

## BADANIA MOŻLIWOŚCI POZYSKIWANIA SŁODU Z ZIARNA WYBRANYCH ZBÓŻ

*Wojciech Weiner, Grażyna Gozdecka, Wojciech Korpala*

Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy  
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz  
e-mail: [Grazyna.Gozdecka@utp.edu.pl](mailto:Grazyna.Gozdecka@utp.edu.pl)

**Streszczenie.** W pracy badano wpływ ciągłego nawilżania ziarna na jego aktywność enzymatyczną. Badania przeprowadzono na ziarniakach pszenicy, żyta i jęczmienia. Proces nawilżania prowadzono do momentu skielkowania ziarna. W trakcie nawilżania oznaczano zmiany jego wilgotności. Po zakończonym procesie nawilżania z ziarnem postępowano tak jak przy produkcji słodów. W otrzymanym słodzie oznaczono siłę diastatyczną oraz podstawowe składniki chemiczne. Pomimo użycia do badań ziarna o wysokiej liczbie opadania otrzymane słody charakteryzowały się dobrą siłą diastatyczną. Zaobserwowano, że żyto w porównaniu z jęczmieniem i pszenicą dużo szybciej wchłaniało wodę. Stwierdzono występowanie pewnych strat skrobi i białka oraz nieznaczny wzrost zawartości cukrów redukujących podczas kiełkowania. Aktywność enzymów amylolitycznych w ziarnie była niska, natomiast po procesie kiełkowania uzyskano wysokie wartości siły diastatycznej, świadczące o silnym uaktywnieniu tych enzymów. Pod wpływem nawilżania i związanym z tym wzrostem wilgotności aktywność enzymów amylolitycznych w ziarnie rosła.

**Słowa kluczowe:** nawilżanie, słodowanie, liczba opadania, enzymy amylolityczne

### WSTĘP

Uzyskanie mąki o dobrych właściwościach wypiekowych wiąże się z szeregiem cech, jakie powinno posiadać zboże. Zdolność mąki do wytwarzania gazów, będąca jednym z elementów oceny jej właściwości wypiekowych jest ściśle związana z aktywnością enzymów amylolitycznych. Optymalna aktywność amylaz pozwala na poprawny przebieg fermentacji alkoholowej, której substratem jest maltoza otrzymana ze skrobi pod wpływem hydrolizy enzymatycznej. W ostatnich latach coraz częściej sygnalizowane są problemy z uzyskaniem mąki o odpowiedniej liczbie opadania. Suche lata o małej ilości opadów powodują, że zebrane zboża charakteryzują się

bardzo niską aktywnością enzymów amylolitycznych. Z kolei zbyt duża ilość opadów powoduje nadmierną aktywność enzymów w ziarnie.

Z ziaren zbóż produkuje się szeroki asortyment produktów oraz półproduktów z zastosowaniem różnych procesów technologicznych. Jednym z nich jest przerabianie ziarna na sól wykorzystywany do produkcji piwa, mąki słodowej i różnorodnych produktów żywnościowych (Javalagi i Vadehi 1986, Livingstone i in. 1993, Suhasini i in. 1997, EDME – Food Ingredients (online)). Dodatek mąki słodowej do mąki otrzymanej z ziarna o zbyt wysokiej liczbie opadania pozwala na uzyskanie pieczywa dobrej jakości, ponadto może skrócić fermentację ciasta i czas wypieku. Mąka słodowa wykorzystywana jest do produkcji różnego rodzaju pieczywa i wyrobów cukierniczych. Najczęściej poddawany procesowi słodowania ziarnem jest jęczmień ale również ziarno innych zbóż poddaje się słodowaniu.

W pracy badano wpływ ciągłego nawilżania ziarna wybranych rodzajów zbóż na ich aktywność amylolityczną.

#### METODYKA BADAŃ

Do badań przeznaczono ziarniaki jęczmienia, pszenicy i żyta. Ziarno zostało poddane wstępnej kontroli jakości wg PN-70/R-74013. Ponadto oznaczono jego zdolność kiełkowania wg PN-R-65950:1994, wilgotność wg PN- 86/A-74011, zawartość białka wg PN-75/A-04018, zawartość cukrów redukujących i skrobi metodą Luffa-Schoorla, liczbę opadania wg PN-ISO-3093:1996 oraz zawartość glutenu (tylko w pszenicy) wg PN-A-74043-2:1994.

