

## **WPLYW POROSTU ZIARNA NA WARTOŚĆ WYPIEKOWĄ MĄKI PSZENNEJ, PSZENŻYTNIJ I ŻYTNIEJ**

Danuta Dojczew, Małgorzata Sobczyk, Krzysztof Grodzicki,  
Tadeusz Haber

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** Badania dotyczyły wpływu porostu ziarniaków na wartość technologiczną mąki pszennej, żytniej i pszenżytniej. Analizy obejmowały oznaczenie zawartości białka ogółem, aktywności amylolitycznej i proteolitycznej, liczby opadania oraz określenie cech reologicznych ciasta. Badania zakończono próbnym wypiekiem laboratoryjnym. Podjęto również próbę wykorzystania mąki z ziarna porośniętego w piekarstwie stosując witaminę C i gluten witalny jako polepszacze. W mąkach z ziarna porośniętego wystąpił znaczący i różnicowany wzrost aktywności badanych hydrolaz. Największą aktywnością amylolityczną charakteryzowało się pszenżyto, natomiast najwyższy poziom proteaz wystąpił w życie zarówno w próbach wzorcowych, jak i z ziarna porośniętego. Analiza fari-nograficzna wykazała znaczące pogorszenie właściwości reologicznych ciasta otrzymanego z mąki z ziarna porośniętego, co wyrażało się spadkiem wodochłonności mąki, oporności ciasta na miesienie oraz wzrostem rozmiękczenia. Największe zmiany tych wskaźników w stosunku do prób wzorcowych odnotowano dla pszenżyta i pszenicy odmiany Begra. Pieczywo uzyskane z mąk wzorcowych miało prawidłowy wygląd i dobrą jakość, natomiast z mąki z ziarna porośniętego – szereg wad. Zastosowanie glutenu witalnego jako polepszacza dało lepsze efekty niż zastosowanie witaminy C.

**Słowa kluczowe:** zboża, porost ziarna, aktywność amylolityczna, aktywność proteolityczna, wartość wypiekowa

### **WSTĘP**

W kielkujących czy też porastających ziarniakach zbóż zachodzą dwa przeciwstawne procesy. Z jednej strony uaktywnia się grupa enzymów degradująca substancje zapasowe endospermu takie, jak skrobia czy białko, z drugiej strony produkty hydrolizy, czyli aminokwasy, niskocząsteczkowe peptydy i cukry proste wykorzystywane są do biosyntezy różnych grup enzymów oraz nowych tkanek rozwijającego się zarodka.

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Danuta Dojczew, Katedra Technologii Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, e-mail: dojczew@alpha.sggw.waw.pl

Znanych jest wiele czynników wpływających pośrednio lub bezpośrednio na proces kiełkowania nasion [Koehler i Hot 1990, Bartoszewicz i in. 1997, Bethke i in. 1997]. U zbóż są one związane z podatnością na porastanie, co dotyczy szczególnie żyta i w mniejszym stopniu pszenicy i pszenżyta. Czynniki te mają przede wszystkim metaboliczny charakter i są związane z aktywacją lub syntezą różnych grup enzymów.

Najważniejszymi enzymami hydrolizującymi substancje zapasowe do niskocząsteczkowych metabolitów są  $\alpha$ - i  $\beta$ -amylaza katalizujące rozkład skrobi, egzo- i endopeptydazy hydrolizujące białka zapasowe oraz kwaśne fosfatazy uwalniające fosfor z kompleksów organicznych, na przykład fitynianów. Procesy te prowadzą do niekorzystnych zmian w strukturze związków wielocząsteczkowych, decydujących o wartości technologicznej ziarniaków.

Dekstrynizacja skrobi jest przyczyną wzrostu lepkości, co prowadzi do pogorszenia elastyczności miękiszu i zmniejszenia objętości pieczywa. Wzrastająca ilość cukrów prostych powoduje intensyfikację procesu fermentacji, co uwidacznia się większym zbrązowieniem skórki i jej odstawaniem od miękiszu. Nadmierna aktywność proteolityczna powoduje dezagregację białek, między innymi glutenowych, wskutek czego wzrasta zawartość azotu niebiałkowego i zwiększa się rozpuszczalność frakcji prolamin i glutelin. Następstwem tego są zmiany w strukturze białek glutenowych, prowadzące do pogorszenia właściwości reologicznych ciasta. Z takiego ciasta otrzymuje się pieczywo słabo spulchnione, o nierównomiernej porowatości, charakteryzujące się ciemnym miękiszem.

