazano od 63,9 do 76,1% skrobi (tab. 3). Pszenice Gama (76,1%) i Roma (70,2%) wyróżniały się większą zawartością skrobi w porównaniu z innymi odmianami (od 63,9 do 68,2%).

Tabela 2

Istotne wartości współczynników korelacji liniowej prostej (P = 0,95)
Significant values of linear correlation coefficients (P = 0,95)

Cecha Trait	Gluten mokry Wet gluten	Rozpływalność glutenu Flowness of gluten	Liczba sedymtacji Sedimentation value	Początkowa temperatura kleikowania Initial temperature of gelatinization	Maksymalna lepkość Peak viscosity	Lepkość po przetrzymaniu Viscosity at end of hold	Lepkość po ochłodzeniu Viscosity after cooling
Białko ogółem w ziarnie Total protein in grain	0,63		0,67				
Białko ogółem w mące Total protein in flour	0,52		0,75				
Białko rozpuszczalne w SDS SDS-soluble protein		0,66	-0,72				
Glutenina wysokocząsteczkowa High-molecular glutenin							
Białko nierozpuszczalne Insoluble protein		-0,51	0,50				
Aktywność proteolityczna Activity of proteolytic enzymes	0,48						
Liczba opadania Falling number				-0,68			
Skrobia Starch	0,52						
Wydajność mąki Flour extraction					-0,58	-0,62	-0,68

n = 18

Z mąki ocenianych odmian pszenicy otrzymano dużo glutenu mokrego (28,2 do 39,2%) o rozpływalności od 4,0 do 10,0 mm (tab. 3). Najwięcej glutenu wymyło z mąki odmiany Gama (39,2%) i Rysa (38,7%). Wydajność glutenu była skorelowana z zawartością białka ogółem w ziarnie i w mące, aktywnością enzymów proteolitycznych i zawartością skrobi (tab. 2). Rozpływalność glutenu zwiększała się wraz z podwyższeniem zawartości białka rozpuszczalnego. Korzystny wpływ na rozpływalność glutenu miało białko nierozpuszczalne.

Wykazano zmienność liczby sedymtacji (od 40 do 74 cm³, V = 17,7%) (tab. 3). Stwierdzono, że wartość liczby sedymtacji zależała od zawartości białka ogółem w ziarnie i w mące, białka rozpuszczalnego w SDS oraz białka nierozpuszczalnego (tab. 2).

Mąka pszenna miała wysoką średnią początkową (78,2° C) i końcową (91,0° C) temperaturę oraz długi czas kleikowania (44,0 min) (tab. 4). Początkowa temperatura kleikowania zależała od aktywności α -amylazy, mierzonej liczbą opadania (tab. 2). Wykazano małą zmienność temperatury początkowej (V = 2,9%) i końcowej (V = 1,7%) oraz czasu kleikowania (V = 2,3%).

Tabela 3

Średnie wartości cech jakościowych mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999
Means values of qualitative traits of flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait								
	aktywność enzymów proteolityczna w jednostkach activity of proteolytic enzymes in units	liczba opadania falling number s	pentozany % pentosans %			skrobia starch (%)	gluten mokry wet gluten (%)	rozpływalność glutenu flowness of gluten (mm)	liczba sedymentacji sedimentation value (cm ³)
			rozpuszczalne soluble	nie- rozpuszczalne insoluble	ogółem total				
Gama	1,50	274	0,34	1,62	1,96	76,1	39,2	10,0	62
Almari	1,38	291	0,34	1,96	2,30	65,6	34,9	9,0	68
Begra	1,78	269	0,38	1,60	1,98	67,8	34,3	5,5	74
Roma	1,94	352	0,42	1,76	2,18	70,2	36,1	5,0	73
Wanda	1,49	269	0,30	1,55	1,83	65,3	33,8	7,5	60
Kaja	1,92	269	0,34	1,53	1,88	63,9	36,9	9,0	59
Korweta	2,38	365	0,33	1,59	1,92	65,9	34,6	4,0	70
Izolda	2,16	306	0,40	1,90	2,30	68,2	28,2	7,0	40
Rysa	3,20	390	0,38	1,62	2,00	67,5	38,7	7,0	63
$\bar{X}$	2,0	317	0,36	1,67	2,0	67,5	34,8	6,6	63
V%	37,8	20,7	14,7	18,5	14,8	10,0	12,0	42,7	17,7