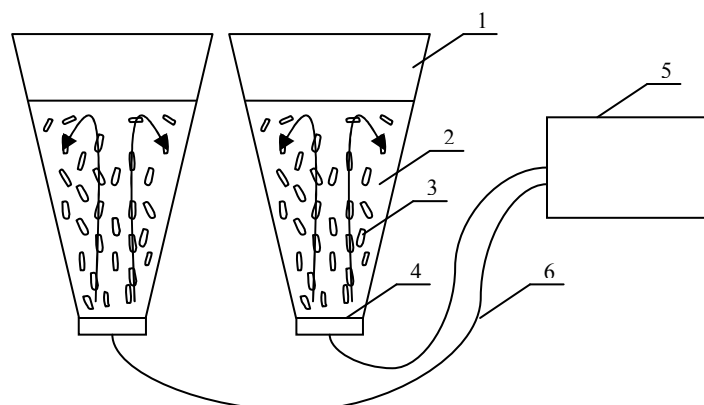
Badania podzielono na dwie części. W pierwszej proces nawilżania prowadzono w zbiornikach z perforowanym dnem, przez które przepuszczane było powietrze. Dzięki temu ziarniaki znajdowały się w ciągłym ruchu w trakcie trwania procesu. Proces prowadzono do momentu skiełkowania ziarna. Zastosowanie przezroczystych zbiorników umożliwiło kontrolę postępu procesu kiełkowania poprzez obserwację wzrostu kielków. Na schemacie (rys. 1) przedstawiono stanowisko badawcze.

W trakcie prowadzenia procesu kontrolowano temperaturę panującą w zbiornikach oraz oznaczano wilgotność ziarna. Po zakończonym procesie nawilżania z ziarnem postępowano tak jak przy produkcji sódów.

Ziarno poddawano suszeniu według następującego schematu: 10 godzin w temperaturze 30°C, 5 godzin w temperaturze 40°C, 3 godziny w temperaturze 50°C, 3 godziny w temperaturze 65°C, 2 godziny w temperaturze 82°C (Dylkowski 1978, Kunze 1999).

W celu określenia wpływu zastosowanej metody na jakość otrzymanego sόδu po zakończeniu procesu suszenia przeprowadzano ocenę organoleptyczną uzyskanych sódów wg PN-A-79083-2:1998 oraz oznaczono ich wilgotność wg PN-

A-79083-5:1998, zawartość białka metodą Kjeldahla wg PN-75/A- 0418, zawartość cukrów redukujących i skrobi metodą Luffa-Schoorla oraz siłę diastatyczną wg PN-A-79083-10:1998.



**Rys. 1.** Schemat stanowiska do kiełkowania nasion: 1– zbiornik, 2 – woda, 3 – nasiono, 4 – perforowane dno, 5 – kompresor, 6 – przewody doprowadzające powietrze

**Fig. 1.** Diagram of test setup for seed germination: 1– container, 2 – water, 3– seed, 4 – perforated bottom, 5 – compressor, 6 – air supply pipes

W drugiej części badań ziarno pszenicy i żyta poddawano 5 godzinnemu nawilżaniu. W trakcie procesu mierzono ilość wchłoniętej wody przez ziarno. Następnie równomiernie rozłożone ziarno suszono w warunkach pokojowych i po 24 godzinach badano jego wilgotność oraz liczbę opadania.

