

Dr inż. Danuta DOJCZEW  
Zakład Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności  
SGGW w Warszawie

## WPŁYW CZASU PORASTANIA ZIARNIAKÓW NA WARTOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ MĄKI PSZENNEJ®

*Badano wpływ czasu porastania ziarna pszenicy na wartość technologiczną mąki. Próbkę do analizy pobierano po 24, 48, 72 i 96 h imbibicji. Wraz ze wzrostem czasu porastania zwiększała się aktywność amylolityczna w każdej frakcji przemiałowej, osiągając maksimum po trzeciej dobie porastania w otrębach i po czwartej w mące. Zmiany biochemiczne w mące wywołane procesem porastania ziarna skutkowały pogorszeniem właściwości reologicznych ciasta, co przejawiało się skróceniem czasu rozwoju, stałości i oporności na mieszenie oraz wzrostem rozmiękczenia. Pieczywo otrzymane z mąki po trzeciej i czwartej dobie porastania ziarna nie może być przeznaczone do konsumpcji. Natomiast cechy fizyczne pieczywa uzyskanego z mąki po 24 i 48 h porastania ziarna nie budziły zastrzeżeń, to też mąki takie można wykorzystać w przemyśle piekarskim.*

**Słowa kluczowe:** pszenica, porost, aktywność amylolityczna, jakość pieczywa.

### WSTĘP

Zjawisko porastania zbóż związane jest bezpośrednio z aktywacją wielu grup enzymów w ziarniakach. W pierwszym etapie tego procesu dominującą klasą są hydrolazy [5, 6]. Enzymy hydrolityczne naruszają polimeryczną strukturę takich związków, jak skrobia czy białka, decydujących o wartości technologicznej ziarna, a w konsekwencji i mąki. Zmiany w pierwotnej strukturze białek mają bezpośredni wpływ na ich konformację i wzajemne oddziaływanie typu białko – białko, białko – skrobia, czy białko-tłuszcze. Interakcje poszczególnych komponentów ciasta są związane z ich polarnościami a ta może się zmieniać wraz ze strukturą.

Wcześniejsze badania [9, 10, 11, 12] dotyczyły aktywności wybranych hydrolaz oraz ich wpływu na jakość mąki z ziarna różnych gatunków zbóż po 72 h porastania. W niniejszej pracy analizowano dynamikę zmian aktywności amylolitycznej i wskaźników wartości technologicznej co 24 h w ciągu czterech dni porastania dwóch odmian pszenicy zróżnicowanych pod względem jakości.

**Celem pracy zaprezentowanej w niniejszym artykule było zbadanie wpływu czasu porastania ziarniaków pszenicy na aktywność enzymów amylolitycznych oraz wartość wypiekową mąki.**

### METODYKA

Obiektem badań były dwie odmiany pszenicy ozimej Mikon i Zyta pochodzące ze stacji Doświadczalnej SGGW w Chylicach. Ziarniaki poddano procesowi porastania w temperaturze 25 °C przez cztery doby. Próbkę do analizy pobierano co 24 h, suszono je w pokojowej temperaturze do wilgotności około 12%, a następnie przemielono w młynie laboratoryjnym Quadrumat Senior firmy Brabender. W próbkach mąki i otrąb oznaczono ogólną zawartość białka metodą Kiejdahla, ogólną aktywność enzymów amylolitycznych metodą Bernfelda [2]. Pozostałe analizy dotyczyły wyłącznie mąki, w której określono: zawartość glutenu

mokrego, liczbę opadania metodą Hagberga-Pertena oraz przeprowadzono analizę farinograficzną. Uzyskane farinogramy interpretowano według metody AACC [1].

Ciasto prowadzono metodą bezpośrednią stosowaną dla pieczywa pszennego zalecaną przez Instytut Piekarnictwa w Berlinie. Wypieku ciasta dokonano w piecu elektrycznym firmy Sveba Dahlen w temperaturze 230°C przez 30 min.

### Oznaczenie aktywności amylolitycznej

Ekstrakcję enzymów amylolitycznych z 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 amylolitycznych. Ogólną aktywność amylolityczną oznaczono kolorymetrycznie wobec 1-procentowego roztworu skrobi o pH 5,3 jako substratu. Inkubacja trwała 15 min, po czym reakcję przerywano 1-procentowym roztworem DNS (kwas 3,5-dinitrosalicylowy). Wartość absorbancji odczytywano na spektrofotometrze firmy Minolta przy długości fali 540 nm wobec prób kontrolnych. Aktywność wyrażano w miligramach maltozy uwolnionej z substratu przez enzym wyekstrahowany z 1 g mąki w ciągu 1 min.

### WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Jednym z ważniejszych wskaźników jakościowych pszenicy jest zawartość białka w ziarnie. Zawartość białka ogółem w próbach kontrolnych mąki badanych odmian była zróżnicowana, więcej białka ogółem o 16% obserwowano w próbce odmiany Zyta. Analizując rozkład substancji białkowych w ziarniakach obu odmian, stwierdzono większą ich ilość w otrębach niż w mące, co jest zgodne z danymi literaturowymi [12]. Czas porostu w niewielkim stopniu wpłynął na zawartość białka ogółem w poszczególnych frakcjach przemiałowych ziarna i w większości prób był nieistotny statystycznie w stosunku do próby kontrolnej (tab.1).

Aktywność enzymów amylolitycznych zgodnie z metodą Bernfelda [3] wyrażono ilością cukrów redukujących powstałych w jednostce czasu. Hydrolazy zbożowe w tym a- amylazy syntetyzowane są przede wszystkim w warstwie aleuro nowej ziarniaków [13]. Odgrywają one ważną rolę zarówno

**Tabela 1.** Zawartość białka w mące oraz otrębach drobnych i grubych

Rodzaj zboża		Zawartość białka		
		Mąka	Otręby drobne	Otręby grube
		[%]		
Zyta	nie porośnięta	11,7 <i>b</i>	16,1 <i>c</i>	17,2 <i>b</i>
	porośnięta po 1 dobie	12,1 <i>a</i>	17,1 <i>b</i>	17,1 <i>b</i>
	porośnięta po 2 dobie	11,9 <i>ab</i>	17,5 <i>b</i>	17,3 <i>b</i>
	porośnięta po 3 dobie	11,9 <i>ab</i>	17,6 <i>b</i>	17,7 <i>a</i>
	porośnięta po 4 dobie	11,7 <i>b</i>	18,7 <i>a</i>	17,8 <i>a</i>
<b>NIR</b>		<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>
Mikon	nie porośnięta	9,8	14,0 <i>e</i>	15,1 <i>a</i>
	porośnięta po 1 dobie	10,0	15,6 <i>d</i>	14,6 <i>b</i>
	porośnięta po 2 dobie	10,1	16,0 <i>c</i>	13,9 <i>c</i>
	porośnięta po 3 dobie	9,9	16,5 <i>b</i>	15,1 <i>a</i>
	porośnięta po 4 dobie	9,6	17,0 <i>a</i>	15,0 <i>a</i>
<b>NIR</b>		<b>r.n</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>

a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

kontrolnej. Istotny statystycznie wzrost aktywności obserwowano w kolejnych dobach porastania w mące obu odmian i otrębach drobnych odmiany Mikon, natomiast nieregularne zmiany tego wskaźnika wystąpiły w otrębach drobnych odmiany Zyta (tab.2).

W otrębach grubych obu badanych odmian pszenicy wystąpił wzrost aktywności amylopolitycznej, w stosunku do próby kontrolnej. W odmianie Zyta po trzeciej dobie porastania nastąpił spadek aktywności amylopolitycznej, co prawdopodobnie wiąże się z transportem enzymu w głąb ziarniaka, gdyż jednocześnie rosła aktywność amylaz w mące (tab.2). Migracja enzymu przez ściany komórkowe warstwy aleuronowej i zarodka ziarniaka była możliwa po wcześniejszej hydrolizie b- glukanów. Jak podaje Bartoszewicz i wsp.1997 [2] w porastających ziarniakach wraz ze wzrostem aktywności b- glukanazy następowała perforacja ścian komórkowych, co umożliwiała przemieszczanie się enzymów hydrolitycznych między komórkami. Z drugiej strony nie wykluczona jest aktywacja wskutek ograniczonej proteolizy b- amylazy w bielmie, co mogło powodować podwyższenie ogólnej aktywności amylopolitycznej w mące.

