

PRZECHOWYWANIE CHŁODNICZE GOTOWANEGO RYŻU. ASPEKT MIKROBIOLOGICZNY

Marek Domin, Franciszek Kluza, Dariusz Góral,
Katarzyna Kozłowicz

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem badań była ogólna analiza procesu namnażania się drobnoustrojów w przechowywanym chłodniczo ryżu, przeznaczonym po ogrzaniu do spożycia. Ziarna ryżu (parboiled i biały długoziarnisty) gotowano (przez 5–30 minut) dwoma metodami, albo immersyjnie w wodzie, albo w parze wodnej pod ciśnieniem atmosferycznym, po czym przechowywano w temperaturze 3°C (domowe urządzenie chłodnicze) przez 7 dni. W czasie przechowywania codziennie oznaczano ogólną liczbę drobnoustrojów. Ryż biały długoziarnisty wykazał większą podatność na ekspansję drobnoustrojów.

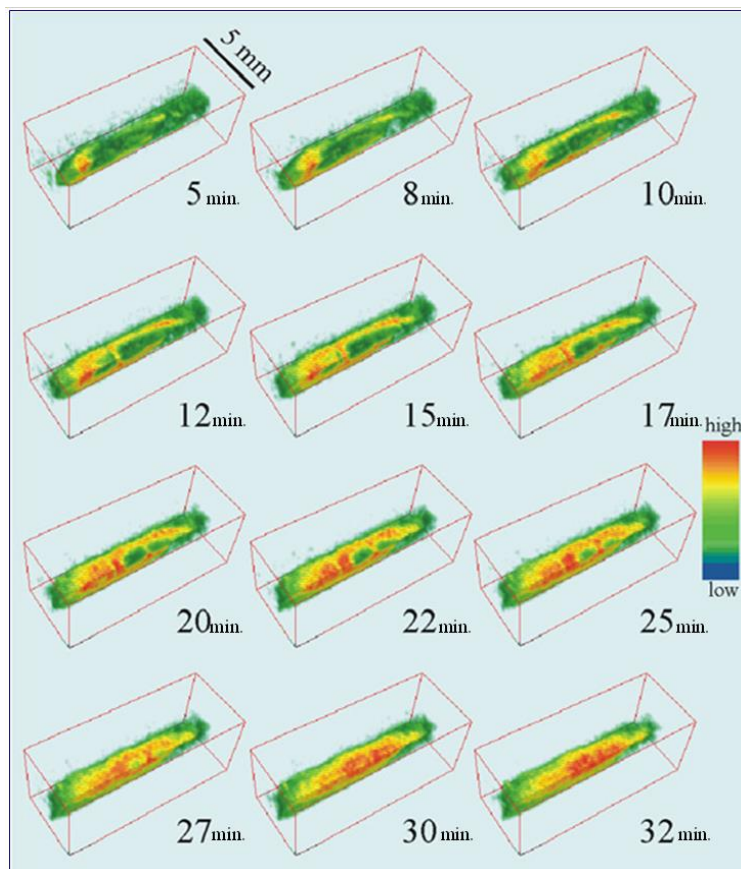
Słowa kluczowe: ogólna liczba drobnoustrojów, ugotowany ryż, przechowywanie chłodnicze

WSTĘP

Gotowanie to najważniejsza operacja umożliwiająca przygotowanie żywności do spożycia. Łączy ona w sobie procesy transportu ciepła i masy, podczas których składniki gotowanego materiału podlegają zróżnicowanym zmianom [Becket 1995]. W przypadku gotowania ryżu najważniejszą zmianą jest kleikowanie skrobi, powodowane podwyższeniem jego temperatury i wilgotności, czemu towarzyszy rozerwanie międzycząsteczkowych wiązań wodorowych, zwiększające wodochłonność, a w efekcie dostępność dla enzymów i mikroorganizmów [Rahman 1999]. Scharakteryzowanie rozkładu ciepła i wilgoci w ziarnach ryżu podczas gotowania w wodzie możliwe jest przy użyciu rezonansu magnetycznego. Tomograficzny trójwymiarowy obraz takiego rozkładu w ziarnie ryżu, gotowanym od 5 do 32 minut, pozwala na obserwację dynamiki

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Domin, Katedra Chłodnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: marek.domin@up.lublin.pl

postępu procesu gotowania, również wzdłuż pęknięć i mikroporów [Mohorič i in. 2004] (rys. 1).