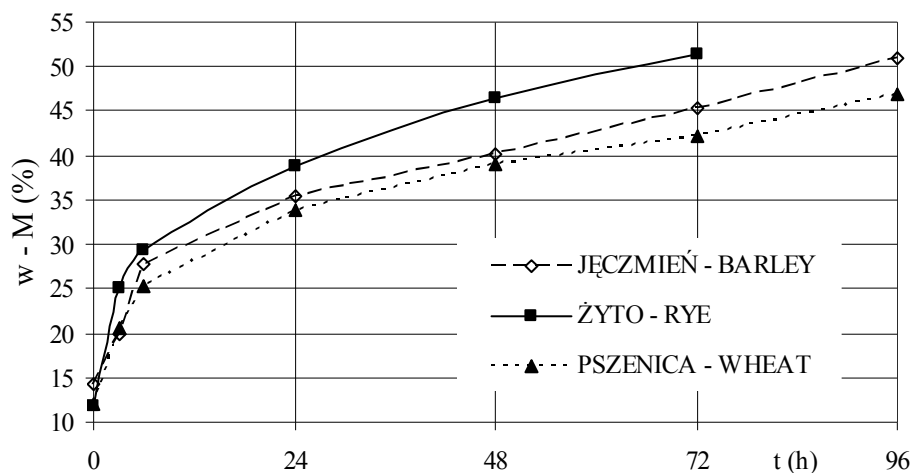
## WYNIKI

Nasiona przeznaczone do kiełkowania oceniono jako zdrowe, czyste, dojrzałe, dobrze wykształcone, o swoistym zapachu i jednolitej prawidłowej barwie. Zdolność kiełkowania nasion pszenicy wynosiła 94%, jęczmienia 99%, a żyta 95%.

Ważnym czynnikiem decydującym o długości czasu kiełkowania jest zdolność ziarna do pochłaniania wody. Na wykresie (rys. 2) przedstawiono zmiany wilgotności ziarna w czasie prowadzonego procesu nawilżania. Zależność wilgotności ziarna od czasu jego nawilżania można opisać równaniem typu:

$$w = \frac{\tau}{a \cdot \tau + b}, \quad (1)$$

gdzie:  $w$  – wilgotność ziarna (%);  $\tau$  – czas nawilżania (h);  $a$ ,  $b$  – współczynniki równania.



**Rys. 2.** Wchłanianie wody ( $w$ ) przez ziarna jęczmienia, pszenicy i żyta podczas 96 godzinowego procesu nawilżania

**Fig. 2.** Water absorption ( $w$ ) by grain of barley, wheat and rye for 96 hours during the process of moisturizing

Współczynniki  $a$  i  $b$  równania (1) obliczono metodą regresji liniowej i przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Współczynniki równania (1)

**Table 1.** Coefficients of equation (1)

Rodzaj ziarna Kind of grain	Współczynniki równania (1) Coefficients of equation (1)		Ocena statystyczna Statistical assessment	
	$a$	$b$	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson's correlation coefficient $r$ (%)	Błąd standardowy Standard error $\delta$
Pszenica Wheat	0,021	0,1069	99,43	0,094
Jęczmień Barley	0,022	0,080	99,13	0,108
Żyto Rye	0,019	0,073	99,45	0,066

W przeprowadzonych badaniach pod koniec procesu nawilżania wilgotność dla jęczmienia po 3 dniach wynosiła średnio 46,8%, dla pszenicy po 4 dniach 47,7% a dla żyta już po 2 dniach 49,1%. Na tym etapie kiełkowanie można było przerwać z uwagi na wystarczająco rozwinięte kiełki korzeniowe i liścień. Obserwowane różnice szybkości wchłaniania wody szczególnie między pszenicą a żytem, które dużo szybciej wchłaniało wodę, mogą wynikać z różnic w budowie ziarniaków tych zbóż oraz zróżnicowanej zawartości białka (żyto zawiera mniej białka w porównaniu do jęczmienia i pszenicy).

Na podstawie przeprowadzonej oceny organoleptycznej stwierdzono, że uzyskane słody charakteryzowały się odpowiednimi cechami właściwymi dla słodów. Barwa ich była zbliżona do barwy ziarna, z którego je otrzymano, a zapach określono jako swoisty, charakterystyczny dla słodów. Nie zaobserwowano też obecności pleśni. Na tej podstawie można było stwierdzić, że podczas kiełkowania nie wystąpiło oddychanie śródcząsteczkowe będące powodem dyskwalifikującego zapachu słodu. Uzyskane słody po 23 godzinach suszenia charakteryzowały się wilgotnością poniżej 4% i spełniały wymagania normy dotyczącej słodu browarnego. Słód o takiej wilgotności może być przechowywany przez długi czas w magazynach.

Ocenę procesu kiełkowania nasion w warunkach nawilżania zanurzeniowego z doprowadzaniem powietrza oceniano pośrednio, badając zmiany zawartości wybranych składników ziarna przed nawilżaniem i po zakończeniu procesu suszenia. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 3. Powstałe straty skrobi i białka oraz wzrost zawartości cukrów redukujących są naturalnym efektem zachodzących procesów życiowych w ziarnie (Dylkowski 1978, Suhasini i in. 1997). Ubytek białka w jęczmieniu wynosił średnio 0,62%, w pszenicy 1,22%, a w życie 0,41%. Najmniejsze straty odnotowano w słodzie żytnim, co może mieć związek z jego krótszym czasem kiełkowania.

