

AGATA WOJCIECHOWICZ, ZYGMUNT GIL, MAŁGORZATA KAPELKO,
TOMASZ ZIĘBA

WPLYW DODATKU SKROBI OPORNEJ NA WŁAŚCIWOŚCI CIASTA I JAKOŚĆ PIECZYWA PSZENNEGO

Streszczenie

Badania miały na celu ocenę wpływu udziału, w cieście i pieczywie, retrogradowanej skrobi acetylowanej (skrobi odpornej RS4) na cechy jakościowe ciasta i pieczywa pszenne. W doświadczeniu zastosowano udział skrobi odpornej w ilości od 0 do 40 %. W celu zbilansowania ubytku glutenu, przez zamianę części mąki skrobią oporną, dodano gluten witalny w ilości 1,5 % przy 10 i 20 % udziale skrobi odpornej oraz 3 % przy 30 i 40 % udziale skrobi retrogradowanej acetylowanej w mieszankach. W badaniach oznaczono wyróżniki jakości i cechy amylograficzne mąki wzbogaconej skrobią oporną, właściwości farinograficzne ciasta oraz wykonano wypiek chleba i oceniono jego jakość.

Badania wykazały, że udział skrobi odpornej do 10 % nie obniżał znacząco jakości pieczywa. Stwierdzono, że wzrastający udział skrobi odpornej powodował obniżenie wartości cech jakościowych mąki, temperatury początkowej kleikowania oraz objętości chleba. Temperatura końcowa i czas kleikowania wzrastały wraz ze zwiększającą się ilością skrobi modyfikowanej do poziomu 30 %, a w próbach z 40 % udziałem skrobi odpornej uzyskiwały wartości najniższe. Rosnący udział RS4 wpłynął korzystnie na wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, liczbę jakości oraz nadpiek chleba. Dodatek glutenu witalnego wpłynął na podwyższenie zawartości białka ogółem, wskaźnika sedymentacyjnego, wydajności glutenu, wodochłonności mąki oraz objętości chleba.

Słowa kluczowe: skrobia oporna, gluten witalny, mąka pszenna, jakość pieczywa

Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się zmiany w sposobie odżywiania ludzi, będące skutkiem upowszechnienia osiągnięć postępu technologicznego, informatyzacji, robotyzacji, zmian zwyczajów żywieniowych, a także trybu życia [4, 5]. Zmiany cywilizacyjne spowodowały wzrost spożycia żywności wysoko przetworzonej, czego skutkiem było zmniejszenie w diecie ilości błonnika pokarmowego, niezbędnego do

Mgr inż. A. Wojciechowicz, prof. dr hab. Z. Gil, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż, mgr inż. M. Kapelko, dr inż. T. Zięba, Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25/27, 50-375 Wrocław

prawidłowego funkcjonowania organizmu [2, 15]. W ostatnich latach skrobia odporna na hydrolityczne oddziaływanie enzymów układu trawiennego człowieka wzbudza zainteresowanie zarówno fizjologów, żywieniowców, jak i technologów. Skrobią oporną („resistant starch” - RS) nazywa się sumę skrobi i produktów jej rozpadu, które nie są wchłaniane w jelicie cienkim zdrowego człowieka [3]. Wyróżnia się różne formy skrobi opornej. Skrobię oporną typu 1 (RS 1) stanowi skrobia zawarta w komórkach roślinnych o nieuszkodzonych ścianach komórkowych, np. w ziarnie zbóż nie całkiem zmielonym. Skrobia oporna typu 2 (RS 2) to skrobia surowych (nieskleikowanych) gałeczek niektórych gatunków roślin, np. ziemniaka lub banana, a typu 3 (RS 3) to skrobia zretrogradowana. Skrobię oporną typu 4 (RS 4) stanowi natomiast skrobia zmodyfikowana chemicznie lub fizycznie [7, 11]. Skrobia oporna wykazuje działanie prozdrowotne w związku z czym traktowana jest jako składnik błonnika pokarmowego [8, 18]. Pieczywo i przetwory zbożowe mają duży udział w dziennym pożywieniu człowieka, stąd mogą one spełniać dużą rolę w diecie człowieka chorego, wspomagając leczenie, jak i zdrowego, spełniając rolę zapobiegawczą (profilaktyczną) [16, 17].