Rys. 1. Obraz rozmieszczenia wody w ziarnie ryżu podczas gotowania [Mohorič i in. 2004]
 Fig. 1. The water distribution in a rice kernel as a function of cooking time [Mohorič i in. 2004]

Do oceny „stopnia ugotowania ryżu” stosowane są w praktyce produkcyjnej najczęściej metody szklanych płytek i sensorycznej oceny tekstury. Metoda szklanych płytek polega na umieszczeniu ocenianego ziarna pomiędzy dwiema szklanymi płytkami i ich ściśnięciu. Jeśli w sprasowanym materiale nie występują białe grudki, materiał jest uznany za ugotowany [Das i in. 2006]. Metoda sensorycznej oceny tekstury polega na zgnieceniu badanego ziarna w dwóch palcach i określeniu stopnia ugotowania na podstawie bodźców czuciowych [Sowbhagya i Ali 1991]. Obie metody, za optymalnie ugotowany wskazują ryż o wilgotności 72–75%. Potwierdzają to wyniki badań, w których analizowano energochłonność mikrofalowego gotowania ryżu, kiedy to za ryż ugotowany uznano produkt o wilgotności 73% [Lakshmi i in. 2005].

Wraz z badaniami nad uprawą i przetwarzaniem ryżu do celów spożywczych prowadzone są prace mające zapewnić jego jak najdłuższe przechowywanie, w czasie którego właściwości fizyko-chemiczne i sensoryczne nie ulegną zmianom intensywniejszym niż dopuszczalne. Wielokierunkowe badania nad przechowywaniem ugotowanego ryżu dotyczą utrwalania chemicznego, termicznego oraz fizycznego [Fellows 2000]. Jedną z metod utrwalania gotowanego ryżu jest zanurzanie go w 0,5% roztworze kwasu octowego przez 10 min. Tak preparowany ryż przechowuje się w szczelnych, aseptycznych opakowaniach w temperaturze 30°C przez 14 dni. Po tym okresie ryż wykazuje zadowalające zachowanie struktury. Dodanie 4,2% roztworu kwasu octowego do prób ryżu poprawia właściwości teksturalne po przechowywaniu, obniża brązowienie i retrogradację skrobi oraz skutkuje zredukowanym namnażaniem mikroorganizmów [Mitsuda i Nakajima 1977]. Aseptyczne przechowywanie gotowanego ryżu w temperaturze 4°C i 37°C prowadziło z czasem do zwiększenia absorpcji wody, podwyższenia pH ryżu i wzrostu mętności roztworu, w którym podgrzewano próby. Profil tekstury ugotowanych ziaren ryżu różni się istotnie. W czasie przechowywania w 37°C twardość ziaren zwiększa się ($p < 0,01$), a adhezyjność zmniejsza się ($p < 0,01$) w porównaniu z próbami przechowywanymi w 4°C [Zhou i in. 2007].

Szczegółowe badania retrogradacji skrobi w ugotowanym i przechowywanym w zróżnicowanych warunkach ryżu w powiązaniu ze zmianami jego właściwości teksturalnych wykazały wzrost twardości oraz spadek adhezyjności na skutek postępującej retrogradacji, która w powiązaniu z czasem i temperaturą przechowywania charakteryzowała się zależnością liniową o współczynniku korelacji $R = 0,978$ [Lima i Singh 1993].