Ziarno pszenicy charakteryzowało się wysoką zawartością glutenu mokrego, co wpływa korzystnie na wartość wypiekową mąki z takiego surowca. W słodzie pszennym odnotowano tylko niewielki spadek zawartości glutenu. Otrzymane wartości liczby opadania wskazują na niską aktywność enzymów amylolitycznych zarówno pszenicy jak i żyta (rys. 3). Z tego też względu mąka otrzymana z nich nie nadawałaby się do wypieku pieczywa. Pomimo użycia do badań takiego materiału badawczego otrzymane słody charakteryzowały się dobrą siłą diastatyczną. Siła diastatyczna słodu jęczmiennego wynosiła 242,5 j. W-K, żytniego 283,6 j. W-K a pszenicznego 285,9 j. W-K. Norma opisująca wymagania dla słodu browarnego (PN-A-79082:1997) podaje, że przy słodzie typu pilzneńskiego wartość siły diastatycznej powinna wynosić, co najmniej 240 j.W-K.

**Tabela 2.** Zestawienie wyników badań wybranych cech ziarna i otrzymanego siodu  
**Table 2.** Research results for chosen characteristics of the grain and of obtained malt

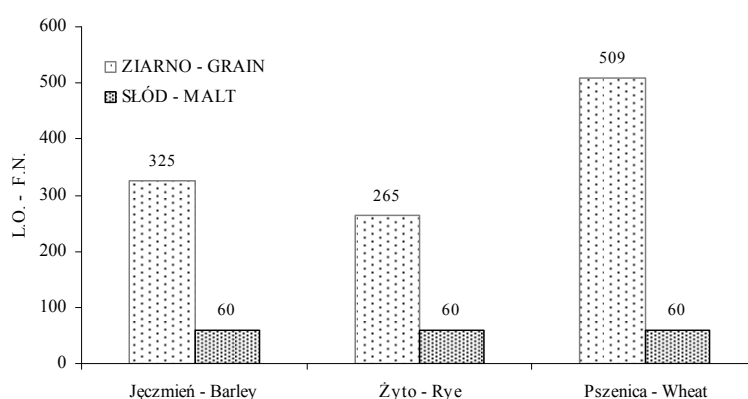
Badana cecha Studied characteristic	Jęczmień – Barley		Pszenica – Wheat		Żyto – Rye	
	ziarno grain	słód malt	ziarno grain	słód malt	ziarno grain	słód malt
Wilgotność końcowa Final moisture (%)	–	3,85	–	3,48	–	3,95
Białko Protein (%)	10,44	9,82	14,50	13,28	8,67	8,26
Gluten mokry Wet gluten (%)	–	–	28,8	28	–	–
Cukry redukujące Reducing sugars (%)	1,15	5,47	0,96	4,13	1,34	4,80
Skrobia Starch (%)	58,58	50,63	57,44	49,38	57,65	51,59
Liczba opadania (ziarno)/siła diasta- tyczna (słód) Falling number (grain)/diastatic power (malt) (j.w-k)	325	242	509	286	265	284

W drugiej części badań przeprowadzono eksperymenty mające na celu zbadanie wpływu czasu nawilżania ziarna na jego aktywność amylolityczną. Wyniki badań i obliczeń przedstawiono na wykresach (rys. 4-6) oraz w tabelach 3 i 4. Na rysunku 4 przedstawiono wykres obrazujący zmiany wilgotności bezwzględnej ( $w_b$ ) w ziarnach pszenicy i żyta podczas 5-godzinnego nawilżania. Można zaobserwować, że zarówno w pszenicy jak i życie największy przyrost wilgotności bezwzględnej zachodził w czasie pierwszych 15 minut nawilżania. Do około 2 godzin trwania nawilżania wartości wilgotności bezwzględnej obu zbóż były do siebie zbliżone, jednak trzeba zwrócić uwagę na fakt, że początkowa wilgotność bezwzględna żyta była nieco niższa niż pszenicy. Po 2 godzinach nawilżania wilgotność żyta była już znacznie wyższa niż pszenicy i podobnie jak w czasie kilkudniowego nawilżania różnica ta stale wzrastała. Zależność wilgotności bezwzględnej ziarna od czasu jego nawilżania można opisać równaniem podobnym do zależności (1):