W obu próbach mąki z ziarna porośniętego w miarę upływu czasu porastania obserwowano istotny statystycznie wzrost aktywności amylaz (tab.3), jednak różna dynamika

**Tabela 2.** Wpływ porostu ziarna na aktywność amylopolityczną mąki oraz otręb drobnych i grubych

Rodzaj zboża		Aktywność amylopolityczna		
		Mąka	Otręby drobne	Otręby grube
		[mg maltozy/1g/1min]		
Zyta	nie porośnięta	117,4 <i>e</i>	96,0 <i>b</i>	112,0 <i>e</i>
	porośnięta po 1 dobie	125,4 <i>d</i>	93,4 <i>b</i>	120,0 <i>d</i>
	porośnięta po 2 dobie	128,0 <i>c</i>	106,7 <i>a</i>	197,4 <i>a</i>
	porośnięta po 3 dobie	153,4 <i>b</i>	208,0 <i>a</i>	189,4 <i>b</i>
	porośnięta po 4 dobie	161,4 <i>a</i>	184,0 <i>a</i>	141,4 <i>c</i>
<b>NIR</b>		<b>2,5</b>	<b>2,9</b>	<b>3,7</b>
Mikon	nie porośnięta	97,3 <i>e</i>	74,7 <i>a</i>	80,0 <i>c</i>
	porośnięta po 1 dobie	102,0 <i>d</i>	77,3 <i>b</i>	83,0 <i>c</i>
	porośnięta po 2 dobie	117,3 <i>c</i>	86,7 <i>c</i>	99,0 <i>b</i>
	porośnięta po 3 dobie	141,4 <i>b</i>	128,0 <i>d</i>	144,0 <i>a</i>
	porośnięta po 4 dobie	153,3 <i>a</i>	136,0 <i>e</i>	147,0 <i>a</i>
<b>NIR</b>		<b>2,1</b>	<b>1,7</b>	<b>5,5</b>

a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

w pierwszych dobach kiełkowania jak również w początkowej fazie rozwoju rośliny. Natomiast ich rozmieszczenie w ziarniakach zmienia się wraz z postępującym procesem imbibicji i etapami wzrostu kielka [10].

Badając rozkład aktywności amylaz w poszczególnych częściach anatomicznych ziarniaków prób kontrolnych, stwierdzono większą zawartość cukrów redukujących w mące niż w otrębach drobnych i grubych (tab.2), co jest zgodne z danymi literaturowymi [10].

Porost w obu odmianach pszenicy spowodował istotne statystycznie zmiany aktywności enzymów amylopolitycznych w każdej z badanych frakcji ziarna w stosunku do próby

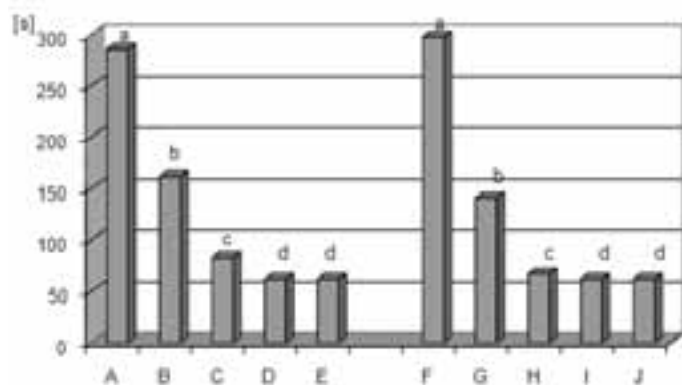
wzrostu aktywności amylopolitycznej między odmianami może świadczyć o zróżnicowanym tempie metabolizmu cukrowców w ziarniakach. Jak wcześniej zauważono [9] porost ziarna wywołuje znaczny wzrost aktywności hydrolaz i może być zróżnicowany w obrębie odmian [4, 9, 11], co jest uwarunkowane genetycznie.

Aktywność enzymów amylopolitycznych wiąże się bezpośrednio z innym wskaźnikiem charakteryzującym amylazy – liczbą opadania. Wartość liczby opadania w mące z ziarna nieporośniętego obu odmian była zbliżona i zgodna z obowiązującą normą [14] (rys. 1).