Celem badań była ocena wpływu udziału, w cieście i pieczywie, skrobi retrogradowanej acetylowanej (skrobi opornej RS4) na właściwości ciasta i jakość pieczywa pszenne.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiła mąka typu 750, do której dodawano retrogradowaną skrobię acetylowaną (skrobię oporną RS4), otrzymaną w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Preparaty skrobi wytwarzano zgodnie ze zgłoszeniem patentowym nr P-382126 [27]. Skrobię ziemniaczaną poddawano retrogradacji, a następnie acetylacji. Proces acetylacji prowadzono analogicznie do sposobu stosowanego w polskich krochmalniach [14]. Otrzymany preparat skrobi opornej rozdrabniano i przesiewano przez sito o wielkości oczek 265 μm .

Udział skrobi opornej w uzyskanych próbach wynosił 0, 10, 20, 30 i 40 %. Ocenę wpływu udziału skrobi na cechy jakościowe ciasta i pieczywa prowadzono w próbach z dodatkiem i bez dodatku glutenu witalnego. W celu zbilansowania ubytku glutenu, przez zamianę części mąki skrobią oporną, dodawano gluten witalny (Cargil Wrocław) w ilości 1,5 % przy 10 i 20 % udziale skrobi opornej oraz 3 % przy 30 i 40 % udziale skrobi retrogradowanej acetylowanej w mieszankach. Próbę kontrolną stanowiła mąka pszenna bez dodatku skrobi opornej i glutenu witalnego.

Na badanych próbach wykonano oznaczenia:

- zawartości białka ogółem metodą Kjeldahla [19], stosując współczynnik przeliczeniowy $N \times 5,7$,
- ilości i jakości glutenu [20],

- liczby opadania metodą Hagberga-Pertena [21],
- wskaźnika sedymentacyjnego testem Zeleny'ego [22],
- właściwości reologicznych ciasta za pomocą farinografu Brabendera [23],
- właściwości amylograficznych mąki [24].

Wypiek pieczywa prowadzono metodą opracowaną w Zakładzie Technologii Zbóż Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu według następującej receptury: mąka pszenna 250 g, drożdże 7,5 g, sól 3,8 g, woda do uzyskania konsystencji 300 FU. Ciasto sporządzano metodą jednofazową. Czas mieszania wynosił 3 min. Następnie około 300 g ciasta nakładano do form i poddawano fermentacji w temperaturze 30 – 35 °C przez 1 h. Po godzinnej fermentacji ciasto poddawano przegniataniu i ponownie wstawiano do komory fermentacyjnej. Po 30 min ciasto ponownie przegniatano i odstawiano do fermentacji końcowej. Wypiek chleba w piecu laboratoryjnym trwał 30 min w temperaturze około 240°C. Pieczywo oceniano na podstawie nadpieku chleba, objętości chleba ze 100 g mąki w aparacie SA-Wy, porowatości miększu według skali Dallmana.

W celu porównania średnich wartości cech jakościowych mąki pszennej z udziałem skrobi odpornej, zarówno w próbach bez, jak i z dodatkiem glutenu witalnego, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$ (test Duncana). Analiza statystyczna wyników została przeprowadzona z wykorzystaniem pakietu Statistica 8.0.

Wyniki i dyskusja

Zdaniem Eerlinga i wsp. [6], dodatek składników o sztucznie podwyższonej zawartości skrobi odpornej, w procesie wypieku pieczywa, nie obniża jakości otrzymanych produktów, a powoduje obniżenie wartości kalorycznej wyrobów [12].