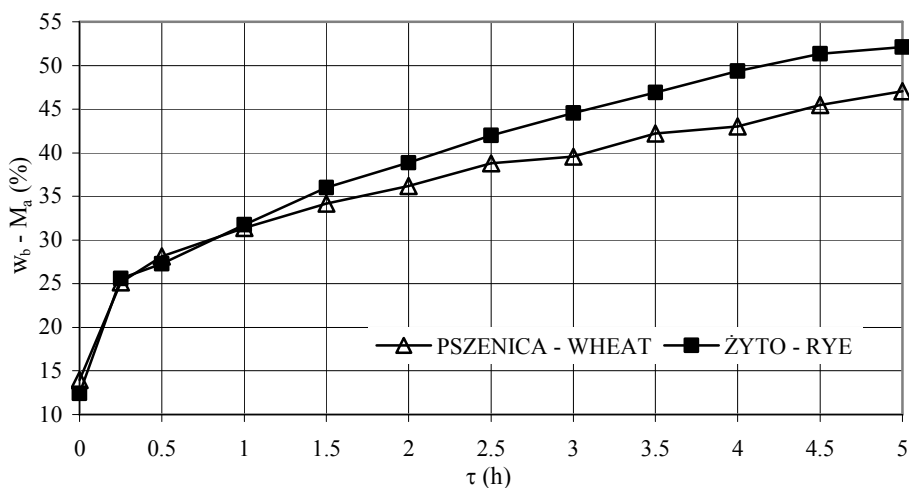
$$w_b = \frac{\tau}{a \cdot \tau + b}, \quad (2)$$

gdzie:  $w_b$  – wilgotność ziarna (%),  $\tau$  – czas nawilżania (h),  $a$ ,  $b$  – współczynniki równania.

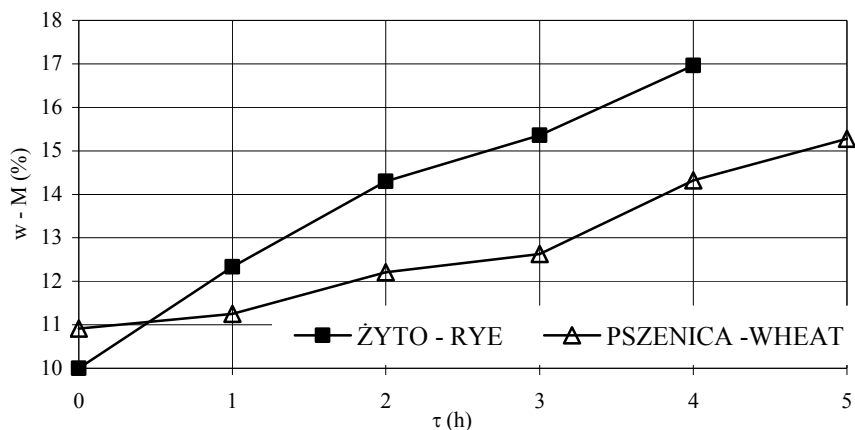
Współczynniki  $a$  i  $b$  równania (2) obliczano metodą regresji liniowej i przedstawiono w tabeli 3.



**Rys. 3.** Liczba opadania (L.O.) w ziarnach jęczmienia, żyta i pszenicy oraz w sładach z tych zbóż  
**Fig. 3.** Falling number (F.N.) of barley, rye and wheat and in their malts