Z przytoczonych informacji wynika, że poziom aktywności proteaz i amylaz może być jednym ze wskaźników wartości technologicznej mąki.

Dlatego też celem niniejszej pracy było zbadanie zarówno wpływu poziomu aktywności amylopolitycznej i proteolitycznej na wartość wypiekową mąki pszennej, żytniej i pszenżytniej, jak również poprawy jej jakości poprzez zastosowanie jako polepszaczy dodatku glutenu witalnego i witaminy C.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły trzy rodzaje zbóż: pszenica odmiany 'Soraya' i 'Begra', pszenżyto chlebowe i żyto odmiany 'Warko', wyhodowane w Zakładzie Doświadczalnym w SGGW Chylice.

Próbki ziarna poddano procesowi porastania przez 72 h w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Wysuszone, porośnięte i zdrowe ziarno przemielono w młynie laboratoryjnym Quadrumat Senior. W mące z ziarna porośniętego i nieporośniętego oznaczono: zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla, liczbę opadania metodą Hagberga-Pertena, ogólną aktywność amylopolityczną metodą Bernfelda [1953], ogólną aktywność proteolityczną metodą Fritza [Fritz i in. 1974] oraz przeprowadzono analizę farinograficzną z użyciem farinografu Brabendera. Interpretację farinografów przeprowadzono metodą AACC [1972]. Badania zakończono próbnym wypiekami laboratoryjnym, prowadzonym metodą bezpośrednią dla pieczywa pszennego zalecaną przez Instytut Piekarnictwa w Berlinie, a dla pszenżyta i żyta metodą trójfazową na tzw. żurkach. Do mąki z ziarna porośniętego zastosowano dwa preparaty polepszające: 0,3% kwasu askorbinowego i 3% glutenu witalnego w stosunku do masy mąki.

### Oznaczenie aktywności amyloリティcznej

Ekstrakcję mąki prowadzono 0,1 M buforem octanowym o pH 5,3 (1:10 m/v) we wstrząsarce przez 1 h, następnie zawiesinę wirowano stosując 8000 obr/min przez 15 min. Supernatant stanowił wyciąg enzymów amyloリティcznych. Ogólną aktywność amyloリティczną oznaczono kolorymetrycznie wobec 1-procentowego roztworu skrobi jako substratu przy pH 5,3. Inkubacja trwała 15 min, po czym reakcję przerywano 1-procentowym DNS (kwas 3,5-dinitrosalicylowy). Wartość absorbancji odczytywano w spektrofotometrze firmy Minolta przy długości fali 540 nm wobec prób kontrolnych. Aktywność wyrażono w miligramach maltozy uwolnionej z substratu przez enzym wyekstrahowany z 1 g mąki w ciągu 1 min.

### Oznaczenie aktywności proteolitycznej

Ogólną aktywność proteolityczną oznaczono metodą Fritza [Fritz i in. 1974]. Metoda ta polega na fotometrycznym pomiarze uwolnionej p-nitroaniliny z syntetycznego substratu  $\alpha$ -N-benzoilo-L-arginylo-p-nitroanilidu (BAPNA), przy długości fali 410 nm. Ekstrakcję enzymów prowadzono analogicznie do ekstrakcji amylaz. Mieszanina inkubacyjna zawierała 1,9 ml 0,1-molowego buforu TRIS-HCl o pH 7,8, 0,5 ml enzymu oraz 0,1 ml 1-procentowego roztworu substratu (BAPNA). Reakcja trwała 15 min w temperaturze 37°C, po czym przerywano ją, dodając 0,5 ml 30-procentowego kwasu octowego. Miara aktywności była ilość  $\mu$ moli p-nitroaniliny uwolnionej z substratu przez enzym zawarty w 1 g mąki w ciągu 1 minuty.

## WYNIKI I DISKUSJA

Wyniki ogólne charakterystyki fizykochemicznej badanych mąk przedstawiono w tabeli 1. Zawartość białka ogółem w próbkach pszenicy była podobna i wynosiła około 11%. Wyższe zawartości białka (12%) w pszenzycie są związane z jego cechami odmianowymi, było to bowiem pszenżyto odmiany chlebowej o szczególnie korzystnych parametrach technologicznych, co potwierdziła analiza farinograficzna oraz wypiek laboratoryjny.