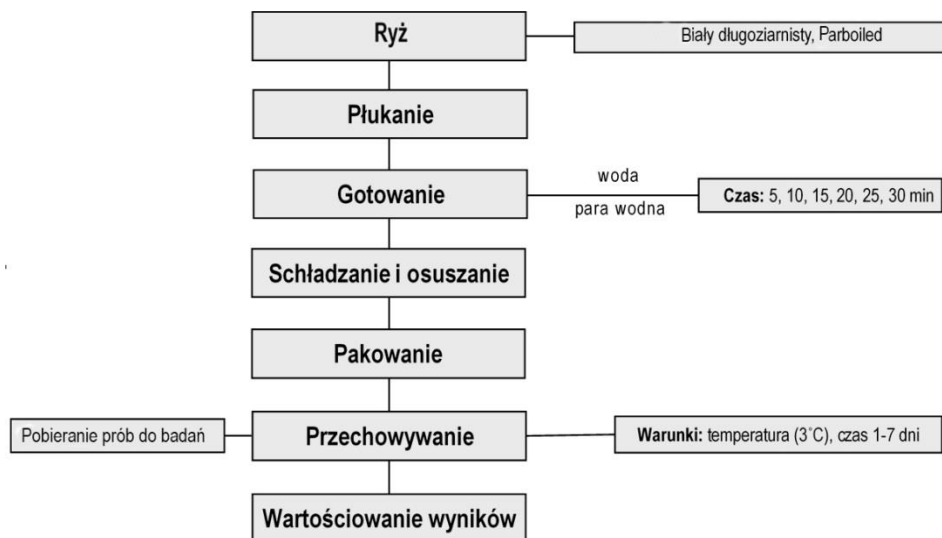
Wydłużenie przydatności do spożycia ugotowanego ryżu i potraw z ryżem można również uzyskać poprzez przechowywanie w modyfikowanej atmosferze. Skład atmosfery i warunki przechowywania ustalane są indywidualnie dla grup produktów, analogicznie do sposobu przechowywania owoców i warzyw w kontrolowanej lub modyfikowanej atmosferze, której skład ustalany jest na podstawie badań eksperymentalnych [Krala i Mokrosińska 1996, Krala i Witkowska 2002].

Gotowany ryż, jako produkt o wysokiej zawartości węglowodanów, stanowić może doskonałą pożywkę dla mikroorganizmów. Duża dostępność składników odżywczych w nim zawartych sprzyja szybkiemu namnażaniu się kolonii drobnoustrojów.

Celem badań była ogólna analiza procesu namnażania się drobnoustrojów w przechowywanym chłodniczo ugotowanym ryżu, przeznaczonym po ogrzaniu do codziennego spożycia.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W badaniach wykorzystano materiał (ryż parboiled i biały długoziarnisty) klasy I, o wysokim współczynniku wyrównania kształtu i wymiarów ziaren, bez oznak porażenia mikroorganizmami i szkodnikami, który nie był wstępnie preparowany w celu skrócenia gotowania. Badania przeprowadzono według harmonogramu (rys. 2).



