

ZMIANY ZDOLNOŚCI I ENERGII KIEŁKOWANIA ZIARNA JĘCZMIENIA BROWARNICZEGO W WYNIKU MOCZENIA W RÓŻNYCH WARUNKACH CIŚNIENIOWYCH

Leszek Rydzak, Wojciech Bożek

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. W pracy podjęto próbę oceny wpływu zabiegu wstępnego moczenia ziarna jęczmienia browarnego w podciśnieniu na jego zdolność i energię kiełkowania. Ziarno nawilżano w systemie zalewowym w komorze próżniowej, w ciśnieniu 5 i 100 kPa (ciśnienie atmosferyczne) i w temperaturach wody od 15 do 50°C. Czas kontaktu ziarna i czynnika nawilżającego wynosił od 0,5 do 10min. Badano udział procentowy ilości ziaren skiełkowanych w poddawanej słodowaniu masie ziarna, wyznaczając energię i zdolność kiełkowania. Stwierdzono istotne zależności zdolności i energii kiełkowania po procesie od ciśnienia w komorze nawilżacza. Ponadto stwierdzono znaczące różnice w budowie morfologicznej nasion kiełkujących po wstępnym moczeniu w ciśnieniu atmosferycznym i w podciśnieniu 5 kPa.

Słowa kluczowe: jęczmień browarny, moczenie, próżnia

Wprowadzenie

Proces nawilżania znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. Szczególnie często występuje w obróbce ziarna zbóż i nasion roślin strączkowych. Podczas kontaktu z wodą w strukturze surowców zachodzą liczne zmiany, pożądane w dalszej ich obróbce [Lewicki 1998; Grundas i in. 1998].

Proces moczenia jęczmienia jest w technologii produkcji słoðu jednym z najważniejszych i ma decydujący wpływ na parametry i jakość otrzymanego produktu. Istnieje szereg sposobów prowadzenia tego procesu, jednak niezależnie od stosowanych w przemyśle schematów technicznej jego realizacji jest on czasochłonny. Może trwać nawet do 100 h. Poszukiwane są więc sposoby skrócenia czasu moczenia jęczmienia, przy zachowaniu jego pożądaných walorów jakościowych [Kunze 1999].

W ostatnich latach wiele procesów w branży spożywczej prowadzonych jest w warunkach próżniowych w celu zwiększenia ich efektywności. Obróbka próżniowa zwana impregnacją (vacuum impregnation) jest jedną z najnowszych [Fito i in. 1996]. Znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie dochodzi do wymiany masy między ciałem stałym a otaczającą go cieczą. W ten sposób przetwarzane są produkty pochodzenia zwierzęcego (mięso, sery) i owoce [del Valle i in. 1998; Betoret i in. 2003; Guamis i in. 1997; Gonzalez i in. 1999; Chafer i in. 2003; Fito i in. 2001]. Moczenie próżniowe w porównaniu z aktualnie stosowanymi metodami nawilżania zwiększa ilość pobieranej przez ziarno wody

[Rydzak 2001] - daje więc możliwość ograniczenia czasu nawilżania, a co za tym idzie może przyspieszyć proces kiełkowania oraz zwiększać energię i zdolność kiełkowania.

Wprawdzie żadna ze słodowni nie prowadzi procesu moczenia w warunkach próżniowych, lecz ze względu na znaczne przyspieszenie procesów wymiany masy w trakcie takiej obróbki warto zwrócić uwagę na ewentualne możliwości zastosowania tej metody w słodownictwie.

Cel badań

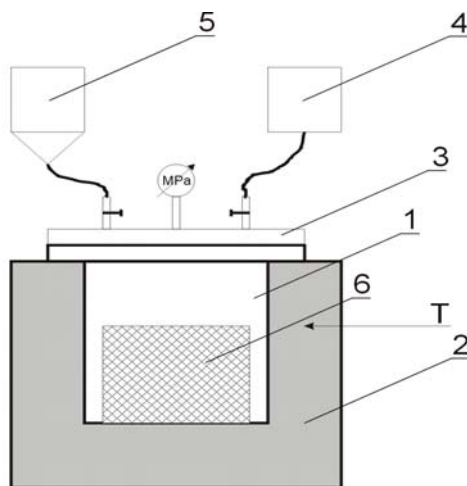
Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania podciśnienia jako czynnika przyspieszającego proces moczenia jęczmienia do celów słodowniczych. Cel ten osiągnięto przez określenie wpływu warunków moczenia (ciśnienie, temperatura, czas) na zdolność i energię kiełkowania ziarna jęczmienia browarniczego.