Porost ziarna wywołał nieznaczny spadek zawartości białka we wszystkich rodzajach badanych zbóż, co wynikało z podwyższonej aktywności proteolitycznej, wskutek której produkty hydrolizy białek zapasowych, niskocząsteczkowe peptydy i aminokwasy migrowały z bielma do części obwodowej ziarniaków i zarodka.

Jednym z najczęściej stosowanych wskaźników aktywności amyloリティcznej w mąkach jest liczba opadania. Uzyskane wyniki (tab. 1) wskazują na istotne statystycznie zróżnicowanie wartości tego parametru w mąkach wzorcowych. Stosunkowo niską wartością liczby opadania, 125 s, charakteryzowała się próbka żyta, co mogłoby świadczyć o jej wysokiej aktywności amyloリティcznej, zbliżone wartości (196 s) odnotowano dla pszenicy 'Soraya'. Zgodnie z danymi literaturowymi [Dojczew i in. 2003] w mąkach z ziarna porośniętego liczba opadania spadła do jednakowego poziomu, 62 s.

W celu przeanalizowania różnic metabolicznych w degradacji polisacharydów w obrębie badanych rodzajów zbóż, aktywność amyloリティczną oznaczano metodą Bernfelda. Autorzy wcześniejszych prac [Andrzejczuk-Hybel i in. 1994, Prabucka i in. 1995, Dojczew

Tabela 1. Analiza fizykochemiczna mąki pszennej, żytniej i pszenżytniej  
 Table 1. Physical and chemical analysis of wheat, rye and triticale flours

Gatunek zboża Kind of cereal	Wilgotność, % Moisture, %	Zawartość białka, % Protein content, %	Liczba opadania, s Falling number, s
Begra	12,3a	11,1a	196a
Begra*	12,2a	10,8b	62b
Soraya	12,5A	11,2A	134A
Soraya*	12,1B	11,1A	62B
Żyto	13,5a	7,6a	125a
Żyto*	13,4a	7,5a	62b
Pszenżyto	12,7A	12,1A	195A
Pszenżyto*	14,1B	10,3B	62B

\*Mąka z ziarna porośniętego.

a, b, A, B, a, b – wartości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

\*Flour of pre-harvest sprouting grain.

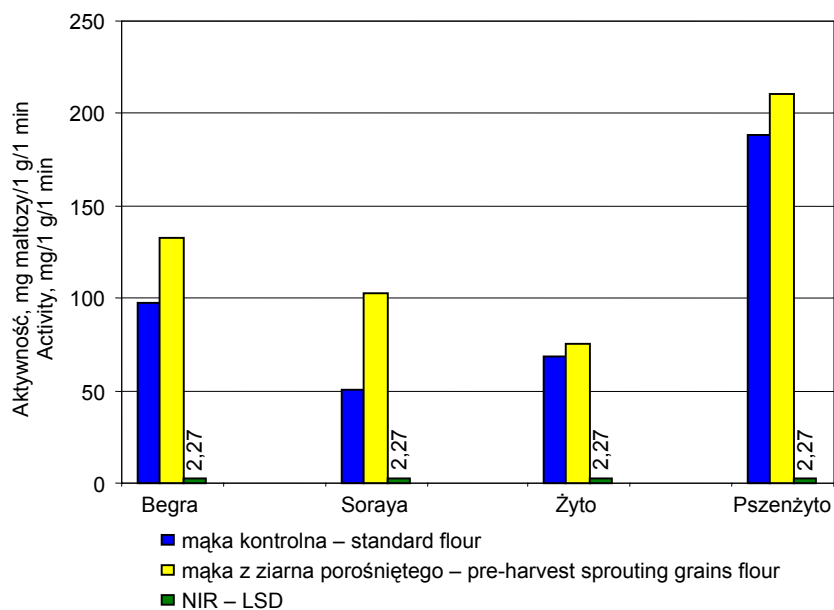
a, b, A, B, a, b – means in the rows with different superscripts are significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

i in. 2003] donoszą o zróżnicowanej szybkości hydrolizy skrobi w obrębie odmian zbóż. Otrzymane wyniki (rys. 1) potwierdzają [Lindblom i in. 1989, Prabucka i in. 1995] szczególnie wysoką aktywność amylolityczną pszenżyta zarówno w mąkach wzorcowych, jak i z ziarna porośniętego. Natomiast stosunkowo niska aktywność w mąkach żytnich może być związana z rozmieszczeniem amylaz głównie na granicy bielma i warstwy aleuronowej, a nie w części centralnej endospermu, która po przemiele stanowi mąkę. Zróżnicowany przyrost aktywności amylolitycznej na skutek porostu najbardziej zaznaczył się w odmianie ‘Soraya’, w której obserwowano dwukrotny wzrost tego wskaźnika. Podobnie jak Lindblom [Lindblom i in. 1989], nie znaleziono współzależności pomiędzy poziomem aktywności amylolitycznej a liczbą opadania.