Zastosowane w doświadczeniu wzbogacenie mąki pszennej skrobią oporną spowodowało zmianę cech jakościowych mieszanek (tab.1). Wzrastający udział skrobi retrogradowanej acetylowanej powodował stopniowe zmniejszenie zawartości białka ogółem z 13,8 %, w próbie kontrolnej, do 8,5 % w próbie z 40 % udziałem skrobi odpornej bez dodatku glutenu witalnego oraz do 10,2 % w próbie z 40 % udziałem RS4 i 3 % dodatkiem glutenu. Podobną zależność zauważyli inni autorzy [1]. W praktyce piekarskiej uważa się, że mąka chlebowa powinna zawierać powyżej 25 % glutenu mokrego. Wydajność glutenu malała wraz ze wzrostem udziału skrobi odpornej w próbach. Największą wydajnością glutenu charakteryzowała się próba kontrolna (38,0 %), natomiast najmniejszą próba z 40 % udziałem RS4 bez dodatku glutenu witalnego (16,1 %). Jakość glutenu można określać na podstawie jego rozplywalności. Gluten mocny tylko w niewielkim stopniu rozplywa się podczas termostatowania w temp. 30 °C. Największą rozplywalnością glutenu cechowała się próba kontrolna oraz z 10 % udziałem skrobi odpornej bez dodatku glutenu (3,2 mm). W próbach bez dodatku glute-

nu wartości tej cechy wahały się od 1,5 do 3,2 mm. W próbach z domieszką glutenu wartości tej cechy malały stopniowo wraz ze wzrostem udziału RS4 od 2,5 mm (10 %) do 1,5 mm (30 - 40 %). O wartości wypiekowej mąki decyduje nie tylko ilość, lecz także jakość glutenu, którą można określić za pomocą wskaźnika sedymentacyjnego. Charakteryzuje on gluten pod względem jakościowo-ilościowym. Mąka o wysokiej zawartości glutenu dobrej jakości odznacza się wysokim wskaźnikiem sedymentacyjnym. Wartość wskaźnika sedymentacyjnego, w próbach bez domieszki glutenu, stopniowo ulegała obniżeniu wraz ze wzrostem udziału skrobi odpornej w mieszankach. W próbach ze zbilansowaną ilością glutenu witalnego omawiana cecha uzyskiwała wartość wyższą w porównaniu z próbami, do których nie dodano glutenu. Próby z 30 i 40 % udziałem skrobi odpornej cechowały się największymi wskaźnikami sedymentacyjnymi (69,5 ml). W ocenie jakości mąki ważna jest także aktywność enzymów amylolitycznych. Aktywność α -amylazy można określać pośrednio na podstawie liczby

Tabela 1

Średnie wartości cech jakościowych mąki pszennej w zależności od udziału skrobi odpornej.
Mean values of wheat flour quality properties depending on the content level of resistant starch.

Udział skrobi odpornej Content level of resistant starch [%]	Dodatek glutenu witalnego Addition of vital gluten [%]	Białko ogółem Total protein [%]	Wydajność glutenu Wet gluten yield [%]	Rozpływalność glutenu Deliquescence of wet gluten [mm]	Wskaźnik sedymentacyjny Sedimentation value [ml]	Liczba opadania Falling number [s]
0	0	13,8 a	38,0 a	3,2 a	48,0 a	324 a
10	0	12,4 b	32,6 b	3,2 a	43,5 b	292 c
20	0	11,0 c	27,3 c	1,5 b	43,0 b	307 b
30	0	9,9 d	22,2 d	1,8 ab	40,0 c	282 c
40	0	8,5 e	16,1 e	2,0 ab	41,0 c	293 c
0	0	13,8 a	38,0 a	3,2 a	48,0 c	324 a
10	1,5	13,2 b	35,3 b	2,5 ab	66,0 b	305 b
20	1,5	12,0 c	28,7 c	2,0 ab	65,0 b	292 c
30	3,0	11,6 d	27,0 c	1,5 b	69,5 a	272 d
40	3,0	10,2 e	23,8 d	1,5 b	69,5 a	269 d