Tabela 4

Średnie wartości cech amylograficznych mąki pszenicy ozimej ze zbioru 1997–1999
Mean values of amylographic traits of flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait					
	początkowa temperatura kleikowania initial temperature of gelatinization (°C)	końcowa temperatura kleikowania terminal temperature of gelatinization (°C)	czas kleikowania time of gelatinization (min)	maksymalna lepkość kleików mącznych (jB) peak viscosity of flour pastes (UB)	lepkość po przetrzymaniu przez 30 minut w temperaturze 95°C (jB) viscosity at end of hold by 30 minute (UB)	lepkość po ochłodzeniu do temperatury 50° C (jB) viscosity after cooling to 50° C (UB)
Gama	82,0	91,0	44,0	230	210	310
Almari	79,0	89,5	43,0	280	260	390
Begra	79,4	90,7	43,0	280	295	475
Roma	77,6	92,1	44,7	277	300	487
Wanda	78,0	89,8	43,1	280	300	440
Kaja	79,6	90,5	43,6	305	330	505
Korweta	76,1	90,1	43,4	317	330	513
Izolda	77,5	92,7	45,1	305	335	585
Rysa	77,5	92,5	45,0	240	280	480
$\bar{X}$	78,2	91,0	44,0	286	304	482
V%	2,9	1,7	2,3	11,2	14,5	18,1

Kleiki otrzymane z mąki odmian pszenicy odznaczały się niską maksymalną lepkością (230–317 jB). Największą lepkość miał kleik mąki odmiany Korweta (317 jB), a najmniejszą kleik odmiany Gama (230 jB). Stwierdzono małą lepkość kleików mącznych

po przetrzymaniu przez 30 min w 95° C (210 do 335 jB). Lepkość kleików odmian Gama, Almari, Kaja i Korweta zmniejszyła się o 5 do 20 jB, lepkość pozostałych odmian uległa zwiększeniu o 15 do 40 jB. Wskazuje to, że ziarna skrobi różniły się trwałością. Lepkość kleików mącznych po ochłodzeniu do 50°C uległa zwiększeniu o 100 do 248 jB i wahała się od 310 do 585 jB (tab. 4). Największą lepkość miał kleik mąki odmiany Izolda (585 jB). Duże zwiększenie lepkości po ochłodzeniu do 50° C wskazuje, że kleiki mąki pszennej łatwo retrogradują.

Tabela 5

Średnie wartości cech farinograficznych i wypiekowych mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999

Mean values of farinographic and baking traits of wheat flour harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait							
	wodochłonność mąki water absorption (%)	rozwój ciasta development of dough (min)	stałość ciasta stability of dough (min)	współczynnik tolerancji na miesienie (jB) tolerance index (UB)	wartość walorymetry- czna valorimetric value	objętość chleba ze 100g mąki bread volume from 100g of flour (cm ³)	nadpiek chleba overbake of bread (%)	porowa- tość wg skali Dallmanna porosity of crumb
Gama	61,2	1,7	3,4	70	48	648	49,4	7,0
Almari	58,2	1,9	2,0	60	50	600	49,4	8,0
Begra	62,4	2,3	4,3	35	54	626	50,6	7,5
Roma	62,3	2,0	6,5	47	55	645	49,2	6,7
Wanda	58,4	1,5	3,0	80	45	691	47,8	7,5
Kaja	57,4	1,8	2,7	80	50	594	49,1	7,5
Korweta	60,5	1,9	11,3	37	60	609	50,5	8,0
Izolda	59,4	1,7	1,8	80	49	549	47,9	6,0
Rysa	58,6	2,0	4,3	50	54	568	41,5	5,0
$\bar{x}$	60,1	1,8	5,1	58	52	617	48,8	7,1
V%	42	20,2	87,9	36,6	11,1	8,2	4,8	16,4

Wykazano dużą zmienność właściwości reologicznych ciasta ($V = 11,1$ do $V = 87,9\%$) (tab. 5). Najbardziej zmienny okazał się czas stałości ciasta ($V = 87,9\%$), a najmniej wartość walorymetryczna ($V = 11,1\%$). Ciasto otrzymane z mąki ocenianych odmian odznaczało się dobrymi właściwościami reologicznymi. Stwierdzono, że jakość ciasta zależała od zawartości białka ogółem w mące, białka rozpuszczalnego w SDS, gluteniny wysokocząsteczkowej oraz aktywności α -amylazy (tab. 6).

Chleb wypieczony z mąki badanych odmian odznaczał się dużą objętością (549 do 691 cm³ w przeliczeniu na 100 g mąki) i nadpiekiem (41,5 do 50,6%) oraz dobrą strukturą miękiszu. Porowatość miękiszu oceniono na 5 do 8 punktów w skali 8 punktowej. Chleb uzyskany z mąki odmian Wanda, Gama i Roma wyróżniał się dużą objętością. Stwierdzono, że objętość i nadpiek chleba zależały od aktywności enzymów proteolitycznych (tab. 6).