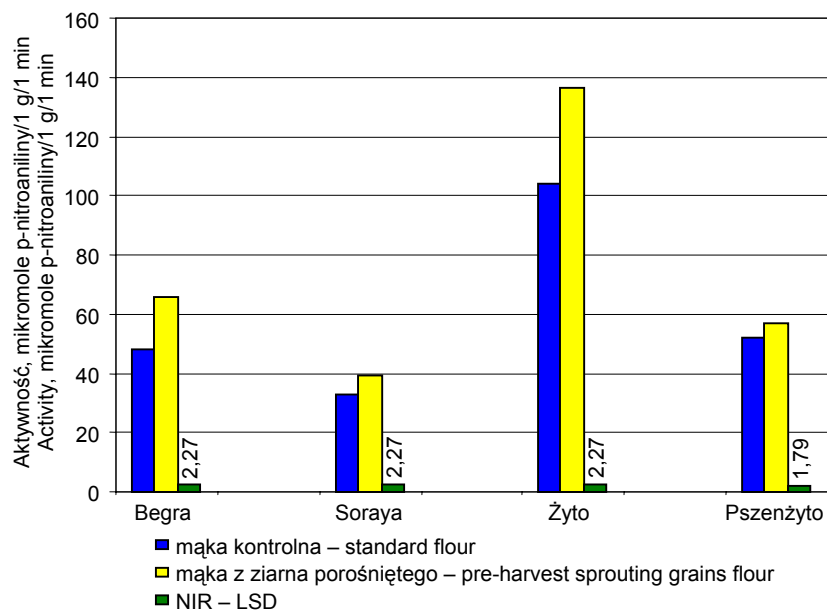
Obok amylaz, ważną grupę hydrolaz kształtujących wartość technologiczną ziarniaków i mąki są proteazy [Dojczew i in. 2003], wśród których zgodnie z danymi literaturowymi [Shutov i in. 1984, Bielawski i in. 1994, Nguyen Cam i in. 1995] wiodącą rolę odgrywiają proteiny cysteinowe. Przemiany azotowe, wyróżniające się między innymi aktywnością proteolityczną, przebiegają z różną intensywnością zarówno w poszczególnych gatunkach zbóż, jak i odmianach [Shutov i in. 1984, Lindblom i in. 1989, Bielawski i in. 1994], co potwierdzają wyniki przedstawione na rysunku 2.

W mąkach wzorcowych najwyższa aktywność proteaz wystąpiła w próbce żyta, a najniższa w pszenicy, pszenice wykazały wartości pośrednie. Obserwowany wzrost aktywności w mąkach z ziarna porośniętego szczególnie zaznaczył się w pszenicy ‘Begra’, o 37% i w pszenicy, o 31%. Stosunkowo wysoki wzrost aktywności proteolitycznej w tych mąkach wpłynął na parametry reologiczne uzyskanych z nich ciast (rys. 4 i 5), które w największym stopniu ulegały pogorszeniu. Stwierdzono niekorzystny kilkukrotny wzrost rozmiękczenia ciasta i spadek oporności na miesienie.