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c, d, e – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha \leq 0,05$ / mean values in the columns, denoted by different letters, differ statistically significant at $\alpha \leq 0.05$;

opadania. Przy dużej aktywności tego enzymu kleiki są szybko upłynniane, a liczba opadania jest niska. Największą wartość liczby opadania uzyskano w próbie kontrolnej (324 s). Rosnący udział preparatu skrobi opornej w próbach z dodatkiem glutenu spowodował stopniowe zmniejszenie wartości omawianej cechy do 269 s. W próbach bez dodatku glutenu wartości liczby opadania były niższe niż w próbie kontrolnej i zawierały się w przedziale od 282 do 307 s. W badaniach prowadzonych przez Mielcarz [15] zastosowanie dodatku różnych rodzajów błonnika do mąki w ilości od 5 do 15 % spowodowało obniżenie liczby opadania w porównaniu z mąką bez dodatku błonnika.

Tabela 2

Cechy amylograficzne mąki pszennej z udziałem skrobi opornej.
Amylographic properties of wheat flour enriched with resistant starch.

Udział skrobi opornej Content level of resistant starch [%]	Dodatek glutenu witalnego Addition of vital gluten [%]	Temperatura początkowa kleikowania Initial temperature of gelatinization [°C]	Temperatura końcowa kleikowania Final temperature of gelatinization [°C]	Czas kleikowania Gelatinization time [min]	Maksymalna lepkość kleików mącznych Maximum viscosity of gelatinized doughs [AU]
0	0	60,0	82,2	34,8	590
10	0	57,0	83,4	35,6	500
20	0	55,5	84,0	36,0	420
30	0	55,0	84,3	36,2	400
40	0	53,1	64,5	23,0	580
10	1,5	57,9	82,5	35,0	470
20	1,5	56,4	83,7	25,8	390
30	3,0	55,5	84,0	36,0	390
40	3,0	52,8	65,4	23,6	500

W tab. 2. przedstawiono wartości cech amylograficznych mąki pszennej z udziałem skrobi opornej. Wraz ze wzrostem ilości skrobi opornej w próbach temperatura początkowa kleikowania ulegała obniżeniu, w przypadku próby kontrolnej z 60 do 53,1 °C, a w próbach z maksymalnym udziałem skrobi opornej, bez i z dodatkiem glutenu witalnego do 52,8 °C. Charakterystyczne dla skrobi acetylowanych obniżenie temperatury początkowej kleikowania potwierdzają badania innych autorów [26, 28]. Takiej zależności należało się spodziewać ze względu na osłabienie struktury ziaren skrobi wywołane obecnością octanowych grup podstawnikowych w łańcuchach skrobiowych [9, 10, 13]. Temperatura końcowa i czas kleikowania wzrastały w miarę

zwiększania się udziału skrobi modyfikowanej do poziomu 30 %, odpowiednio do średnio 84,0 °C i 36,0 min. W próbach z 40 % udziałem RS4 oceniane cechy uzyskały wartości najniższe, odpowiednio 64,5 °C i 23,0 min, bez dodatku glutenu witalnego, oraz 65,4 °C i 23,6 min, w próbach z uzupełnioną ilością glutenu. Odnośnie maksymalnej lepkości kleików mącznych największe wartości uzyskano w próbie kontrolnej (590 AU) oraz z 40 % udziałem skrobi modyfikowanej bez dodatku glutenu (580 AU). Pozostałe próby uzyskały maksymalną lepkość w przedziale od 390 do 500 AU.

Tabela 3

Cechy farinograficzne mąki z udziałem skrobi odpornej.

Farinographic properties of wheat flour enriched with resistant starch.