Badania przeprowadzono w zakresie zmienności:

- ciśnienia nawilżania wynoszącego 5 i 100 kPa (ciśnienie atmosferyczne),
- temperatury czynnika nawilżającego od 15 do 50°C,
- czasu kontaktu ziarna i wody od 0,5 do 10 min.

Metodyka

Badaniami objęto ziarno jęczmienia browarniczego odmiany Rudzik. Proces nawilżania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym przedstawionym na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badania procesu nawilżania metodą zanurzeniową w warunkach podciśnienia: 1 - komora próżniowa, 2 - ultratermostat, 3 - pokrywa, 4 - pompa próżniowa, 5 - zbiornik, 6 - pojemnik na surowiec

Fig. 1. Diagram of test bench for testing the soaking process using submersion method under vacuum conditions: 1 - vacuum chamber, 2 - ultrathermostat, 3 - cover, 4 - vacuum pump, 5 - tank, 6 - raw product container

Proces nawilżania przeprowadzono w komorze, współpracującej z pompą próżniową, która umożliwia regulację ciśnienia w komorze w zakresie 5-100 kPa. Komora zanurzona była w łaźni wodnej ultratermostatu, który umożliwiał prowadzenie procesu w różnych warunkach termicznych.

Aby zapewnić całkowite zanurzenie wszystkich nawilżanych ziaren umieszczono je w pojemniku wykonanym z siatki. Poziome ciśnienia w komorze rejestrowano za pomocą wakuometru. Pokrywa komory była dodatkowo wyposażona w zespół zaworów łączących komorę z pompą próżniową i zbiornikiem wodnym. Szczelność połączenia komory i pokrywy zapewniała uszczelka natłuszczona wazeliną. Po umieszczeniu komory próżniowej w ultratermostacie, ustalono temperatury: 15°C, 30°C, 40°C, 50°C. Woda nawilżająca posiadała temperaturę zbliżoną do temperatury panującej w komorze. Różnice tych temperatur wynosiły nie więcej niż $\pm 2^\circ\text{C}$. Po wygrzaniu komory umieszczano w niej pojemnik na surowiec z odważoną próbką ziarna o masie 50 g. Ziarna nawilżano w ciśnieniu atmosferycznym i podciśnieniu 5 kPa.

Badania w ciśnieniu 5 kPa rozpoczynały się od umieszczenia próbki surowca w komorze próżniowej. Po wypełnieniu przewodów hydraulicznych wodą, komorę zamykano i po otwarciu zaworu łączącego z pompą próżniową ustalono ciśnienie na poziomie 5 kPa. Po ustaleniu ciśnienia zamykano zawór łączący komorę z pompą próżniową, a otwierano zawór doprowadzający wodę. Próbka zalewana była porcją wody o objętości około 0,2 dm³. W trakcie zalewania próbki wodą, wraz ze wzrostem stopnia wypełnienia komory, obserwowano nieznaczny wzrost ciśnienia w komorze nawilżającej.

Po zalaniu próbki ziarno utrzymywano w kontakcie z wodą przez czas 0,5, 1, 5 i 10 minut. Po upływie tego czasu sprowadzono ciśnienie gwałtownie do atmosferycznego i oddzielano ziarno od wody. Tak nawilżone ziarno podawano procesowi słodowania, badając energię i zdolność kiełkowania.

W ciśnieniu atmosferycznym ziarno nawilżano zalewając wodą umieszczony w komorze pojemnik z próbką surowca. Po czasie nawilżania wynoszącym 0,5, 1, 5 i 10 minut oddzielano ziarno od wody. Tak nawilżone ziarno podawano procesowi słodowania, badając energię i zdolność kiełkowania.