Rys. 2. Schemat badań

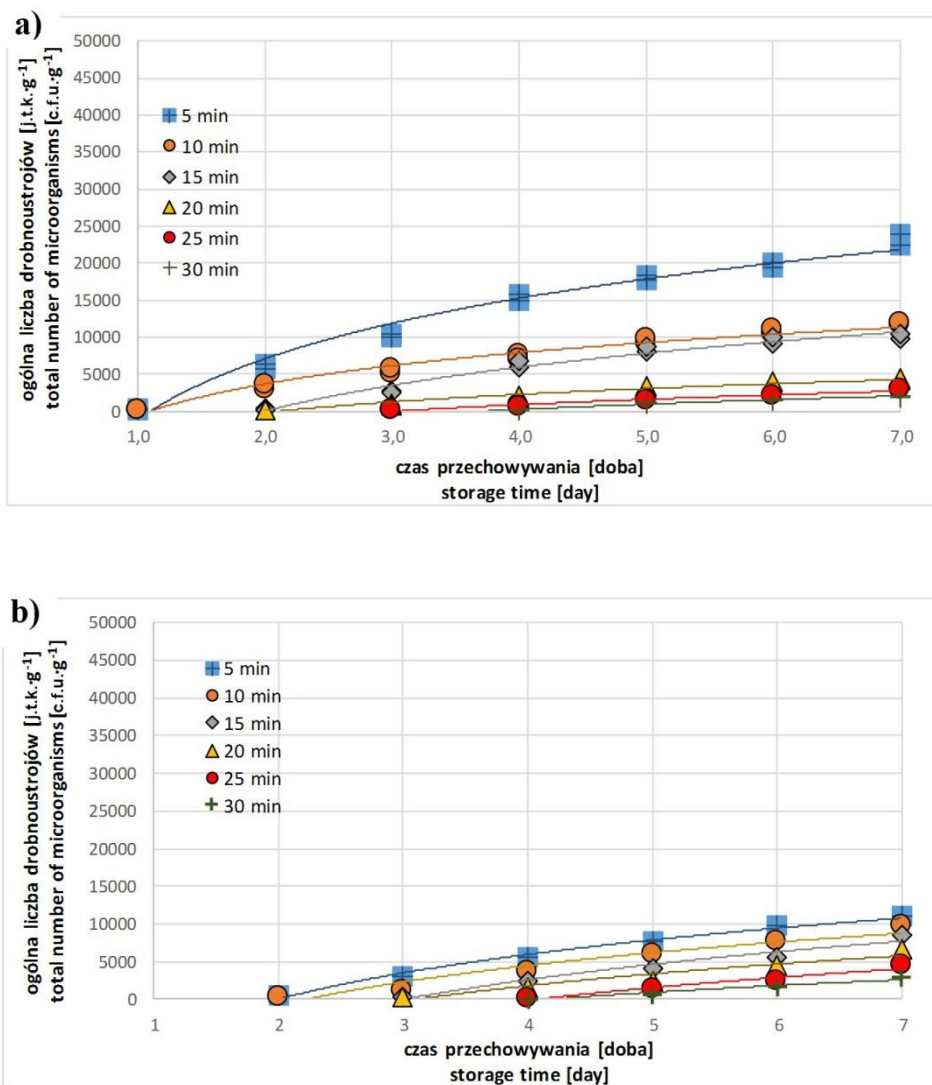
Fig. 2. Scheme of investigations

Ziarna ryżu gotowano opcjonalnie w nadmiarze wody lub w parze wodnej przez okres od 5 do 30 min. Ugotowane ziarna umieszczano w aseptycznych naczyniach i przechowywano w domowym urządzeniu chłodniczym w temperaturze $t = 3 \pm 1^\circ\text{C}$, tak aby w pełni symulować warunki codziennej eksploatacji urządzenia. Próby do analiz pobierano i przygotowywano w sposób imitujący pobieranie ryżu do ogrzania.

Ogólną liczbę drobnoustrojów oznaczano przy wykorzystaniu metody płytkowej z zastosowaniem jako podłoża pożywki PCA z agarem (PN-EN ISO 4833-1:2013-12). Zawiesinę wyjściową i dziesięciokrotne rozcieńczenia wykonano zgodnie z PN-EN ISO 6887-1:2000. Oznaczenie ogólnej liczby drobnoustrojów przeprowadzono zgodnie z wymogami normy PN-EN ISO 4833-2:2013-12. Analizowano próby przechowywane chłodniczo (przez 1–7 dni).