**Tabela 3.** Wpływ porostu ziarna na wybrane cechy pieczywa

Rodzaj zboża		Cechy pieczywa	
		Objętość 100 g [cm <sup>3</sup> ]	Porowatość [wg Dallmana]
Zyta	nie porośnięta	442,0 <i>bc</i>	100 <i>a</i>
	porośnięta po 1 dobie	461,0 <i>a</i>	90 <i>ab</i>
	porośnięta po 2 dobie	454,0 <i>ab</i>	80 <i>b</i>
	porośnięta po 3 dobie	429,0 <i>c</i>	40 <i>c</i>
	porośnięta po 4 dobie	367,0 <i>d</i>	30 <i>c</i>
<b>NIR</b>		<b>18,4</b>	<b>1,8</b>
Mikon	nie porośnięta	384,0 <i>b</i>	100 <i>a</i>
	porośnięta po 1 dobie	438,0 <i>a</i>	90 <i>ab</i>
	porośnięta po 2 dobie	422,0 <i>a</i>	80 <i>b</i>
	porośnięta po 3 dobie	371,0 <i>bc</i>	40 <i>c</i>
	porośnięta po 4 dobie	346,0 <i>c</i>	30 <i>c</i>
<b>NIR</b>		<b>2,1</b>	<b>1,8</b>

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



Rys.1. Wpływ czasu porostu ziarna na liczbę opadania mąki

**Legenda:**

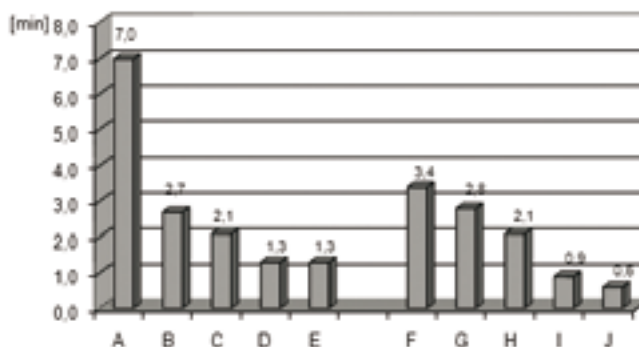
- A - Zyta nieporośnięta
- B - Zyta porośnięta po 1 dobie;
- C - Zyta porośnięta po 2 dobie;
- D - Zyta porośnięta po 3 dobie;
- E - Zyta porośnięta po 4 dobie;
- F - Mikon nie porośnięta;
- G - Mikon porośnięta po 1 dobie
- H - Mikon porośnięta po 2 dobie
- I - Mikon porośnięta po 3 dobie
- J - Mikon porośnięta po 4 dobie

Liczba opadania badanych mąk również odzwierciedla dynamikę zmian aktywności amylolitycznej. Wyrażała się ona spadkiem liczby opadania przy jednoczesnym wzroście ogólnej aktywności amylaz.

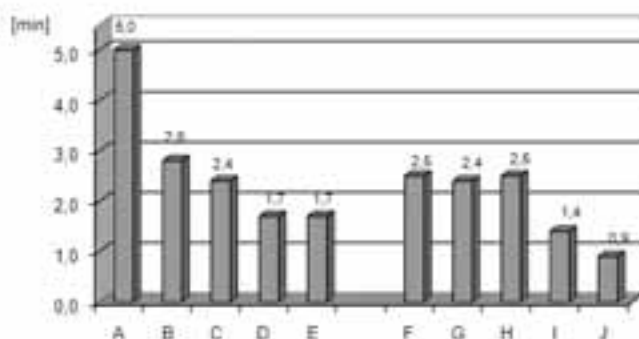
W celu określenia wpływu porastania ziarna na cechy fizyczne ciasta przeprowadzono analizę farinograficzną. W próbach kontrolnych wykazano znaczące różnice wskaźników reologicznych w mąkach badanych odmian. Odmiana Zyta charakteryzowała się lepszymi właściwościami lepko-sprężystymi ciasta niż odmiana Mikon, co było zgodne z ich klasyfikacją jakościową.