Udział skrobi odpornej Content level of resistant starch [%]	Dodatek glutenu witalnego Addition of vital gluten [%]	Wodochłonność mąki Water absorption of flour [%]	Czas rozwoju ciasta Development time of dough [min]	Stażność ciasta Dough stability [min]	Rozmiękczenie ciasta Softening of dough [FU]	Liczba jakości Quality number [mm]
0	0	62,4	7,2	9,8	65	134
10	0	72,0	5,9	9,7	75	137
20	0	80,0	10,9	11,2	100	149
30	0	86,0	15,0	4,2	90	183
40	0	90,4	20	5,6	55	284
10	1,5	71,8	6,8	11,7	80	125
20	1,5	82,0	11,5	6,5	100	159
30	3,0	88,0	14,9	5,5	95	188
40	3,0	93,6	21,3	6,0	60	278

Skrobia acetylowana o niskim stopniu podstawienia stosowana w przemyśle spożywczym charakteryzuje się zwiększoną rozpuszczalnością w wodzie i wodochłonnością [9, 28]. Rosnący udział preparatu skrobi retrogradowanej acetylowanej korzystnie wpłynął na wodochłonność mąki (tab. 3), powodując jej znaczny wzrost z 62,4 % (próba kontrolna) do 90,4 i 93,6 % w próbach z maksymalnym udziałem skrobi odpornej, odpowiednio bez i z dodatkiem glutenu. W miarę stosowania większej ilości skrobi odpornej w mieszankach wydłużał się czas rozwoju ciasta oraz wzrastała liczba jakości (tab. 3). W przypadku czasu rozwoju ciasta wzrost ten nastąpił w przedziale 20 – 40 % udziału RS4, odpowiednio od 10,9 do 20,0 min (próby bez dodatku glutenu) i od 11,5 do 21,3 min (próby ze zbilansowaną ilością glutenu). Największą liczbą jakości charakteryzowały się próby z 40 % udziałem skrobi modyfikowanej zarówno bez, jak i z dodatkiem glutenu, odpowiednio 284 i 278 mm. Stałość ciasta wahała się w przedzia-

le 4,2 - 11,7 min (tab. 3). Największą wartość tej cechy uzyskano w próbach z 20 % udziałem skrobi odpornej bez dodatku glutenu (11,2 min) oraz z 10 % udziałem skrobi z domieszką glutenu (11,7 min). Rozmiękczenie ciasta mieściło się w przedziale od 55 do 100 FU, przy czym najwyższą wartość tej cechy uzyskały próby z 20 % udziałem RS4 (100 FU), a najniższą próby z maksymalną ilością skrobi odpornej w mieszankach, odpowiednio 55 i 60 FU (tab. 3).

Wraz ze wzrostem udziału skrobi retrogradowanej acetylowanej w próbach nastąpiło zmniejszenie objętości chleba z 550 cm³ w próbie kontrolnej, do 370 cm³ (40 % udział skrobi bez glutenu) oraz do 378 cm³ (40 % udział skrobi z dodatkiem glutenu). Należy zwrócić uwagę, że przy 10 % udziale skrobi odpornej spadek objętości chleba był niewielki. Spadek objętości chleba świadczy o obniżeniu jakości pieczywa, co może spowodować zmniejszenie atrakcyjności konsumenckiej. W miarę zwiększania ilości skrobi odpornej nastąpił także znaczny wzrost nadpieku chleba z 48,6 % (próba kontrolna) do 80,3 i 93,3 % w próbach z maksymalnym udziałem skrobi odpornej (tab. 4). W badaniach Wepnera i wsp. [25] 10 % udział w cieście skrobi ziemniaczanej estryfikowanej kwasem cytrynowym nie spowodował obniżenia objętości chleba, w porównaniu z chlebem bez dodatku skrobi odpornej. Ocena porowatości miękiszu według 8-punktowej skali Dallmana zawierała się w przedziale 5 - 6 punktów (tab. 4). Miękkiz chlebów wypieczonych z 40 % udziałem skrobi odpornej odznaczał się lepszą porowatością w porównaniu z pozostałymi chlebami.

Tabela 4

Cechy jakościowe pieczywa pszennego z udziałem skrobi odpornej.
Quality properties of bread enriched with resistant starch.