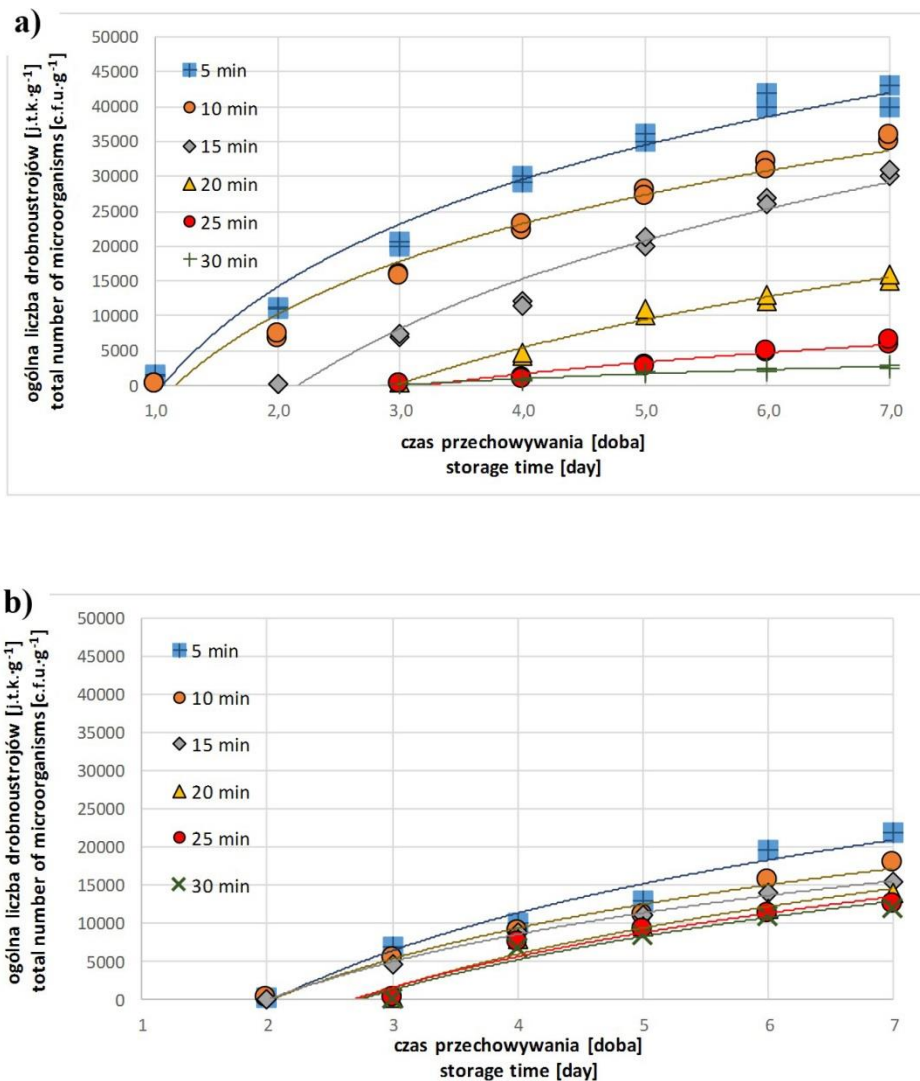
WYNIKI BADAŃ

Gotowanie przebiega w zakresie temperatury, w którym inaktywacji ulega większość drobnoustrojów. Wraz z postępującym czasem gotowania dalszej redukcji ulega pozostała ilość aktywnej mikroflory. Widoczne jest to w ilości drobnoustrojów w najdłużej przechowywanych próbach, gotowanych w krótszym czasie. Największe liczby drobnoustrojów odnotowano w próbach gotowanych przez 5 minut w 7 dobie przechowywania, wynosiły one odpowiednio $24\ 000 \text{ szt.} \cdot \text{g}^{-1}$ w przypadku ryżu parboiled i $47\ 000 \text{ szt.} \cdot \text{g}^{-1}$ w przypadku ryżu białego długoziarnistego.



Rys. 3. Ogólna liczba drobnoustrojów w czasie przechowywania chłodniczego ziaren ryżu parboiled gotowanych w zróżnicowanych warunkach (a – woda, b – para wodna) z wyznaczonymi krzywymi regresji

Fig. 3. The total number of microorganisms of parboiled rice grains cooked in different conditions during its refrigerating storage (a – water, b – water vapor) with the set of regression curves



Rys. 4. Ogólna liczba drobnoustrojów w czasie przechowywania chłodniczego ziaren ryżu białego długoziarnistego gotowanych w zróżnicowanych warunkach (a – woda, b – para wodna) z wyznaczonymi krzywymi regresji

Fig. 4. The total number of microorganisms of white long grain rice grains cooked in different conditions during its refrigerating storage (a – water, b – water vapor) with the set of regression curves

Namnażanie drobnoustrojów w próbach ryżu parboiled i białego długoziarnistego przechowywanych chłodniczo, zachodziło ze zmienną dynamiką. Najniższą, ogólną liczbę drobnoustrojów odnotowano w przypadku prób gotowanych ponad 25 minut i przechowywanych nie dłuższej niż 4 dni. Ryż parboiled w tym przedziale czasowym zawierał od 0 do 650 drobnoustrojów w 1 g produktu, natomiast ryż biały długoziarnisty od 0 do 1000 (rys. 3 i 4).