Uzyskane wyniki wskazują na pogorszenie właściwości reologicznych ciasta w trakcie porastania prób, co stanowi potwierdzenie wcześniejszych badań [9, 10, 11, 12]. W mące odmiany Zyta po pierwszej dobie porastania skutek działania enzymów hydrolitycznych (amylaz i proteaz) nastąpiło

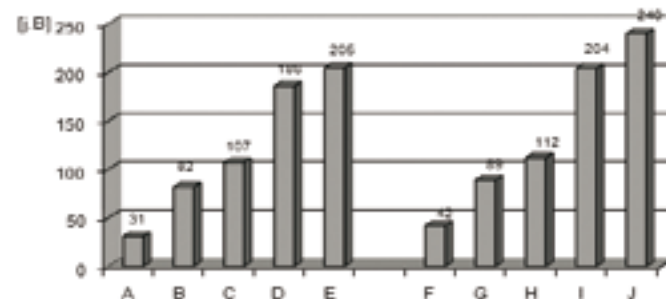
znaczące niekorzystne, około 50 % skrócenie czasu rozwoju (rys.3) i stałości ciasta (rys.2), jednocześnie towarzyszył temu niepożądany ponad dwukrotny wzrost wartości rozmiękczenia (rys. 4).



Rys.2. Wpływ czasu porostu ziarna na czas stałości ciasta



Rys.3. Wpływ czasu porostu ziarna na czas rozwoju ciasta



Rys.4. Wpływ czasu porostu ziarna na rozmiękczenie ciasta

Dynamika zmian wskaźników reologicznych ciasta próby odmiany Mikon miała znacznie łagodniejszy przebieg i najgorsze wartości osiągnęła po czwartej dobie porastania. Ciasto stanowi układ polidispersyjny białek, sacharydów i tłuszczu wzajemnie ze sobą oddziałujących. Interakcje składników mąki w trakcie tworzenia ciasta zdeterminowane są ich strukturą. Nadmierne naruszenie konformacji związków polimerycznych przez hydrolazy wywołuje niekorzystne zmiany cech farinograficznych ciasta, co w efekcie prowadzi do otrzymania gorszej jakości pieczywa.

Ocena wybranych cech fizyko-chemicznych pieczywa dotyczyła objętości 100g pieczywa i porowatości mięksisza [15].

Objętość pieczywa wskazuje na jakość surowca użytego do wypieku. Chleby uzyskane z mąki obu badanych odmian po pierwszej dobie porostu miały istotną statystycznie większą objętość niż próby wzorcowe (tab. 3). Wzrost objętości po 24 h imbibicji prawdopodobnie był spowodowany wzmożonym

procesem fermentacji, wywołanym przyrostem cukrów prostych uwalnianych z polimerów sacharydowych przez enzymy amylolityczne. Z danych literaturowych wynika [7, 8], że niewielka aktywacja hydrolaz w mące skutkuje lepszą jakością pieczywa. Po dwóch dobach porastania objętość bochenków nie wzrastała, ale była statystycznie istotnie większa niż w próbach kontrolnych. Pogorszenie tego wskaźnika obserwowano po 72 i 96 godzinach porastania. Uzyskane bochenki były niedostatecznie wyrośnięte, płaskie o małej objętości, głównie przez uaktywnienie się proteaz powodujących zmiany ilościowe i jakościowe białek glutenowych.

Objętość chleba wiąże się z jego porowatością, która jest ważnym wskaźnikiem jakości pieczywa. Pieczywo z mąki kontrolnej charakteryzowało się miększem o równomiernej cienkościennej i drobnej porowatości, miększy był jasny i suchy. Proces porastania zmienił obraz przekrojów miększu bochenków, jednak pieczywo otrzymane z mąki po pierwszej i drugiej dobie porastania nieznacznie różniło się od próby kontrolnej i otrzymało zadowalającą ocenę. W próbach po trzeciej i czwartej dobie porastania porowatość miększu była nierównomierna, miększy był dużo ciemniejszy, wilgotny i lepki, smak wyraźnie słodki nietypowy dla pieczywa pszennego.

Obserwowane wady pieczywa uzyskanego z mąki po 72 i 96 godzinach porastania dyskwalifikują je jako produkt spożywczy. Natomiast mąka otrzymana z ziarna po pierwszej i drugiej dobie porastania może być wykorzystana do produkcji pieczywa pszennego.

## WNIOSKI

1. Porost ziarna spowodował znaczący wzrost hydrolaz, co wyrażało się na ogół statystycznie istotną podwyższoną aktywnością amylolityczną każdej z badanych frakcji przemiałowych. Dynamika wzrostu aktywności w próbach mąki była proporcjonalna do czasu porastania ziarna.