Udział skrobi odpornej Content of resistant starch [%]	Dodatek glutenu witalnego Addition of vital gluten [%]	Objętość chleba Bread volume [cm ³ /100g mąki/flour]	Nadpiek chleba Overbake [%]	Porowatość miękiszu wg skali Dallmana Porosity of the crumb acc. to Dallman scale
0	0	550	48,6	5
10	0	536	58,0	5
20	0	442	70,1	5
30	0	424	72,5	5
40	0	370	80,3	6
10	1,5	516	63,1	5
20	1,5	468	69,4	5
30	3,0	454	80,5	5
40	3,0	378	93,3	6

Dodatek glutenu witalnego wpłynął pozytywnie na zawartość białka ogółem, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, wydajność glutenu, wodochłonność mąki, objętość chleba od 20 % udziału skrobi odpornej i nadpiek chleba.

Wnioski

1. Wzrastający udział skrobi odpornej w próbach powodował wzrost temperatury końcowej i czasu kleikowania (do 30 % udziału), wodochłonności mąki, czasu rozwoju ciasta, liczby jakości oraz nadpieku chleba przy jednoczesnym zmniejszeniu wskaźników jakości mąki, temperatury początkowej kleikowania oraz objętości chleba.
2. Dodatek glutenu witalnego przy jednoczesnym udziale skrobi odpornej wpłynął na poprawę cech jakościowych ciasta i pieczywa takich, jak: zawartość białka ogółem, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, wydajność glutenu, wodochłonność mąki oraz objętość chleba.
3. Chleby wypieczone z 10 % udziałem skrobi odpornej, zarówno z dodatkiem, jak i bez dodatku glutenu witalnego, wykazywały cechy jakościowe zbliżone do chleba kontrolnego (bez dodatków).

Praca była prezentowana podczas XIII Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28-29 maja 2008 r.

Literatura

- [1] Aparicio-Saguilán A., Sáyago-Ayerdi S.G., Vargas-Torres A., Tovar J., Ascencio-Otero T.E., Bello-Pérez L.A.: Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *J. Food Compos. Anal.* 2007, **20** (3/4), 175-181.
- [2] Bartnikowska E.: Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka. Część I. *Przem. Spoż.*, 1997, **05**, 43-48.
- [3] Champ M.: Definition, analysis, physical and chemical characterization and intake of RS. EURESTA Working Group I. Proceedings of the concluding plenary meeting of EURESTA. Eds. Asp N.-G., Amelsvoort J.M.M., Hautvast J.G.A.J., Wageningen, The Netherlands 1994.
- [4] Diowksz A.: Pieczywo hipoalergiczne - poszukiwanie nowych rozwiązań dla szybko rosnącego rynku produktów dietetycznych. *Przeł. Piek.*, 2006, **08**, 2-4.
- [5] Dziugan P., Dziedziczak K., Ambroziak W.: Błonnik w pieczywie. *Cuk. Piek.*, 2006, **05**, 60-62.
- [6] Eerlingen R.C., Van Haesdonck I.P., De Paepe G., Delcour J.A.: Enzyme-resistant starch. III. The quality of straight-dough bread containing varying levels of enzyme-resistant starch. *Cereal Chem.*, 1994, **71**, 165-170.
- [7] Englyst H.N., Cummings. J.H.: Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man. *Am. J. Clin.Nutr.*, 1987, **45**, 423-431.
- [8] Englyst H.N., Hudson G.J.: Starch and health. Starch structure and functionality (eds. P.J. Frazier, P. Richmond, A.M. Donald). The Royal Society of Chemistry, Cambridge 1997, pp. 9-21.