Z badań wynika istotność wpływu czasu gotowania ryżu i czasu jego przechowywania chłodniczego na ogólną ilość drobnoustrojów zawartych w badanych próbach.

Tabela 1. Równania regresji ogólnej liczby drobnoustrojów $L(t_p)$ w ryżu gotowanym zależnie od czasu chłodniczego przechowywania t_p po ugotowaniu

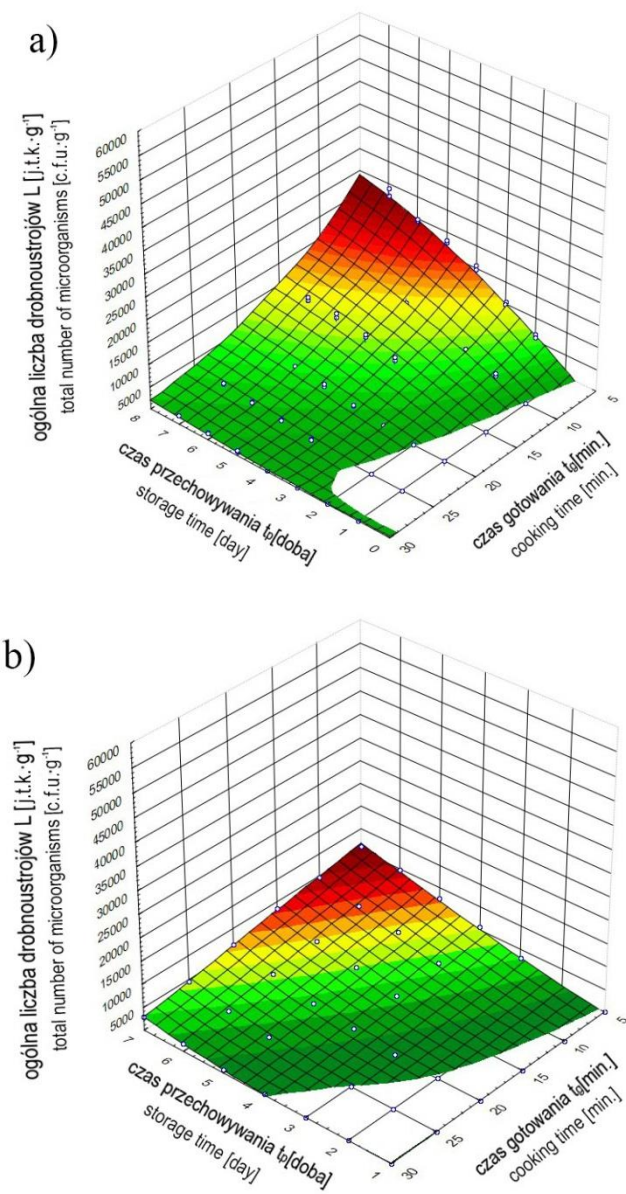
Table 1. The regression equations of the total microorganisms numbers $L(t_p)$ in cooked rice depend on the refrigerating storage time t_p after cooking

Czas gotowania Cooking time [min]	Równanie regresji $L(t_p) = a \ln(t_p) + b$											
	parboiled						biały długoziarnisty/ white long grain					
	woda/ water			para wodna/ water vapor			woda/ water			para wodna/ water vapor		
	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²
5	11775,7	-1112,8	0,978	8589,3	-5929,2	0,990	22257,7	-1314,3	0,975	17099,0	-12329,0	0,969
10	6095,5	-573,6	0,976	7624,0	-6066,0	0,936	18770,7	-2824,8	0,973	13951,0	-9955,6	0,983
15	8521,2	-5907,4	0,973	9109,7	-10003,0	0,956	24878,8	-19241,0	0,969	12473,0	-8706,2	0,998
20	3541,2	-2664,9	0,969	7066,6	-7971,2	0,919	18140,7	-19755,7	0,982	15361,0	-15321,0	0,945
25	3271,5	-3674,5	0,968	7406,3	-10355,0	0,944	7485,4	-8715,2	0,950	14029,0	-13796,0	0,931
30	3262,8	-4317,4	0,968	4937,0	-7003,2	0,934	3196,1	-3466,4	0,955	13714,0	-13782,0	0,945

Dopasowane równania regresji, charakteryzujące wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów w badanych próbach podczas przechowywania chłodniczego, cechują się wysokimi wartościami współczynnika korelacji (tab. 1).