Kiełkowanie badanego ziarna prowadzono na płytkach metalowych, zliczając udział procentowy ilości skiełkowanych ziaren po 72 h (energia) i 120 h (zdolność kiełkowania). Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z normą PN-R-74110.

Płytkę do kiełkowania wykładano trzema arkuszami bibuły filtracyjnej. Następnie rozkładano na niej 500 ziaren i przykrywano arkuszem bibuły filtracyjnej. Przygotowane próbki nawilżano jednakowymi ilościami wody i pozostawiano do kiełkowania.

Górną bibułę filtracyjną codziennie umiarkowanie zwilżano jednakowymi ilościami wody o temperaturze 20°C zapewniając stałe warunki kiełkowania ziarna w każdej z próbek.

Badania procesu kiełkowania ziarna jęczmienia przeprowadzono w trzech powtórzeniach. We wszystkich przypadkach dokonywano obliczenia średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego.

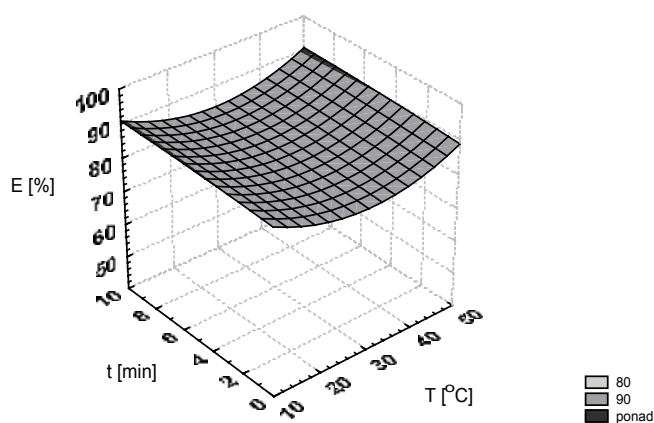
W trakcie procesu kiełkowania dokonywano obserwacji zmian w budowie morfologicznej jęczmienia, które rejestrowano na fotografiach. Obserwacjom poddano ziarna kiełkujące po czasie 72 h i 120 h.

Wyniki badań poddano też analizie istotności wpływu badanych czynników (ciśnienie, temperatura, czas) na otrzymane rezultaty. Analizę tę przeprowadzono za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki badań

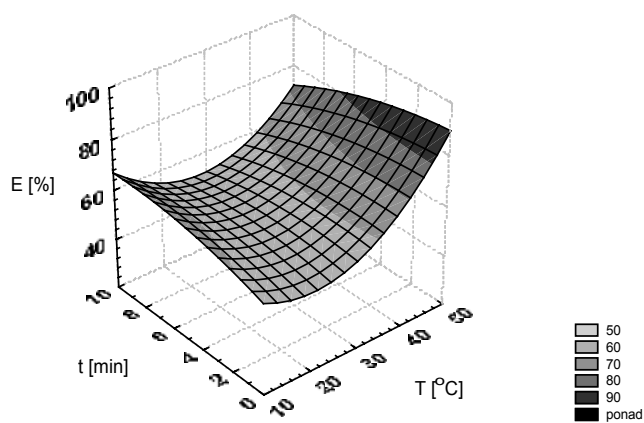
Energia i zdolność kiełkowania

Na rys. 2 i 3 przedstawiono w formie wykresów trójwymiarowych zależność ilości skielkowanych ziaren po 72 h (energia kiełkowania) w funkcji czasu moczenia i temperatury dla ziarna moczonego w ciśnieniu 5 kPa i ciśnieniu atmosferycznym.