- [9] Golachowski A.: Stosowanie skrobi i jej przetworów w przemyśle spożywczym. Zesz. Nauk. AR Wroc., Technol. Żyw., 1998, **12/ 328**, 117-124.
- [10] González Z., Pérez E.: Effect of acetylation on some properties of rice starch. *Stärke*, 2002, **54**, 148-154.
- [11] Haralampu S.G.: Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS₃. *Carbohydr. Polymers*, 2000, **41**, 285-292.
- [12] Leszczyński W.: Skrobia oporna i jej znaczenie. *Przegl. Piek.*, 2004, **7**, 2-5.
- [13] Liu H., Ramsden L., Corke H.: Physical properties of cross-linked and acetylated normal and waxy rice starch. *Stärke*, 1999, **51**, 249-252.
- [14] Mężyński L.: Acetylacja skrobi. *Przem. Chem.*, 1972, **51/5**, 289-290.
- [15] Mielcarz M.: Żywniowe i technologiczne aspekty zastosowania błonników pokarmowych do produkcji wyrobów piekarskich i ciastkarskich. *Przegl. Piek.*, 2004, **8**, 7-9.
- [16] Mielcarz M.: Wartość odżywcza pieczywa i jego przeznaczenie dla konsumentów wymagających określonych diet (cz. I). *Przegl. Piek.*, 2004, **10**, 12-13.
- [17] Mielcarz M.: Wartość odżywcza pieczywa i jego przeznaczenie dla konsumentów wymagających określonych diet (cz.III). *Przegl. Piek.*, 2005, **6**, 2-3.
- [18] Ohr L.M.: Fortifying with fiber. *Nutraceuticals&Functional Foods*, 2004, **58 (2)**, 71-75.
- [19] PN-75/A-04018. Produkty rolno spożywcze. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [20] PN-77/A-74041. Oznaczanie ilości i jakości glutenu.
- [21] PN-ISO 3093:1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [22] PN-ISO 5529:1998. Oznaczanie wskaźnika sedymentacyjnego. Test Zeleny'ego.
- [23] PN-ISO 5530-1:1999. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- [24] PN-ISO 7973:2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie lepkości mąki. Metoda z zastosowaniem amylografu.
- [25] Wepner B., Berghofer E., Miesenberger E., Tiefenbacher K., Ng P.N.K.: Citrate starch-application as resistant starch in different food systems. *Starch/Stärke*, 1999, **10**, 354-361.
- [26] Zheng G.H., Sosulski F.W., Tyler R.T.: Wet-milling composition and functional properties of starch and protein isolated from buckwheat groats. *Food Res. Int.*, 1998, **30/ 7**, 493-502.
- [27] Zięba T.: Sposób otrzymywania skrobi o zmniejszonej podatności na działanie enzymów amyliolitycznych. *BUP*, 2007, **20 (881)**, 16.
- [28] Zięba T., Kapelko M., Gryszkin A.: Selected properties of potato starch subjected to multiple physical and chemical modifications. *Pol.J.Food Nutr. Sci.*, 2007, **57 (4C)**, 639-645.

EFFECT OF RESISTANT STARCH ADDITION ON THE DOUGH PROPERTIES AND WHEAT BREAD QUALITY

S u m m a r y

The objective of the investigations was to determine the effect of content level of retrograded, acetylated starch (RS4 resistant starch) in dough and bread on the quality properties of dough and wheat bread. In the experiment, the following content levels of resistant starch were applied: 0, 10, 20, 30 and 40 %. To balance the loss of wheat gluten resulting from replacing 10-40 % of the flour by resistant starch, 1.5% of vital wheat gluten was added to the mixtures with the content of resistant starch being 10 and 20%, and 3% to the mixtures with the content of the retrograded, acetylated starch being 30 and 40%. In the investi-

gations, the following was determined: quality characteristics and amylographic features of wheat flour enriched with resistant starch, and farinographic (rheological) properties of the dough. Next, bread was baked and its quality was evaluated.

The investigations proved that the content level of resistant starch of up to 10% did not significantly reduce the bread quality. It was found that the increasing content of resistant starch caused the values of quality parameters, initial temperature of gelatinization, and of bread volume to decrease. The final temperature and the gelatinization time increased along with the rising amount, up to 30%, of the resistant starch added, and in the samples containing 40% of resistant starch, those two parameters showed the lowest values. The increasing content of RS4 starch positively impacted the water absorption of flour, development time of dough, quality number, and overbake of bread. The vital gluten added had an effect of increasing the content of total protein, sedimentation value, wet gluten yield, water absorption of flour, and bread volume.

Key words: resistant starch, vital gluten, wheat flour, bread quality ☒