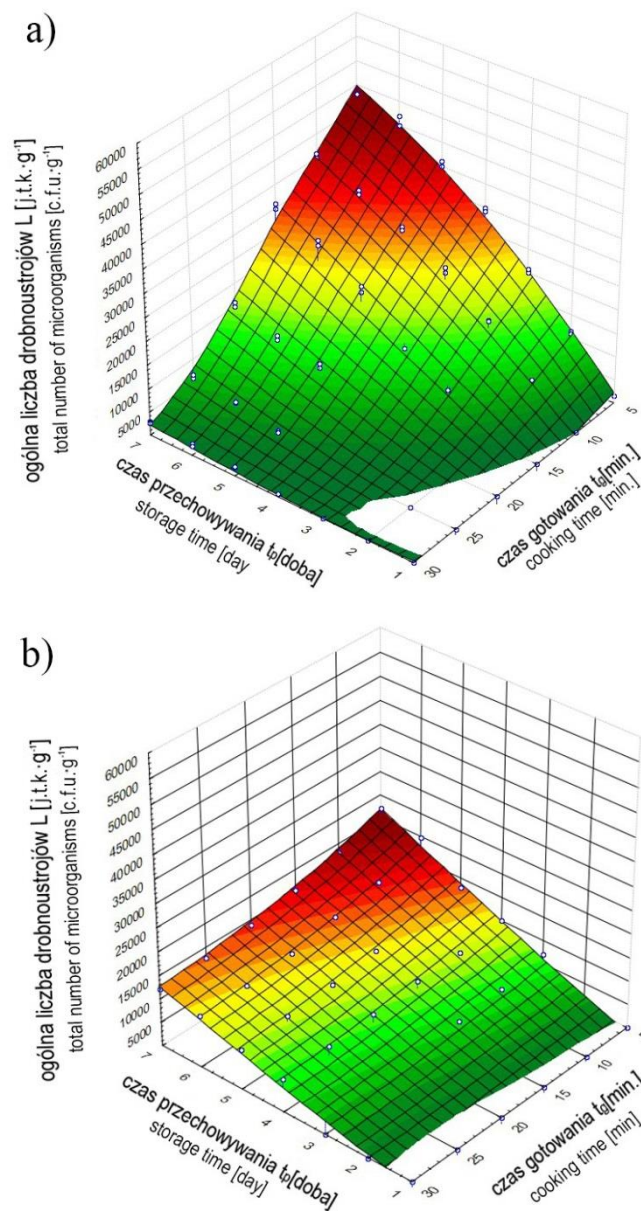
Dwuczynnikowa analiza wariancji ANOVA wyników badań wykazała istotny wpływ czasu gotowania ziaren i czasu ich przechowywania chłodniczego na ogólną liczbę drobnoustrojów w próbach obu badanych rodzajów ryżu.

Do scharakteryzowania istotności różnic pomiędzy poszczególnymi podklasami wykorzystano warstwowe wykresy użyteczności zestawiające podklasy nieistotnie statystycznie (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Ogólna liczba drobnoustrojów w czasie przechowywania chłodniczego ziaren ryżu parboiled gotowanych w zróżnicowanych warunkach (a – woda, b – para wodna)

Fig. 5. The total number of microorganisms during refrigerating storage of parboiled rice grains cooked in different conditions (a – water, b – water vapour)



Rys. 6. Ogólna liczba drobnoustrojów w czasie przechowywania chłodniczego ziaren ryżu białego długoziarnistego gotowanych w zróżnicowanych warunkach (a – woda, b – para wodna)

Fig. 6. The total number of microorganisms during refrigerating storage of white long grain rice grains cooked in different conditions (a – water, b – water vapour)

WNIOSKI

1. Ryż parboiled wykazuje mniejszą podatność na rozwój drobnoustrojów niż ryż biały długoziarnisty. Jest to efektem procesu parboilizacji i kwalifikowania do niej odpowiednich odmian ryżu.