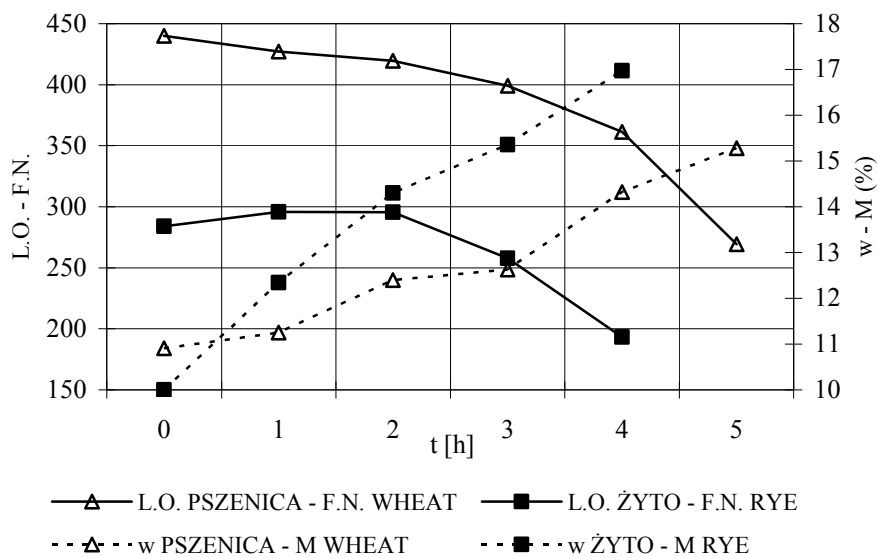


**Rys. 4.** Zmiany wilgotności bezwzględnej ( $w_b$ ) w ziarnach pszenicy i żyta podczas nawilżania  
**Fig. 4.** Changes in absolute moisture ( $M_a$ ) in wheat and rye grains while moisturizing



Rys. 5. Wilgotność ziarna (w) pszenicy i żyta 24 godziny po procesie nawilżania

Fig. 5. Moisture (M) of grain of wheat and rye 24 hours after the process of moisturizing



Rys. 6. Zmiany liczby opadania (L.O.) oraz wilgotności (w) w ziarnach pszenicy i żyta 24 godziny po procesie nawilżania

Fig. 6. Changes in falling number (F.N.) and moisture (M) in grains of wheat and rye 24 hours after the process of moisturizing



**Tabela 3.** Współczynniki równania (2)  
**Table 3.** Coefficients of equation (2)

Rodzaj ziarna Kind of the grain	Współczynniki równania (2) Coefficients of equation (2)		Ocena statystyczna Statistical assessment	
	<i>a</i>	<i>b</i>	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson's coefficient of correlation <i>r</i> (%)	Błąd standardowy Standard error $\delta$
Pszenvica Wheat	0,021	0,008	99,20	0,005
Żyto Rye	0,00183	0,009	98,87	0,005

**Tabela 4.** Współczynniki równania (4)  
**Table 4.** Coefficients of equation (4)

Rodzaj ziarna Kind of the grain	Współczynniki równania (4) Coefficients of equation (4)		Ocena statystyczna Statistical assessment	
	<i>a</i>	<i>b</i>	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson's coefficient of correlation <i>r</i> (%)	Słąd standardowy Standard error $\delta$
Pszenvica Wheat	0,894	10,56	97,80	0,399
Żyto Rye	1,695	10,40	99,08	0,423

Po 24 godzinach od zakończenia procesu nawilżania jeszcze raz mierzono wilgotność ziarna. Na rysunku 5 przedstawiono zależność wilgotności po 24 godzinach przechowywania ziarna rozłożonego w cienkiej warstwie w temperaturze pokojowej od czasu nawilżania. Jak można się było spodziewać im ziarno więcej wchłonęło wody podczas nawilżania tym wyższą miało wilgotność po 24 godzinach od zakończenia procesu nawilżania. Żyto nawilżane przez 4 godziny osiągnęło około 17% wilgotność. Z uwagi na zbyt wysoką wilgotność, próby nawilżane 4,5 i 5 godzin nie nadawały się już do przemiału wymaganego do określenia wilgotności ziarna.

Zależność wilgotności ziarna po upływie 24 godzin od zakończenia nawilżania od czasu jego trwania dla żyta można opisać równaniem liniowym:

$$w = a\tau + b, \quad (4)$$

gdzie:  $w$  – wilgotność ziarna (%);  $\tau$  – czas nawilżania (h);  $a$ ,  $b$  – współczynniki równania. Natomiast zależność dla pszenicy opisuje równanie (1). Wartości współczynników  $a$  i  $b$  dla pszenicy i żyta przedstawiono w tabeli 4.

Pod wpływem nawilżania i związanym z tym wzrostem wilgotności liczba opadania w ziarnie malała, co jest jednoznaczne ze wzrostem aktywności enzymów amyloolitycznych. W przypadku pszenicy zadowalającą wartość liczby opadania uzyskano w ziarnie, które było nawilżane przez co najmniej 4,5 godziny, natomiast w przypadku żyta odpowiednią pod względem wartości wypiekowej liczbę opadania otrzymano w ziarnie już po 3 godzinach nawilżania. Ziarno o takich wartościach liczby opadania mogłoby się nadawać do przemiału na mąkę o dobrych własnościach wypiekowych, bez konieczności sporządzania mieszanek, dodatku mąki słodowej czy polepszaczy.