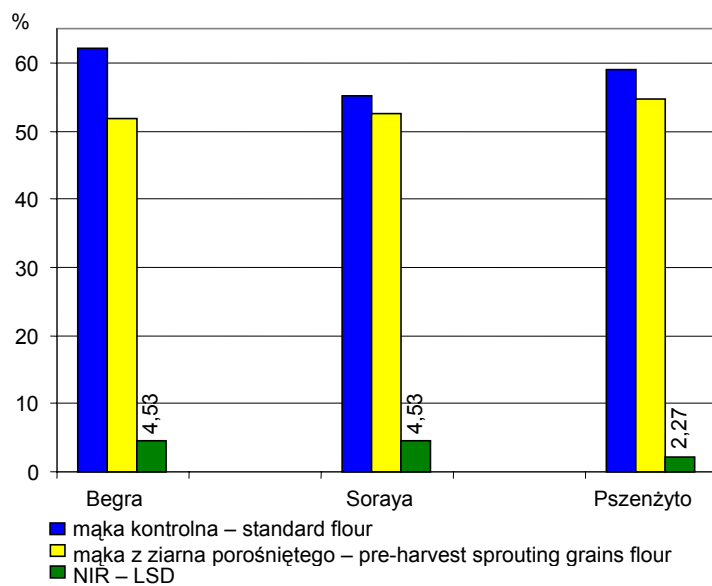
Zmiany w strukturze wtórnej białek glutenowych i skrobi w skutek wzmożonej aktywności hydrolaz wywołał istotny statystycznie spadek wodochłonności mąki (rys. 3), przy czym największy, o 20%, wystąpił w próbce pszenicy ‘Begra’.



Rys. 1. Wpływ porostu ziarna na aktywność amylolityczną mąki  
 Fig. 1. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on the amylolytic activity of flour

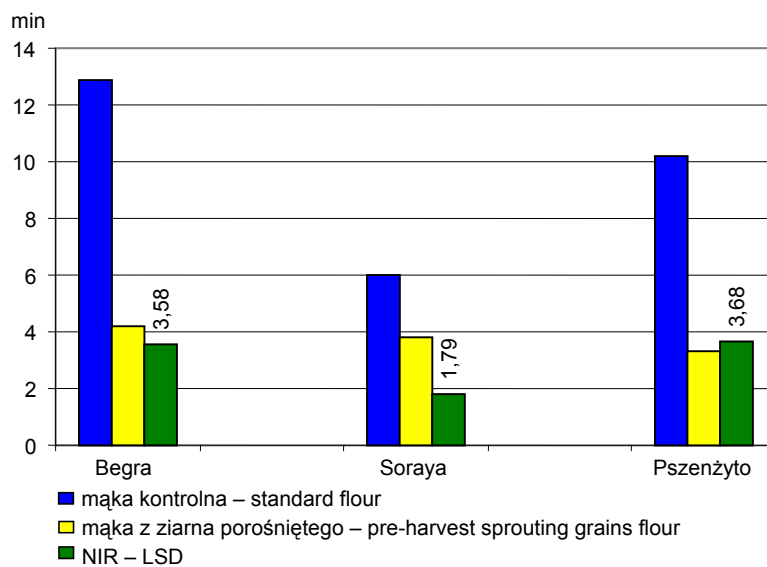


Rys. 2. Wpływ porostu ziarna na aktywność proteolityczną mąki  
 Fig. 2. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on the proteolytic activity of flour



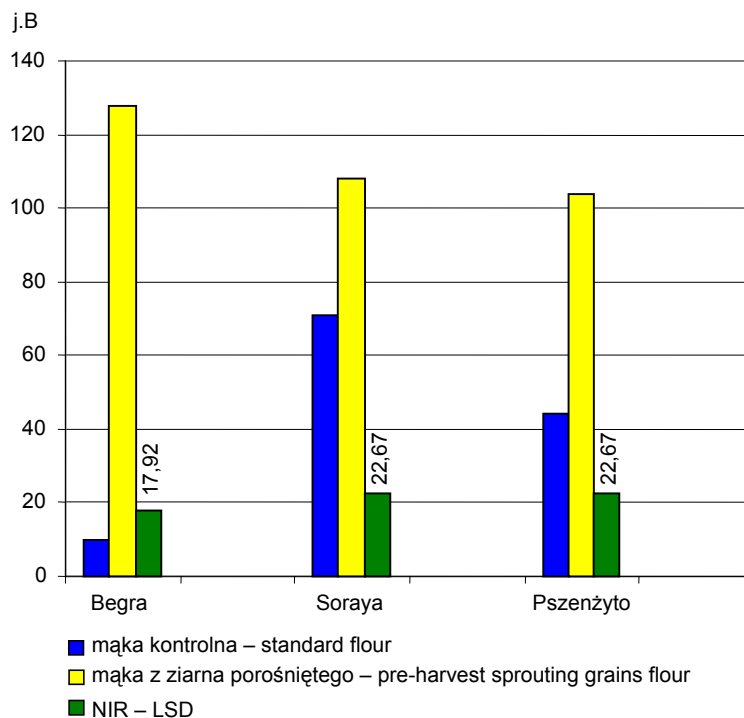
Rys. 3. Wpływ porostu ziarna na wodochłonność mąk pszennych ('Begra', 'Soraya') i mąki pszenżytniej