Rys. 2. Zależność energii kiełkowania w funkcji czasu moczenia i temperatury dla jęczmienia moczonego w ciśnieniu atmosferycznym

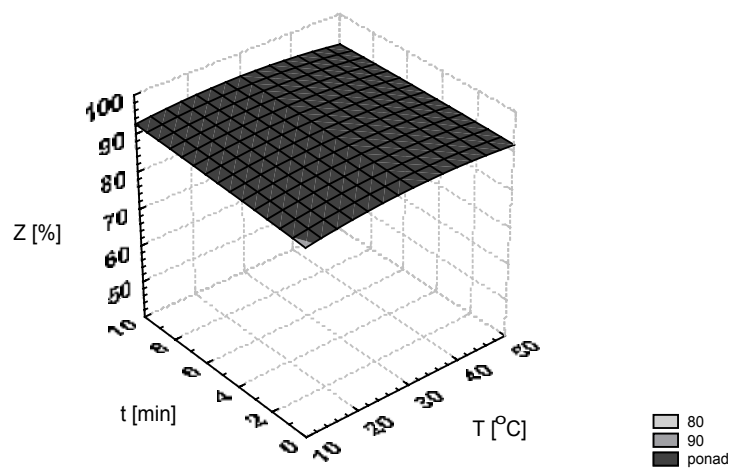
Fig. 2. Dependence of sprouting energy as a function of soaking time and temperature for barley soaked under atmospheric pressure



Rys. 3. Zależność energii kiełkowania w funkcji czasu moczenia i temperatury dla jęczmienia moczonego w ciśnieniu 5 kPa

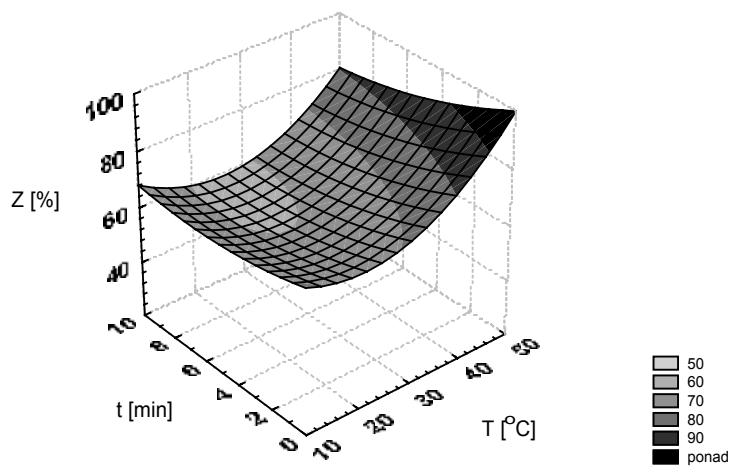
Fig. 3. Dependence of sprouting energy of grains as a function of soaking time and temperature for barley soaked under pressure of 5 kPa

Na rys. 4 i 5 przedstawiono w formie wykresów trójwymiarowych zależność ilości skielkowanych ziaren po 120 h (zdolność kiełkowania) w funkcji czasu moczenia i temperatury dla ziarna moczonego w ciśnieniu 5 kPa i ciśnieniu atmosferycznym.



Rys. 4. Zależność zdolności kiełkowania w funkcji czasu moczenia i temperatury dla jęczmienia moczonego w ciśnieniu atmosferycznym

Fig. 4. Dependence of sprouting capability of grains as a function of soaking time and temperature for barley soaked under atmospheric pressure