Tabela 6

Istotne wartości współczynników korelacji liniowej prostej ($P = 0,95$)**Significant values of linear correlation coefficients ($P = 0,95$)**

Cecha Trait	Wodochłonność mąki Water absorption	Czas rozwoju ciasta Development of dough	Współczynnik tolerancji na miesienie Tolerance index	Wartość walorymetryczna Valorimetric value	Objętość chleba Bread volume	Nadpiek chleba Overbake
Białko ogółem w mące Total protein in flour			-0,50			
Białko rozpuszczalne w SDS SDS-soluble protein			0,72	-0,60		
Glutenina wysokocząsteczkowa High-molecular glutenin			-0,50			
Aktywność proteolityczna Activity of proteolytic enzymes					-0,52	-0,51
Liczba opadania Falling number				0,54		
Wydajność mąki Flour extraction	-0,60	-0,65		-0,74		

DYSKUSJA

Wyniki uzyskane w omawianej pracy wskazują, że zawartość białka w badanych obecnie odmianach była większa w porównaniu z odmianami ocenianymi przez Subdę i Karolini-Skaradzińską (1996). Ponadto w prezentowanej pracy oraz w badaniach Faubion i Hoseneya (1990), Subdy (1991) oraz Johanssena i wsp. (1996) wykazano, że ilość i jakość białka wpływa na wartość wypiekową mąki pszennej. Według Subdy i wsp. (1996) odmiany o dobrej wartości wypiekowej zawierają więcej gluteniny wysokocząsteczkowej w porównaniu z odmianami odznaczającymi się gorszą jakością. W przedstawionej obecnie pracy należy zwrócić uwagę na odmiany Rysa i Begra, które zawierały największą ilość gluteniny wysokocząsteczkowej. Według El Hadala i wsp. (1995) oraz Johnssona i wsp. (1995) glutenina wysokocząsteczkowa ma korzystny wpływ na jakość ciasta i chleba pszennego.

Oceniane odmiany były zróżnicowane pod względem aktywności proteolitycznej i α -amylazy. Największą aktywnością proteolityczną wyróżniała się odmiana Rysa, natomiast pszenica Almari, Wanda i Gama miały niską aktywność tych enzymów. Ponadto odmiany Rysa, Korweta i Roma charakteryzowały się małą aktywnością α -amylazy. Ibrachim i D'Appolonia (1989) oraz Martin i Hoseney (1991) wykazali, że enzymy proteolityczne i α -amylaza mają znaczny wpływ na właściwości ciasta i jakość pieczywa. W naszych badaniach wykazano, że objętość i nadpiek chleba były uwarunkowane aktywnością enzymów proteolitycznych.

W mące pszennej występują pentozany stosunkowo w niedużych ilościach. Według Hoseneya (1984) oraz Yina i Walkera (1992) wywierają one wpływ na wartość wypiekową mąki, odgrywając dużą rolę w powstawaniu ciasta i wypieku chleba. Oceniane odmiany Almari, Izolda oraz Roma charakteryzowały się największą ilością pentozanów ogółem.

Natomiast pszenica Wanda i Kaja zawierały najmniej pentozańców ogółem. W badaniach własnych nie wykazano wpływu pentozańców na wartość wypiekową mąki.

Bardzo ważną rolę w procesie powstawania ciasta i wypieku chleba odgrywa skrobia. Wpływa ona na wodochłonność mąki, lepkość i gęstość ciasta (Kulkarni i in., 1997) oraz starzenie się chleba (Jacobson i in., 1997). W badaniach własnych odmiany różniły się ilością skrobi. Najwięcej jej miała pszenica Gama, natomiast najmniej odmiana Kaja. Ponadto nie wykazano wpływu skrobi na jakość ciasta i chleba. Stwierdzono natomiast, że ziarna skrobi są trwałe, a kleiki mączne łatwo retrogradują.