Fig. 3. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on the water absorption wheat ('Begra', 'Soraya') and triticale flours



Rys. 4. Wpływ porostu ziarna na oporność ciasta na miesienie

Fig. 4. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on the resistance of dough



Rys. 5. Wpływ porostu ziarna na rozmięczenie ciasta  
 Fig. 5. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on the softening of dough

Na podstawie uzyskanych wyników wydaje się, że wielkość aktywności hydrolaz może być jednym ze wskaźników określających wartości wypiekowej mąki.

Pieczywo uzyskane z mąki z ziarna uszkodzonego przez porost charakteryzowało się płaskim, niewyrośniętym kształtem, mięksiz cechował się nierównomierną porowatością, podwyższoną lepkością oraz brakiem elastyczności. Przyczyną wyżej wymienionych wad pieczywa była wzmożona aktywność enzymów amylolitycznych i proteolitycznych, prowadząca do niekorzystnych zmian w strukturze skrobi i białek glutenowych, co wpłynęło na pogorszenie jakości ciasta a tym samym także pieczywa. Po zastosowaniu dodatków, 3% glutenu witalnego i 0,3% witaminy C obserwowano istotną statystycznie poprawę cech fizycznych pieczywa, która polegała przede wszystkim na wzroście objętości bochenków (tab. 2). Jednak korzystniejszy efekt uzyskano po zastosowaniu glutenu witalnego niż witaminy C.

Chleb otrzymany z mąk kontrolnych wykazywał właściwe cechy sensoryczne, miał równomierną porowatość i dobrą elastyczność mięksizu, był dobrze wyrośnięty.

Tabela 2. Wpływ porostu ziarna na niektóre cechy pieczywa  
 Table 2. The effect of the pre-harvest sprouting of grains on some traits of bread

Gatunek zboża Kind of cereal	Dodatki, % Additions, %	Wydajność pieczywa, % Yield of bread, %	Objętość 100 g pieczywa, cm <sup>3</sup> Volume of 100 g bread, cm <sup>3</sup>	Porowatość miękiszu Structure of rumb [wg Dalmana]
Begra	0	97,0a	618,6a	8a
Begra*	0	96,2a	499,0b	5b
Begra*	gluten witalny 3% vital gluten 3%	96,0a	608,6c	6ab
Begra*	witamina C 0,3% ascorbic acid 0,3%	97,8a	531,5d	4b
Soraya	0	97,0A	420,6A	8A
Soraya*	0	96,9A	392,3B	6A
Soraya*	gluten witalny 3% vital gluten 3%	97,9A	588,2C	6A
Soraya*	witamina C 0,3% ascorbic acid 0,3%	97,0A	536,3D	7A
Żyto	0	133,8a	484,2a	8a
Żyto*	0	125,0a	390,0b	brak skali
Żyto*	gluten witalny 3% vital gluten 3%	131,2a	439,0c	4b
Żyto*	witamina C 0,3% ascorbic acid 0,3%	128,7a	466,1a	5b
Pszenżyto	0	130,7A	477,3A	7A
Pszenżyto*	0	130,4A	441,6B	4B
Pszenżyto*	gluten witalny 3% vital gluten 3%	129,5A	469,4A	6AB
Pszenżyto*	witamina C 0,3% ascorbic acid 0,3%	130,9A	452,0AB	6AB

\*Mąka z ziarna porośniętego.

a, b, A, B, a, b – jak w tabeli 1.

\*Flour of pre-harvest sprouting grain.

a, b, A, B, a, b – see Table 1.

## WNIOSKI

1. Porost ziarna spowodował znaczący wzrost badanych hydrolaz w mąkach. Pszenżyto wyróżniało się najwyższą aktywnością enzymów amylolitycznych, natomiast szczególnie wysoka aktywność proteaz wystąpiła w życie.

2. Zmiany fizykochemiczne zachodzące w mące z ziarna porośniętego niekorzystnie wpłynęły na właściwości reologiczne ciasta, co przejawiało się spadkiem wodochłonności mąki, oporności ciasta na miesienie oraz wzrostem rozmiękczenia.



3. Mąki z ziarna porośniętego pszenicy odmiany 'Begra' i pszenżyta charakteryzowały się największym przyrostem aktywności proteaz, jednocześnie ich cechy reologiczne w największym stopniu uległy pogorszeniu.