2. Zmiany biochemiczne w ziarnie wywołane porostem skutkowały pogorszeniem jakości mąki, co prowadziło do niekorzystnych zmian właściwości reologicznych ciasta, polegających na: skróceniu czasu rozwoju i stałości oraz wzroście rozmiękczenia.

3. Wielkość i tempo zmian aktywności amylolitycznej w trakcie porastania były zróżnicowane w obrębie badanych odmian, co mogło być spowodowane odmiennym metabolizmem cukrowców i różną ilością syntetyzowanych enzymów.

4. Pieczywo otrzymane z mąki z ziarna porastającego przez 72 i 96 h wykazało szereg wad, co spowodowało jego dyskwalifikację. Natomiast cechy fizyczne pieczywa uzyskanego z mąki po 24 h i 48 h nie budziły zastrzeżeń, co wskazuje, że takie mąki mogą być wykorzystane w przemyśle piekarskim.

## LITERATURA

- [1] **AACC 1972.** *The farinograph handbook*. St. Paul MN.
- [2] **BARTOSZEWICZ K., BIELAWSKI W., GARBACZEWSKA G. KĄCZKOWSKI J. 1997.** *Possible role of b-endoglukanase in the degradation of cell wall polysaccharides in more and less resistant to pre-harvest sprouting triticale varieties*. *Acta Physiol. Plant*, 16, (4) 295-302.
- [3] **BERNFELD P. 1953,** *Amylases a and b [in: Methods in enzymology]*. Eds. S.P Colowick N. O. Kaplan. Vol 1. Acad. Press, New York:149-151.
- [4] **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.
- [5] **BLEUKX W., ROLES S., DELCOUR J.A. 1997.** *On the presence and activities of proteolytic enzymes in vital wheat gluten*. *J. Cereal Sci.* 26, 183-193.
- [6] **BLEUKX W., DELCOUR J. A. 2000,** *A second aspartic proteinase associated with wheat gluten*. *J. Cereal Sci.* 34, 31-42.
- [7] **CABALLERO P. A., GOMEZ M., ROSELL C. M. 2007.** *Bread quality and dough rheology of enzyme supplemented wheat flour*. *Eur. Food Res. Technol.* 224, 525-534.
- [8] **COURTIN C. M., DELCOUR J. 2002.** *Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making*. *J. Cereal Sci.* 35, 225-243.
- [9] **DOJCZEW D., PIETRZYCH A., HABER T. 2003.** *Wpływ wybranych hydrolaz na wartość wypiekową mąk pszennych*. *Żywność* 3 (36) 93 – 100.
- [10] **DOJCZEW D., SOB CZYK 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.
- [11] **DOJCZEW D., SOB CZYK M., GORALEWSKA A., HABER T. 2005.** *Wpływ aktywności wybranych hydrolaz na wartość wypiekową mąki z ziarna porośniętego*. *Folia Univ. Agric. Stetin., Sci. Aliment.* 246 (4) 59- 66.
- [12] **DOJCZEW D., SOB CZYK M. 2007.** *The effect of proteolytic activity on the technological value of wheat flour from pre-harvest sprouted grain*. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 6 (4) 45 –53.
- [13] **EVERY D., SIMMONS L., AL-HAKKAK J., HAWKINS S., ROSS M. 2002.** *Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams*. *Euphytica* 126, 135-142.
- [14] **PN- ISO 30/93 AK 1996.** *Zboża. Oznaczanie liczby opadania*.
- [15] **PN-92/A-74105. 1992.** *Pieczywo pszenne zwykłe i wyborowe*.

**THE INFLUENCE OF THE TIME  
OF PRE - HARVEST SPROUTED GRAINS  
ON THE TECHNOLOGICAL  
VALUE WHEAT FLOUR**

*SUMMARY*

*The aim of the present work was examining of the influence of time pre-harvest sprouting grains on the changes in the amylolytic activity, and examining of the possibility using of flour from grown grain to bake bread. The analyses included a determination crude protein, falling number, amylolytic activity and rheologic properties of dough. The studies ended with a trial baking. In the samples of flours after 1 and 2 twenty- four hours of growing not considerable change of the rheological properties of dough has been noticed. It indicates the possibility of using the flour in baker industry. Whereas, flour obtained from pre- harvest sprouted grain after 3 and 4 twenty- four hours cannot be used for baking, because the bread from it was of insufficient quality.*

**Key words:** *wheat, pre-harvest sprouting, amylolytic activity, baking value.*