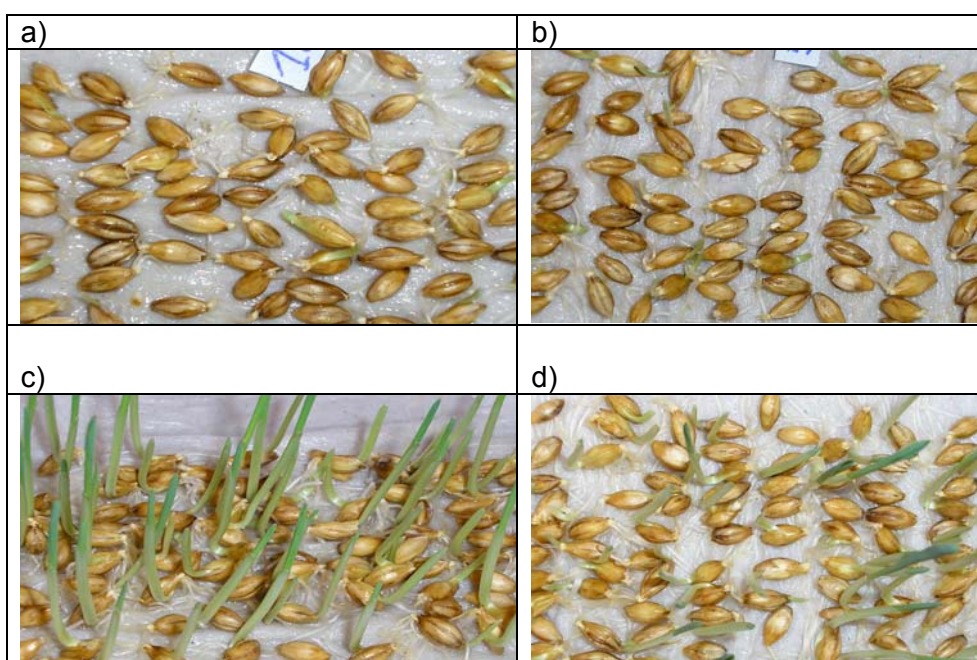


Rys. 5. Zależność zdolności kiełkowania ziaren w funkcji czasu moczenia i temperatury dla jęczmienia moczonego w ciśnieniu 5 kPa

Fig. 5. Dependence of sprouting capability of grains as a function of soaking time and temperature for barley soaked under pressure of 5 kPa

Budowa morfologiczna kielkującego ziarna jęczmienia

Na rys. 6 przedstawiono wyniki obserwacji zmian w budowie morfologicznej kielkującego jęczmienia. Do prezentacji wybrano ziarno moczone w temperaturze 50°C. Po 72 h wzrostu ziarna moczonego w wodzie o temperaturze 50°C nie są zauważalne różnice pomiędzy kielkującym ziarnem jęczmienia nawilżanym w ciśnieniu 5 kPa i ciśnieniu atmosferycznym. Natomiast po 120 h wykiełkowało mniej ziaren nawilżanych w ciśnieniu 5 kPa.



Rys. 6. Budowa morfologiczna kielkującego ziarna jęczmienia nawilżonego w temperaturze 50°C, w czasie 0,5 min: a) po 72 h w ciśnieniu 100 kPa, b) po 72 h w ciśnieniu 5 kPa, c) po 120 h w ciśnieniu 100kPa, d) po 120 h w ciśnieniu 5 kPa

Fig. 6. Morphological structure of sprouting barley grain soaked at temperature of 50°C, during 0,5 min: a) after 72 h under pressure of 100 kPa, b) after 72 h under pressure of 5 kPa, c) after 120 h under pressure of 100kPa, d) after 120 h under pressure of 5 kPa

Analizę wpływu badanych czynników (ciśnienie, czas, temperatura) na wartość energii i zdolności kiełkowania jęczmienia przedstawiono w tabeli 1.

Zmiany zdolności...

Tabela 1. Analiza istotności wpływu badanych czynników na wilgotność końcową nasion
Table 1. An analysis of effect significance of tested factors on final humidity of seeds

Czynnik	Wartość	E	Z
Ciśnienie [kPa]	5	a	a
	100	b	b
Czas nawilżania [min]	0,5	a	a
	5	a	a
	15	a	a
	30	a	a
Temperatura [°C]	15	a	a
	30	b	ab
	40	bc	b
	50	c	bc

* te same litery oznaczają brak istotnych różnic

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Ziarna jęczmienia moczone w ciśnieniu 5 kPa kiełkowały w mniejszym stopniu niż te same ziarna nawilżane w ciśnieniu atmosferycznym. Wpływ ciśnienia, w którym moczone jęczmień szczególnie widoczny był w niskich temperaturach czynnika nawilżającego, wynoszących od 15 do 30°C.
2. Czas moczenia próżniowego ziarna nie wpływa istotnie na zdolność i energię kiełkowania jęczmienia.
3. Wraz ze wzrostem temperatury czynnika nawilżającego, ilość skielkowanych ziaren zwiększa się. W wyższych temperaturach ulegały zatarciu różnice pomiędzy kiełkującymi ziarnami nawilżanymi w ciśnieniu atmosferycznym i ciśnieniu 5 kPa.
4. Ziarna jęczmienia nawilżane w ciśnieniu atmosferycznym i podciśnieniu 5 kPa różniły się znacznie budową morfologiczną. Po 120 h kiełkowania, ziarna moczone w ciśnieniu 5 kPa charakteryzowały się gorzej wykształconym kielkiem. Na podstawie obserwacji prowadzonych w trakcie słodowania można stwierdzić, że obróbka próżniowa ziarna pogarsza żywotność zarodka.