4. Pieczywo uzyskane z mąk z ziarna porośniętego odznaczało się złą jakością. Zastosowanie witaminy C i glutenu jako polepszaczy wpłynęło korzystnie na cechy fizyczne pieczywa, co przejawiało się przede wszystkim wzrostem objętości bochenków.

## PIŚMIENNICTWO

- AACC The farinograph handbook. 1972. St. Paul MN.
- Andrzejczuk-Hybel J., Bartoszewicz K., Bielawski W., Kączkowski J., 1994. Changes of activity of some hydrolases during triticale grain development differentiated in pre-harvest sprouting resistance. *Acta Physiol. Plant.* 16 (4), 279-284.
- Bartoszewicz K., Bielawski W., Garbaczewska G., Kączkowski J., 1997. Possible role of  $\beta$ -endoglucanase in the degradation of the cell wall polysaccharides in more and less resistant to pre-harvest sprouting triticale varieties. *Acta Physiol. Plant.* 16 (4), 295-302.
- Bernfeld P., 1953. Amylases  $\alpha$  and  $\beta$ . W: *Methods in enzymology*. T. 1. Red. S.P. Colowick, N.O. Kaplan. Acad. Press New York, 149-151.
- Bielawski W., Dojczew D., Kączkowski J., Kolbuszewska-Podres W., 1994. Enzymes of protein breakdown in germinating Triticale grains resistant and susceptible to pre-harvest sprouting. *Acta Physiol. Plant.* 16 (1), 19-26.
- Bethke P.C., Schuurink R.C., Jones R.L., 1997. Hormonal signaling in cereal aleurone. *J. Exp. Bot.* 48, 1337-1356.
- Dojczew D., Pietrych A., Haber T., 2003. Wpływ wybranych hydrolaz na wartość wypiekową mąk pszennych z ziarna porośniętego. *Żywność*. 3 (36), 93-100.
- Fritz H., Rrautshold I., Werle E., 1974. Protease inhibitors. W: *Methods of enzymatic analysis*. T. 2. Red. H.U. Bergmeyer. Acad Press New York.
- Koehler S.M., Hot D., 1990. Hormonal regulation processing and secretion of cysteine proteinases in barley aleurone layers. *Plante Cell.* 2, 769-783.
- Lindblom H., Jenssen J.D., Larssen-Raźnikiewicz M., Salomonson L., 1989. Starch degrading enzymes in some Triticale wheat and rye cultivars during kernel development. *Sved. J. Agric Res.* 19 65-72.
- Nguyen Cam V., Bielawski W., Kączkowski J., 1995. Distribution of endopeptidases in germinating Triticale grains susceptible and resistant to pre-harvest sprouting. *Acta Physiol Plant.* 17 (3), 9-17.
- Prabucka B., Bartoszewicz K., Bielawski W., Kączkowski J., 1995. Dynamics of activity changes of  $\alpha$ -amylase and 1-3, 1-4  $\beta$ -endoglucanase in the milling fractions of grains of Malmo and Lasko Triticale cultivars during germination. *Acta Physiol Plant.* 17 (3), 255-260.
- Shutov A.D., Beltei N.K., Waintraub I.A., 1984. Cysteine proteinase from germinating wheat seeds: partial purification and hydrolysis of gluten. *Biochimija.* 49, 1171-1177.

## THE INFLUENCE OF PRE-HARVEST SPROUTING GRAINS ON THE BREADMAKING WHEAT, RYE, AND TRITICALE FLOUR

**Abstract.** The influence of pre-harvest sprouting of grains on the level of proteolytic and amylolytic activity and the use of pre-harvest sprouting grain flour in banking with ascorbic acid and vital gluten addition were investigated. The content total nitrogen, proteolytic

and amylolytic activity and farinography properties were analyzed. After the investigation there was a laboratory banking. The activity of the hydrolytic enzymes increased in every pre-harvest sprouting grains flour's investigated samples. The relationship between rheologic properties of dough and level of hydrolytic activity was estimated. The additions favourably influenced the quality of bread.

**Key words:** cereal, pre-harvest sprouting, proteolytic activity, amylolytic activity, bread-making

*Zaakceptowano do druku – Accepted: 18.10.2004 r.*

**Do cytowania - For citation:** Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T., 2004. Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 3(2), 127-136.