WNIOSKI

1. Mąka odmian pszenicy ozimej różniła się zawartością ocenianych białek, pentozańców, aktywnością enzymów proteolitycznych i α -amylazy mierzonej liczbą opadania. Na uwagę zasługują odmiany Rysa i Begra, które odznaczały się największą ilością gluteniny wysokocząsteczkowej.
2. Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wydajnością glutenu mokrego i wysoką liczbą sedymentacji. Odmiany Gama i Rysa wyróżniały się największą ilością wymytego glutenu mokrego, a odmiany Begra i Roma wysoką liczbą sedymentacji.
3. Mąka pszenna miała wysoką początkową i końcową temperaturę oraz długi czas kleikowania. Stwierdzono zróżnicowanie mąki pszennej pod względem lepkości kleików. Wykazano, że ziarna skrobi są trwałe tzn. trudno rozpadają się, a kleiki mączne łatwo retrogradują.
4. Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wodochłonnością, a szczególnie odmiany Begra i Roma. Ciasto pszenne uzyskane z mąki odmian Begra i Korweta odznaczało się najlepszymi parametrami oceny reologicznej.
5. Chleb uzyskany z mąki odmian Wanda, Gama i Roma miał dużą objętość oraz nadpiek.
6. Na podstawie uzyskanych wartości współczynników korelacji stwierdzono, że:
 - wydajność i rozpułwalność glutenu oraz liczba sedymentacji zależały od zawartości badanych białek oraz aktywności enzymów proteolitycznych,
 - na cechy fizyczne ciasta istotny wpływ miało białko ogółem i białko rozpuszczalne w SDS, glutenina wysokocząsteczkowa oraz aktywność α -amylazy.

LITERATURA

- AACC. 1972. The farinograph handbook. Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul.
- AACC. 1976. American Association of Cereal Chemists. Approve methods of the AACC. The Association: St. Paul. M. N.
- Axford D.W.E., Mc Dermott E. E, Redman D. G. 1979. On the sodium dodecyl sulfate test of bread — making quality. Comparison with Pelshenke and Zeleny test. Cereal Chem. 56: 582-584.
- Bhatty R. S. 1993. Physicochemical properties of roller-milled bran and flour. Cereal Chem. 70: 397 — 402.
- El Hadal I., Aussenac T., Fabre J.L., Sarrafi H. 1995. Relationship between polymeric glutenin and the characteristic for seven common wheats (*Triticum aestivum*) grown in the field and greenhouse. Cereal Chem. 72: 598 — 601.
- Faubion J. M., Hoseney R. C. 1990. The viscoelastic properties of wheat flour doughs. Pages 29–66 in dough rheology and baked product texture. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Hoseney R. C. 1984. Functional properties of pentosans in baked foods. Food Technol. 1: 114 — 115.

- Ibrachin Y. D., D'Appolonia B. L. 1979. Sprouting in hard red spring wheat. *Bak. Dig.* 15: 17 — 21.
- Jacobson M. R., Obanni M., BeMiller J. N. 1997. Retrogradation of starches from different botanical sources. *Cereal Chem.* 74: 511 — 518.
- Janssen A. M., Vlient T. V., Vereijken J. M. 1996. Rheological behaviour of wheat glutens at small and large deformation. Effect gluten composition. *J. Cereal Sci.* 23: 33 — 42.
- Johansson E., Svensson G. 1995. Contribution of the high molecular glutenin subunit 21* to bread making quality of Swedish wheats. *Cereal Chem.* 70: 500 — 511.
- Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski. M., Czubaszek A. 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość.* 2 (27): 68 — 77.
- Kulkarni J.G., Ponte J. R., Kulp K. 1987. Significance of gluten content as index of flour quality. *Cereal Chem.* 64: 1 — 3.
- Lue S., Hsieh F., Huff H.E., 1991. Estimation cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization and dietary fiber content. *Cereal Chem.* 68: 227 — 234.
- Martin M. L., Hoseney R. C. 1991. A mechanism of bread firming II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68: 503 — 507.
- PN-77/A-74041 (1989). Oznaczanie ilości i jakości glutenu. Wyd. Normalizacyjne „Alfa”.
- Subda H. 1984 a. Instrukcja wdrożeniowa oznaczania aktywności enzymów proteolitycznych. *Biul. IHAR.* 152: 139 — 141.
- Subda H. 1984 b. Metoda oznaczania zawartości pentozanów rozpuszczalnych w wodzie (Instrukcja). *Biul. IHAR.* 155: 225 — 226.
- Subda H. 1989. Zależność wartości wypiekowej mąki pszennej od składu chemicznego. Cz. II. Ekstraktywność białek pszenicy w różnych rozpuszczalnikach. *Hod. Rośl. Aklim.* 31: 27 — 35.
- Subda H. 1991. Charakterystyka biochemiczna i technologiczna pszenicy jarej i ozimej. Cz. I. Ilość i jakość białek. *Biul. IHAR.* 35: 69 — 82.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., 1996. Ocena składu chemicznego i wartości wypiekowej kilku odmian pszenicy. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Techn. Żywn.* X nr. 305: 57 — 67.
- Subda H., Gil Z., Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z. 1996. Zawartość różnych postaci białka w mące pszennej i pszenżytniej. *Rocz. Nauk. Rol. Seria A., T 112, Z. 1-2:* 63 — 70.
- Yin Y., Walker C. E. 1992. Pentosans from gluten — washing wastewater isolation, characterisation and role in baking. *Cereal Chem.* 69: 592 — 596.