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Proces nawilżania w zbiornikach z ciągłym napowietrzaniem pozwala na uzyskanie słodu dobrej jakości z ziarna o wysokiej liczbie opadania.
2. Zaobserwowano, że żyto w porównaniu z jęczmieniem i pszenicą dużo szybciej wchłania wodę.
3. Stwierdzono występowanie pewnych strat skrobi i białka oraz nieznaczny wzrost zawartości cukrów redukujących podczas nawilżania.
4. Aktywność enzymów amyloolitycznych w ziarnie po kilkugodzinnym procesie nawilżania znacząco wzrasta, co odzwierciedlają uzyskane wartości siły diastatycznej.
5. Zadowalającą wartość liczby opadania można uzyskać w wyniku nawilżania pszenicy przez 5 godzin, natomiast żyta przez 3 godziny.

#### PIŚMIENNICTWO

- Dylkowski W., 1978. Browarnictwo. WSZiP, Warszawa.
- EDME – Food Ingredients (online) (dostęp 07-02-2007) Dostępny w Internecie: <http://www.edme.co.uk/products/>
- Javalagi A.M., Vaidehi M.P., 1986. Protein and energy content of acceptable beverages prepared with blends of soya, skim milk, sesame, coconut and malts from wheat, ragi and green gram. Beverage and Food World., 4, 35-38.
- Kunze W., 1999. Technologia piwa i słodu. PIWOCHMIEL Sp. z o.o. Warszawa

- Livingstone A.S., Feng J.J., Malleshi N.G., 1993. Development and nutritional quality evaluation of weaning foods based on malted, popped and roller dried wheat and chickpea. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 28, 35-43.
- PN-70/R-74013. Ziarno zbóż. Wstępna kontrola jakości i badanie cech organoleptycznych.
- PN-75/A-04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- PN-86/A-74011. Ziarno zbóż. Nasiona roślin strączkowych i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności.
- PN-A-74043-2:1994. Oznaczanie glutenu mokrego. Pszenica.
- PN-A-79082:1997. Słód browarny.
- PN-A-79083-10:1998. Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie siły diastatycznej siodu.
- PN-A-79083-2:1998. Słód browarny. Metody badań. Badania organoleptyczne.
- PN-A-79083-5:1998. Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie wilgotności.
- PN-ISO 3093:1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- PN-R-65950:1994. Materiał siewny. Metody badań nasion.
- Suhasini A.W., Muralikrishna G., Malleshi N.G. 1997 Free sugars and non-starch polysaccharide contents of good and poor malting varieties of wheat and their malts. *Food Chemistry*, 4 (60), 537-540.

## STUDY ON THE POSSIBILITY OF OBTAINING MALT FROM GRAIN OF SELECTED CEREALS

*Wojciech Weiner, Grażyna Gozdecka, Wojciech Korpai*

Faculty of Technology and Apparatus for Chemical and Food Industry  
University of Technology and Life Sciences, ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz  
e-mail: [Grazyna.Gozdecka@utp.edu.pl](mailto:Grazyna.Gozdecka@utp.edu.pl)

**Abstract.** The paper presents a study on the influence of continuous moisturizing of grain on its enzymatic activity. Grains of wheat and rye with high falling number were studied, as well as grain of barley. The process of moisturizing was conducted up to the moment grains when the grain germinated. Changes in grain moisture were measured in the course of the process of grain moisturizing. At the end of the process of moisturizing, the grain was subjected to the same treatment as in the production of malts. In the obtained malt the diastatic power and basic chemical components were determined. Although grain with high falling number was used in the study, the obtained malts were characterised by good diastatic power. It was observed that rye grain absorbed water much faster compared to barley and wheat. Certain losses were noted in the level of starch and proteins, and a slight increase in the level of reducing sugars in the course of germination. The activity of amylase enzymes in the grain was low, while after the process of germination high values of diastatic power were obtained, indicating strong stimulation of those enzymes. Under the effect of moisturizing and the resultant increase in grain moisture there was an increase in the activity of amylase enzymes in the grain.

**Key words:** moisturizing, malting, falling number, amylase enzymes