2. Intensywny wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów w przechowywanym chłodniczo ryżu białym długoziarnistym gotowanym 5 i 10 minut świadczy o mniejszym stopniu inaktywacji bytujących na nim drobnoustrojów, połączonej z uaktywnianiem uśpionych sporów wegetatywnych, których zsumowana ilość jest większa niż w przypadku ryżu parboiled.

3. Wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów zarówno w przechowywanym ryżu parboiled, jak i w białym długoziarnistym ma charakter logarytmiczny.

PIŚMIENNICTWO

- Das, T., Subramanian, R., Chakkaravarthi, A., Singh, V., Ali, S.Z., Bordoloi, P.K. (2001). Energy conservation in domestic rice cooking. *J. Food Engineer.*, 75, 156–166.
- Fellows, P.J. (2000). *Food processing technology: principles and practice*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, CRC Press, Boca Raton–Boston–New York–Washington, DC, 387–451.
- Krala, L., Mokrosińska, K. (1996). Transport chłodniczy oraz przechowywanie owoców i warzyw w kontrolowanej i modyfikowanej atmosferze. *Przem. Spoż.*, 50(5), 26–30.
- Krala, L., Witkowska, M. (2002). Niektóre aspekty chłodniczego przechowywania warzyw w kontrolowanej atmosferze. *Chłodnictwo*, 37(12), 35–39.
- Lakshmi, S., Chakkaravarthi, A., Subramanian, R., Singh, V. (2007). Energy consumption in microwave cooking of rice and its comparison with other domestic appliances. *J. Food Eng.*, 78(2), 715–722.
- Lima, I., Singh, R.P. (1993). Objective measurement of retrogradation in cooked rice during storage. *J. Food Quality*, 16(5), 321–337.
- Mitsuda, H., Nakajima, K. (1977). Storage of cooked rice. *J. Food Sci.*, 42(6), 1439–1443.
- Mohorič, A., Vergeldt, F., Gerkema, E., Jagera, A., Duynhoven, J., Dalen, G., As, H. (2004). Magnetic resonance imaging of single rice kernels during cooking. *J. Magn. Reson.*, 171, 157–162.
- PN-EN ISO 4833-1:2013-12. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Część 1. Oznaczanie liczby metodą posiewu zalewowego w temperaturze 30 stopni C.
- PN-EN ISO 4833-2:2013-12. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Część 2. Oznaczanie liczby metodą posiewu powierzchniowego w temperaturze 30 stopni C.
- PN-EN ISO 6887-1:2000. Mikrobiologia żywności i pasz. Przygotowanie próbek, zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych do badań mikrobiologicznych. Ogólne zasady przygotowania zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych.
- Rahman, M.S. (1999). *Handbook of food preservation*. Marcel Dekker, Boca Raton–London–New York.
- Sowbhagya, C.M., Ali, S.Z. (1991). Effect of presoaking on cooking time and texture of raw and parboiled rice. *J. Food Sci. Technol.*, 28, 76–80.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C. (2007). Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. *Food Chem.*, 105, 491–497.

STORAGE OF COOKED RICE. A MICROBIOLOGICAL ASPECT

Abstract. The aim of the study was a general analysis of the multiplication process of pathogens in refrigerated stored cooked rice which can be heated and prepared for everyday consumption. Grains of rice (parboiled and white long grain) were boiled (for 5–30 minutes) using two methods, either immersion in water or in steam at atmospheric pressure, then trials were stored at 3°C (a home refrigeration appliance) for 7 days. During the storage time the total number of microorganisms in the mass trials was determined daily. White long grain rice showed greater susceptibility to microorganism expansion.

Key words: total number of microorganisms, cooked rice, refrigerating storage