Bibliografia

- Betoret N., Puente L., Diaz M.J., Pagan M.J., Garcia M.J., Gras M.L., Martinez-Monzo J., Fito P.** 2003: Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journ. of Food Eng.* 56. s. 273-277.
- Chafer M., Gonzalez-Martinez C., Chiralt A., Fito P.** 2003. Microstructure and vacuum impregnation response of citrus peels. *Food Res. Int.* 36. s.35-41.
- Chiralt A., Fito P., Barat J.M., Andres A., Gonzalez-Martinez C., Escriche I., Camacho M.M.** 2001: Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journ. of Food Eng.* 49. s.141-151.
- Gonzalez C., Fuentes C., Andres A., Chiralt A., Fito P.** 1999. Effectiveness of vacuum impregnation brining of Marchengo-type curd. *Int. Dairy Journ.* 9. s.143-148.

- Fito P., Andres A., Chiralt A., Pardo P.** 1996. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatment in solid porous food-liquid systems. *Journ. of Food Eng.* 27. s. 229-240.
- Fito P., Chiralt A., Barat J.M., Andres A., Martinez- Monzo J., Martinez-Navarrete N.** 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journ. of Food Eng.* 49. s. 97-302.
- Grundas S., Godecki M., Miś A., Borkowska H., Styk B.** 1998: Charakterystyka cech technologicznych ziarna uszkodzonego mechanicznie w wyniku nawilżania. *Biul. Inst. Agrofiz. PAN.* 1. s. 23-26.
- Guamis B., Trujillo A.J., Ferragut V., Chiralt A., Andres A., Fito P.** 1997. Ripening Control of Marchengo Type Cheese Salted by Brine Vacuum Impregnation. *Int. Dairy Journ.* 7:185-192.
- Kunze W.** 1999: *Technologia Piwa i Słodu.* Warszawa 1999. ISBN 978-3-921690-49-9
- Lewicki P.P.** 1998. Some Remarks on Rehydration of Dried Foods. *Journ. of Food Eng.* 36. s. 81-87.
- Rydzak L.** 2001. Nawilżanie próżniowe jęczmienia w różnych warunkach termicznych. *Inżynieria Rolnicza* 10(30). s. 309-314.
- Valle del J.M., Aranguiz V., Diaz L.** 1998. Volumetric Procedure to Assess Infiltration Kinetics and Porosity of Fruits by Applying a Vacuum Pulse. *Journ. of Food Eng.* 38. s.207-221.

CHANGES OF SPROUTING CAPABILITY AND ENERGY OF BREWER'S BARLEY GRAIN AS A RESULT OF SOAKING UNDER DIFFERENT PRESSURE CONDITIONS

Summary. The paper is an attempt to assess the effect of presoaking of brewer's barley grain under vacuum conditions on its sprouting capability and energy. The grain was soaked in the filling system in the vacuum chamber, under pressure of 5 and 100kPa (atmospheric pressure) and at water temperatures from 15 to 50°C. The time of grain and soaking medium contact ranged from 0,5 to 10min. The percentage share of number of sprouted grains in grain mass put to malting, was analyzed by setting the sprouting energy and capability. The tests demonstrated significant dependencies of sprouting capability and energy after the pressure process in the humidifier chamber. The tests additionally revealed significant differences in morphological structure of sprouting seeds after presoaking under atmospheric pressure and in vacuum of 5 kPa.

Key words: brewer's barley, soaking, vacuum

Adres do korespondencji:

Leszek Rydzak; e-mail: leszek.rydzak@ar.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin

