

ANTONI MIECZNIKOWSKI, ANDRZEJ LENART

CHARAKTERYSTYKA PREPARATÓW BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ UTRWALONYCH METODĄ SUSZENIA FLUIDYZACYJNEGO

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu składu, właściwości fizycznych nośników oraz rozmiarów granulki biopreparatów bakterii fermentacji mlekowej z gatunku *Lactobacillus plantarum* na przeżywalność komórek bakterii w czasie suszenia fluidyzacyjnego i przechowywania w warunkach chłodniczych.

Biopreparaty przygotowywano przy zastosowaniu następujących nośników: rozpuszczalnej skrobi ziemniaczanej, sacharozy, glukozy i laktozy. Jako substancję ochronną stosowano betainę. Wilgotne preparaty granulowano przy zastosowaniu sit o wymiarach bocznych otworków: początkowo 1,25 mm, a w drugim etapie pracy: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 i 2,5 mm. Preparaty suszono w laboratoryjnej suszarce fluidyzacyjnej, w temperaturze nie przekraczającej 35 °C.

Stwierdzono, że skład i wzajemne proporcje nośników zastosowanych do wytwarzania preparatów bakterii wpłynęły w sposób istotny na przeżywalność komórek w czasie suszenia. Suszenie fluidyzacyjne umożliwiło uzyskanie przeżywalności bakterii *Lactobacillus plantarum* C na poziomie 65 %, jednak aktywność biologiczna badanych preparatów malała i po 12 miesiącach przechowywania w temperaturze 8 °C wynosiła, we wszystkich grupach preparatów, poniżej 10 % w stosunku do wartości początkowej.

Słowa kluczowe: bakterie fermentacji mlekowej, suszenie fluidyzacyjne bakterii, przeżywalność bakterii

Wprowadzenie

Szybki rozwój przetwórstwa żywności stwarza coraz większe zapotrzebowanie na biopreparaty w postaci stałej, zapewniającej ich wysoką funkcjonalność, trwałość i powtarzalną jakość [7, 14, 15]. Dobór szczepów wykorzystywanych jako składniki biopreparatów oraz metod ich utrwalania musi być prowadzony w sposób ciągły, ponieważ uzyskiwane drogą selekcji szczepy bakterii charakteryzują się często ograni-

Dr inż. A. Miecznikowski, Zakład Technologii Fermentacji, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, 02-532 Warszawa ul. Rakowiecka 36, prof. dr hab. A. Lenart, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-776 Warszawa ul. Nowoursynowska 159 C

czoną stabilnością cech użytkowych, zanikających w trakcie wielokrotnego namnażania prowadzonego w procesach produkcyjnych [4].

Kończącym procesem wytwarzania preparatów w postaci stałej jest suszenie, które w znacznym stopniu może wpływać na aktywność biologiczną otrzymywanego produktu oraz niektóre jego właściwości. Celem suszenia biomasy mikroorganizmów jest wprowadzenie komórek w stan anabiozy – okresowego, odwracalnego zahamowania funkcji życiowych, które realizowane są z szybkością bliską zeru, a zaistnienie sprzyjających ku temu warunków powoduje rozpoczęcie procesów życiowych z normalną intensywnością [5, 12].

Wegetatywne formy mikroorganizmów charakteryzują się małą termostabilnością, co przejawia się dużą szybkością obumierania komórek i utratą aktywności związanej z dehydratacją termiczną w zakresie temperatury 40 - 60 °C [11]. Mechanizm śmierci komórek bakterii fermentacji mlekowej, podczas ich suszenia i przechowywania w stanie wysuszonym, nie jest jeszcze w pełni poznany, a prowadzone w tym zakresie badania wciąż ujawniają nowe aspekty tego zagadnienia. Anabioza spowodowana odwodnieniem komórek wywołuje w części populacji efekt letalny, którego przyczyną może być naruszenie błony komórkowej, jej destrukcja lub deformacja, jak i denaturacja białka komórkowego [2, 3, 10].

Próby zapobieżenia zjawisku inaktywacji dehydratacyjnej obejmują głównie badania nad stosowaniem różnych substancji ochronnych zwiększających oporność drobnoustrojów na stres osmotyczny [6]. O ile w przypadku wielu substancji ochronnych mechanizm ich działania nie jest wyjaśniony, to w przypadku disacharydów (sacharoza, trehaloza) polega on na zastępowaniu cząsteczek wody związanej (usuwanej w czasie suszenia) w strukturach membran, dzięki czemu utrzymywana jest ich szczelność [16]. Ustalono, że przy zastosowaniu suszenia próżniowego oraz liofilizacji biomasy bakterii z gatunku *Lactobacillus plantarum* dodatek węglowodanów jest niezbędny [1]. Badania dotyczące specyficznych substancji umożliwiających przeżycie w warunkach niskiej temperatury, wysokiego ciśnienia i niedoboru substancji odżywczych w środowisku pozwoliły stwierdzić, że działaniem takim charakteryzuje się między innymi betaina i karnityna [13]. Badania dotyczące doboru metod suszenia oraz analizy parametrów cieplnych i technicznych tego procesu, a także określenia parametrów optymalnych dla danej grupy mikroorganizmów, w znacznym stopniu poszerzają wiedzę i możliwości aplikacyjne w zakresie wytwarzania preparatów kultur starterowych w postaci stałej, charakteryzujących się wysoką jakością.

Celem pracy było określenie wpływu składu, właściwości fizycznych nośników oraz rozmiarów granulek biopreparatów bakterii fermentacji mlekowej z gatunku *Lactobacillus plantarum* na przeżywalność komórek bakterii w czasie suszenia fluidyzacyjnego i przechowywania w warunkach chłodniczych.

Material i metody badań

Badany mikroorganizm: *Lactobacillus plantarum* C-KKP/788/p – szczep uzyskany metodą selekcji, spośród szczepów wyizolowanych z kiszonki wykonanej z runi łąkowej z dodatkiem lucerny; selekcji dokonano w Zakładzie Technologii Fermentacji Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie. Szczep ten charakteryzuje się zdolnością syntetyzowania zewnątrzkomórkowych enzymów amylolitycznych i celulolitycznych.

Biopreparaty badane w pracy przygotowywano przy zastosowaniu następujących składników, stanowiących nośniki biomasy bakterii: ziemniaczana skrobia rozpuszczalna, sacharoza, glukoza, laktoza. Jako substancję ochronną stosowano betainę. Skład badanych biopreparatów podano w tab. 1.

Tabela 1

Skład surowcowy i chemiczny preparatów użytych w doświadczeniach modelowych.
Ingredients and chemical composition of preparations used in model experiments.

Symbol	Skład nośnika Composition of carrier	Udział składników / Content of ingredients [%]						
		biomasa biomass	woda water	sacharoza sucrose	glukoza glucose	skrobia starch	laktoza lactose	betaina betaine
A	Sacharoza, glukoza, skrobia, laktoza Sucrose, glucose, lactose, starch	10	1,4	39,0	27,0	14,0	8,5	0,1
B	Sacharoza, skrobia Sucrose, starch	10	1,4	74,5	-	14,0	-	0,1
C	Glukoza, skrobia Glucose, starch	10	11,4	-	66,0	12,5	-	0,1
D	Laktoza, skrobia Lactose, starch	10	11,4	-	-	12,5	66,0	0,1
E	Skrobia Starch	10	11,3	-	-	79,6	-	0,1

Biopreparaty wykonywano w następujący sposób: najpierw mieszano nośniki w określonych proporcjach, następnie dodawano do nich biomasę bakterii wymieszaną z określoną ilością wody i substancji ochronnej, po czym dokładnie mieszano wszystkie składniki. W początkowym etapie pracy preparaty granulowano, przetłaczając je przez sito o otworach 1,25×1,25 mm (preparaty o różnych składach), potem stosowano

sita o różnych wymiarach bocznych otworów: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 oraz 2,5 mm (preparaty o identycznym składzie surowcowym).

Biopreparaty suszono metodą fluidyzacji, w laboratoryjnej dwukomorowej suszarce fluidyzacyjnej, przy takich samych parametrach procesu oraz w zbliżonych warunkach zewnętrznych. Pomiary wykonywano co 5 min. W trakcie procesu suszenia temperatura powietrza w złożu obniżała się początkowo do wartości minimalnej, a w miarę przebiegu procesu dążyła asymptotycznie do wartości zadanej 35 °C. Każde doświadczenie wykonywano w trzech powtórzeniach, susząc preparat jednocześnie w dwóch równoległych komorach suszarni. Wszystkie procesy suszenia prowadzono przez 25 min.

W ocenie biopreparatów stosowano następujące metody pomiarowe:

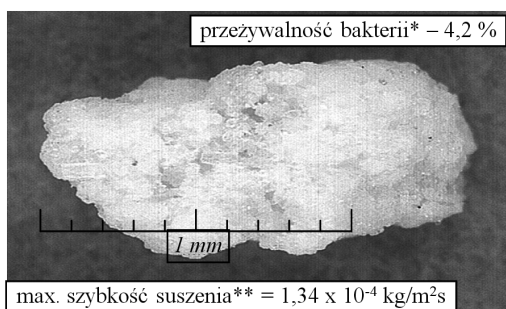
- Oznaczanie liczby bakterii fermentacji mlekowej metodą płytkową, na podłożu stałym – MRS z dodatkiem purpury bromokrezolowej. Liczbę bakterii wyrażano w jtk/g w biomase bakterii, w suchym preparacie – bezpośrednio po suszeniu oraz po 3, 6, 9 i 12 miesiącach przechowywania w temp. 8 °C.
- Średnią masę granulki biopreparatu m_{cs} określano jako stosunek masy reprezentatywnej próbki granulatu (liczebność próbki – minimum 500 granulek; ważenie z dokładnością $\pm 0,001$ g) do liczby granulek w próbce. Oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.
- Wyznaczanie gęstości granulki biopreparatu wykonywano korzystając z zależności: $\rho_p = m_{cs}/V_{cs}$, gdzie V_{cs} to średnia objętość granulki preparatu wyliczana z zależności: $V_{cs} = (\pi \cdot d_z^3)/6$ na podstawie średnicy zastępczej, wyznaczonej przy użyciu aparatu AWK 3D firmy Kamika Instruments.
- Przeżywalność bakterii określano jako stosunek $(A/A_0) \cdot k \cdot 100\%$, gdzie: A – liczba bakterii w jtk/g wysuszonego biopreparatu, A_0 – liczba bakterii w jtk/g wilgotnego biopreparatu, k – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zmianę rozcieńczenia biomasy na skutek ubytku wilgoci w czasie suszenia, definiowany jako stosunek zawartości s.s. w wilgotnym biopreparacie do zawartości s.s. w wysuszonym biopreparacie.
- Współczynnik śmiertelności komórek bakterii w czasie przechowywania wyznaczano z zależności: $(A_{x-1} - A_x)/A_{x-1}$, gdzie A_{x-1} i A_x – liczba bakterii w jtk/g w kolejnych oznaczeniach, a τ to czas pomiędzy kolejnymi oznaczeniami wyrażany w miesiącach.
- Powiększone obrazy granulek biopreparatów uzyskiwano przy zastosowaniu skanera o rozdzielczości 4800 dpi oraz sprzętu komputerowego Macintosh (powiększenie około 100x).
- Pomiary prędkości przepływu powietrza V_g w pustym aparacie wykonywano za pomocą anemometru.

Do weryfikacji statystycznej zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), w której szacowano istotność różnic przeżywalności bakterii w zależności od maksymalnej szybkości suszenia. Weryfikację wykonywano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W pierwszym etapie pracy wykonano doświadczenia modelowe w celu oceny wpływu zmian składu surowcowego biopreparatów granulowanych przy zastosowaniu sit o takich samych wymiarach otworów (1,25 mm × 1,25 mm) na ich parametry fizyczne, dynamikę procesu suszenia i przeżywalność bakterii w procesie suszenia fluidyzacyjnego. Na podstawie uzyskanych wyników, dotyczących zmian wilgotności preparatów, wyznaczono krzywe suszenia oraz krzywe szybkości suszenia i określono maksymalne szybkości suszenia dla danego procesu. Oznaczono również przeżywalność komórek bakterii i dokonano próby powiązania jej z maksymalną szybkością suszenia oraz składem surowcowym nośników. W tym celu analizowano powiększone obrazy granulek uzyskane metodą skanowania. Skanowano wszystkie granulki z wybranych losowo próbek granulatów (każda próbka zawierała około 20 granulek), po czym wybierano skany o najlepszej jakości obrazu, czyli takie, które w największym stopniu umożliwiały analizę obrazów powierzchni granulek. Uzyskane obrazy wraz ze stwierdzoną przeżywalnością bakterii oraz maksymalną dla danego procesu szybkością suszenia przedstawiono na rys. od 1 do 5. Analizy obrazów dokonywano na podstawie optycznej oceny stopnia rozwinięcia powierzchni granulek badanych preparatów. Kolejność przedstawionych rysunków ustalono według wyznaczonej wcześniej maksymalnej prędkości suszenia poszczególnych biopreparatów. Granulaty, w których oznaczono mniejszą przeżywalność komórek bakterii: 4,2, 16,0 i 28,4 % (rys. 1, 2 i 3), cechowała mniej rozbudowana struktura powierzchni w porównaniu z granulatami, w których stwierdzono stosunkowo wysoką przeżywalność bakterii – 58,0 i 44,0 % i rozbudowaną strukturę powierzchni (rys. 4 i 5). Obliczone maksymalne szybkości suszenia biopreparatów, odniesione do jednostki powierzchni granulek, malały ze wzrostem ocenianej wizualnie powierzchni granulek. W literaturze brak jest danych dotyczących związku pomiędzy strukturą powierzchni granulek, wynikającą z ich składu surowcowego, a szybkością suszenia i przeżywalnością bakterii stanowiących składnik czynny biopreparatów. Jednak wiadomo, że np. w procesach aglomeracji nawilżeniowej mieszanin zawierających serwatkę, glukozę i izolaty sojowe powstają aglomeraty, których takie parametry, jak: powierzchnia projekcyjna, obwód projekcji, objętość, współczynnik wydłużenia i współczynnik kształtu, zależą zarówno od zastosowanej metody aglomeracji, jak i od składu surowcowego [8, 9]. Parametry granulatów związane z kształtem cząstek mają wpływ na powierzchnię właściwą granulek, a więc również na szybkość suszenia. Nie można zatem wykluczyć związku pomiędzy

składem surowcowym granulatów i szybkością suszenia a przeżywalnością bakterii. Biopreparat A stanowił materiał do dalszych badań, ponieważ w tym wariacie uzyskano największą przeżywalność komórek bakterii.

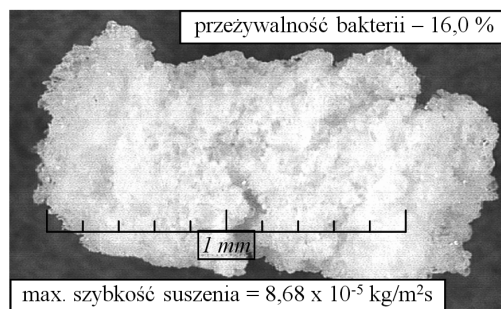


* survivability of bacteria

** maximum drying rate

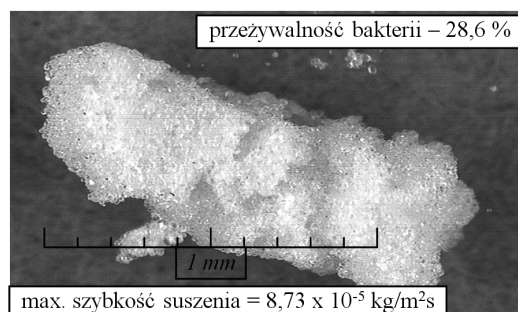
Rys. 1. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była glukoza i skrobia. Biopreparat C.

Fig. 1. Image of granule of dried bio-preparation, where glucose and starch were carriers. Bio-preparation C.



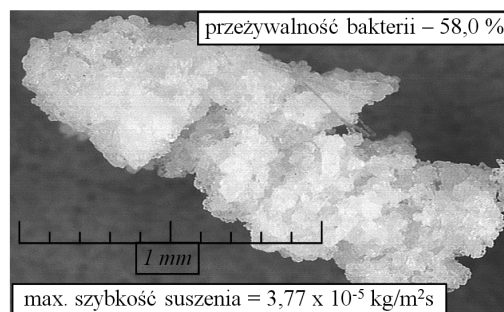
Rys. 2. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była laktoza i skrobia. Biopreparat D.

Fig. 2. Image of granule of dried bio-preparation, where lactose and starch were carriers. Bio-preparation D.



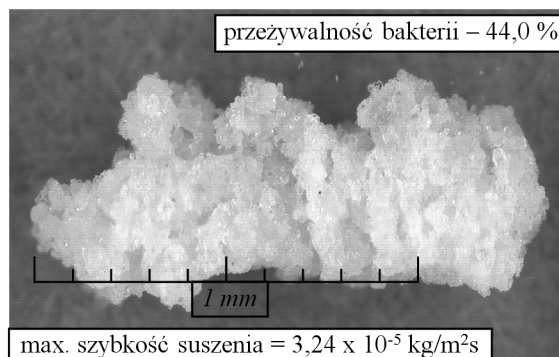
Rys. 3. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym jedynym nośnikiem była skrobia. Biopreparat E.

Fig. 3. Image of granule of dried bio-preparation, where starch were carriers. Bio-preparation E.



Rys. 4. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była sacharoza, glukoza, laktoza i skrobia. Biopreparat A.

Fig. 4. Image of granule of dried bio-preparation, where sucrose, glucose, lactose, and starch were carriers. Bio-preparation A.



Rys. 5. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była sacharoza i skrobia.
Biopreparat B.

Fig. 5. Image of granule of dried bio-preparation, where sucrose and starch were carriers.
Bio-preparation B.

W następnym etapie biopreparaty otrzymano przy użyciu sit o następujących wymiarach bocznych otworów: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 oraz 2,5 mm. Były to preparaty o składzie nośników oznaczonych symbolem A (tab. 1). Badaniom poddawano biopreparaty o identycznym składzie surowcowym i początkowej zawartości wilgoci (około 9,5 %). W tab. 2. podano charakterystyczne parametry granulowanych biopreparatów oraz wybrane warunki procesu suszenia.

Średnia masa granulki związana jest z wielkością otworów sit granulatora, a ich wzrost powoduje również zwiększenie wartości tego parametru. Natomiast zmniejszenie gęstości granulek ze wzrostem ich wielkości związane jest z metodą granulowania. Takie zjawisko ma uzasadnienie, ponieważ do przetłaczania wilgotnego preparatu przez sita w trakcie granulowania potrzebna jest siła nacisku rosnąca wraz ze zmniejszaniem się otworów sit. Stwierdzono zwiększenie maksymalnych wartości szybkości suszenia preparatów wraz ze wzrostem wymiarów granulek. Takie zjawisko powiązać można ze stwierdzonym zmniejszeniem gęstości granulek wraz ze zwiększeniem ich wymiarów. W przebadanym zakresie parametrów geometrycznych biopreparatów zaobserwowano również zwiększenie przeżywalności bakterii wraz ze wzrostem rozmiarów granulek i maksymalnych szybkości suszenia (tab. 2).

Stwierdzono, że w przypadku trzech największych wymiarów granulatów nie występują różnice statystyczne pod względem przeżywalności bakterii. Różnice te dotyczą mniejszych wymiarów granulek. Stąd też wnioskowanie o związku przeżywalności z szybkością suszenia (wymiarami granulek) ma pewne uzasadnienie. Nie jest to wprawdzie pełna korelacja, ale na podstawie otrzymanych wyników można wnioskować, że w określonym zakresie szybkości suszenia (w warunkach przeprowadzonego

eksperymentu powyżej $3,7 \cdot 10^{-5}$ kg/m²·s) przeżywalność badanego szczepu bakterii jest duża.

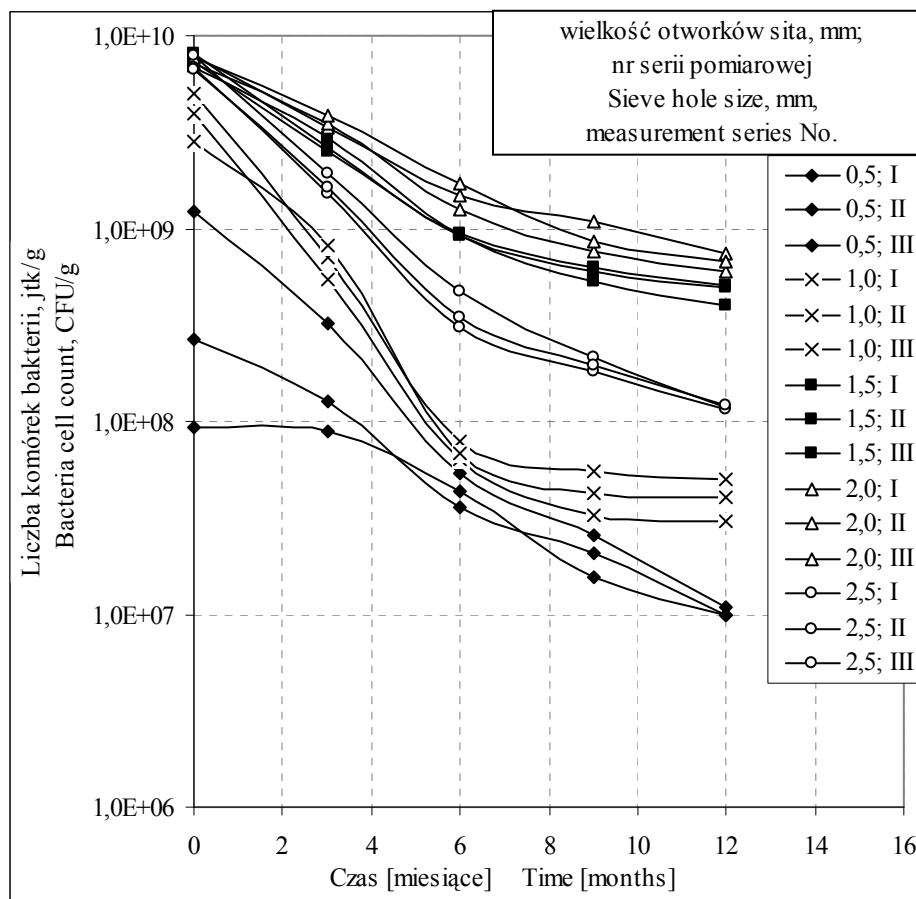
Tabela 2

Parametry fizyczne biopreparatów, warunki suszenia oraz przeżywalność komórek bakterii w biopreparatach suszonych w laboratoryjnej suszarce fluidyzacyjnej.

Physical parameters of bio-preparations, drying conditions, and survivability of bacteria in bio-preparations dried in a laboratory fluidized bed dryer.

Rozmiar otworków sita granuladora Size of sieve holes in granulator, mm	Średnia masa granulki Mean weight of granule m_{cs} , kg	Średnia gęstość granulki Mean density of granule ρ_p , kg/m ³	Prędkość powietrza w pustym aparacie, Air flow velocity (in empty apparatus) V_g , m/s	Maksymalna szybkość suszenia Maximum drying rate, kg/m ² s	Przeżywalność komórek bakterii Survivability of bacterial cells, %
0,5	$2,619 \cdot 10^{-7}$	1434	1,2	$1,96 \cdot 10^{-5}$	2,3
				$1,83 \cdot 10^{-5}$	0,8
				$1,67 \cdot 10^{-5}$	10,6
1,0	$1,132 \cdot 10^{-6}$	1368	1,8	$2,42 \cdot 10^{-5}$	33,8
				$2,74 \cdot 10^{-5}$	42,8
				$2,44 \cdot 10^{-5}$	24,4
1,5	$2,302 \cdot 10^{-6}$	1360	2,7	$3,51 \cdot 10^{-5}$	58,7
				$3,71 \cdot 10^{-5}$	68,7
				$3,22 \cdot 10^{-5}$	63,1
2,0	$5,472 \cdot 10^{-6}$	1093	3,1	$4,24 \cdot 10^{-5}$	67,6
				$3,97 \cdot 10^{-5}$	61,8
				$3,87 \cdot 10^{-5}$	66,3
2,5	$1,121 \cdot 10^{-5}$	846	3,5	$4,11 \cdot 10^{-5}$	67,1
				$4,78 \cdot 10^{-5}$	58,2
				$4,35 \cdot 10^{-5}$	56,8

Wyniki dotyczące aktywności biologicznej biopreparatów w trakcie przechowywania przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Porównanie aktywności biologicznej preparatów w czasie przechowywania.

Fig. 6. Comparison of biological activity of preparations during storage.

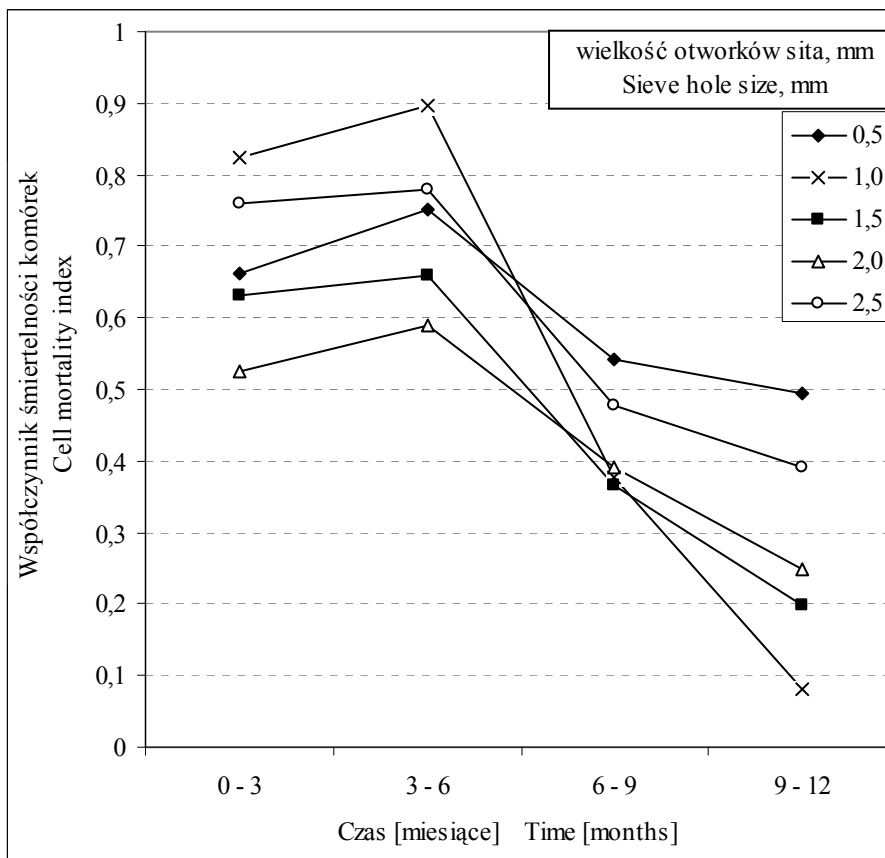
We wszystkich przechowywanych próbkach stwierdzono znaczne obniżenie aktywności biologicznej, różne dla poszczególnych grup wymiarów preparatów. Najintensywniejsze zmniejszenie aktywności następowało w czasie początkowych trzech miesięcy przechowywania. Największą przeżywalnością w tym okresie, w stosunku do biopreparatu badanego zaraz po suszeniu, wynoszącą 56,3 %, charakteryzował się preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 2 mm, najmniejszą – wynoszącą 24,1 % – preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 2,5 mm. Najwyższą aktywność biologiczną po 12 miesiącach przechowywania oznaczono w preparatach wykonanych z zastosowaniem sit o otworach 2,0 mm i 1,5 mm. Najniższą aktywnością charakteryzowały się w tym przypadku preparaty o najmniejszych oraz największych wymiarach granulek. Określono też średnią przeżywalność bakterii w całym okresie przechowy-

wania ze wszystkich serii pomiarowych, w biopreparatach o określonej granulacji, liczone jako stosunek liczby jtk/g preparatu po 12 miesiącach przechowywania do liczby jtk/g preparatu bezpośrednio po zakończeniu procesu suszenia. Przeżywalność ta w preparatach wykonanych przy użyciu sit o wymiarach oczek: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 i 2,5 mm osiągała odpowiednio następujące wartości: 5,09, 1,06, 6,36, 8,91 i 1,70 %.

Na podstawie wyników posiewów w trakcie przechowywania preparatów obliczono względne średnie szybkości obumierania komórek, przy uwzględnieniu trzymiesięcznych przedziałów czasowych, związanych z cyklem pomiarowym w trakcie przechowywania preparatów (rys. 7).

Stwierdzono zwiększenie względnej szybkości obumierania komórek w okresie od 3. do 6. miesiąca przechowywania, a następnie jej zmniejszanie do 12. miesiąca przechowywania biopreparatów. Najwyższym współczynnikiem śmiertelności komórek w okresie trzech miesięcy przechowywania charakteryzował się preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 1,0 mm. Najmniejszą wartość tego parametru w całym okresie przechowywania stwierdzono w preparacie sporządzonym z zastosowaniem sit o otworach 2,0 mm.

Z przedstawionych danych wynika, że największą przeżywalnością, zarówno w procesie suszenia, jak i w odniesieniu do całego dwunastomiesięcznego okresu przechowywania w warunkach chłodniczych, charakteryzowały się preparaty wykonane przy użyciu sit o otworach 1,5 oraz 2,0 mm. Względnie wyższa liczba bakterii [jtk/g] w tych preparatach (rys. 6), po zakończeniu całego okresu przechowywania, była wynikiem znacznie wyższej liczby bakterii [jtk/g] w momencie rozpoczęcia doświadczenia. Stosunkowo duża przeżywalność komórek bakterii, uzyskana w najlepszym wariantcie procesu suszenia, nie determinuje zatem wysokiej przeżywalności w czasie przechowywania. Brak takiej zależności spowodowany jest prawdopodobnie złym stanem fizjologicznym komórek bakterii w wysuszonych preparatach. Większość z komórek, które zdołały przeżyć proces suszenia w środowisku sacharydów użytych jako nośniki, jest na tyle osłabiona, że już po pierwszych trzech miesiącach przechowywania ich śmiertelność przekracza 50 %. Oznacza to, że sama przeżywalność komórek bakterii w procesie technologicznym wytwarzania suszonych preparatów nie jest wystarczającym kryterium oceny w trakcie optymalizacji tego procesu. Zasadnicze znaczenie mają również kryteria związane z oceną stanu fizjologicznego komórek. Prowadzone w tym zakresie badania muszą obejmować także metody zmniejszenia termo- i osmolabilności komórek, począwszy od momentu przygotowywania biomasy do suszenia, poprzez dobór nośników oraz sposoby ich łączenia z biomasą, po określenie optymalnych warunków procesu suszenia i przechowywania.



Rys. 7. Zmiany względnej szybkości obumierania komórek bakterii w czasie przechowywania preparatów.

Fig. 7. Changes in relative mortality rate of bacterial cells during storage.

Wnioski

1. Skład i wzajemne proporcje nośników zastosowanych do wytwarzania preparatów bakterii wpływają w sposób istotny na przeżywalność komórek w czasie suszenia fluidyzacyjnego. Spośród przebadanych składów surowcowych za najkorzystniejszy uznano następujący: biomasa, woda, skrobia rozpuszczalna, sacharoza, glukoza, laktoza, betaina, w następujących proporcjach: 9,9 : 1,5 : 14 : 39 : 27 : 8,5 : 0,1.
2. Wymiary granulek preparatów o identycznych składach wpływają na maksymalną szybkość suszenia fluidyzacyjnego występującą w trakcie procesu, powodując zwiększenie tej szybkości ze wzrostem wymiarów granulek i mogą być skorelowane z przeżywalnością drobnoustrojów w procesie suszenia.

3. Suszenie fluidyzacyjne umożliwia uzyskanie przeżywalności bakterii *Lactobacillus plantarum* C rzędu 65 %, jednak aktywność biologiczna badanych preparatów szybko maleje (w najkorzystniejszym wariancie po trzech miesiącach przechowywania wynosiła 56,3 %), by po 12 miesiącach przechowywania osiągnąć we wszystkich grupach preparatów poniżej 10 % w stosunku do wartości początkowej.

Literatura

- [1] Augustynowicz J., Szaraniec B., Kaszycki P.: Wpływ trehalozy na procesy stabilizacji biocenozy biopreparatu przeznaczonego do degradacji związków ropopochodnych. Acta Sci. Pol. Biotechnol., 2004, **3** (1-2), 3-12.
- [2] Bayrock D., Ingledew W.M.: Mechanism of viability loss during fluidized bed drying of baker's yeast. Food Res. Int., 1997, **30**, **6**, 417-425.
- [3] Beney L., Geravis P.: Influence of the fluidity of the membrane on the response of microorganisms to environmental stress. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2001, **57**, 34-42.
- [4] Bednarski W.: Wybrane aspekty utrwalania oraz przechowywania szczepów drobnoustrojów przemysłowych. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 1990, **3**, 13-15.
- [5] Bednarski W., Rejs A.: Biotechnologia żywności. – pod red. W. Bednarskiego i A. Rejsa. WNT, Warszawa 2003.
- [6] Cardona T.D., Driscoll J.L., Paterson G.S., Srzednicki G.S., Kim W.S.: Optimizing conditions for heat pump dehydration of lactic acid bacteria. Dry. Technol., 2002, **20**, **8**, 1611-1632.
- [7] Gardiner G.E., O'Sullivan E., Kelly J., Auty M.A.E., Fitzgerald G.F., Collins J.K., Ross R.P., Stanton C.: Comparative survival rates human-derived probiotic *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus salivarius* strains during heat treatment and spray drying. Appl. Environ. Microbiol., 2000, **66**, 2605-2612.
- [8] Janowicz M., Domian E., Kowalska H., Lenart A.: Wpływ aglomeracji w złożu fluidalnym na kształt cząstek wybranych proszków spożywczych. Inż. Rol., 2006, **3**, **78**, 45-54.
- [9] Janowicz M., Domian E., Kowalska H., Lenart A.: Wpływ aglomeracji i składu surowcowego na właściwości projekcyjne cząstek mieszanin proszków spożywczych. Inż. Rol., 2006, **7**, **82**, 231-239.
- [10] Mille Y., Beney L., Gervais P.: Magnitude and kinetics of re-hydration influence the viability of dehydrated *E. coli* K-12. Biotechnol. Bioeng., 2003, **83**, 578-582.
- [11] Morozov I.I., Petin G.V.: About the characters of thermo-protection in influence of osmolites on bacteria. Tsitologiya. 2008, **50**, **2**, 182-186.
- [12] Nicklin J., Graeme-Cook K., Killington R.: Mikrobiologia. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004.
- [13] Turkiewicz M.: Drobnoustroje psychrofilne i ich biotechnologiczny potencjał. Kosmos. Probl. Nauk Biol. 2006, **55**, **4**, 307-320.
- [14] Tymczyszyn E.E., Gómez-Zawaglia A., Disalvo E.A.: Effect of sugars and growth media on the dehydration of *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. J. Appl. Microbiol., 2007, **102**, **3**, 845-851.
- [15] Witrowa-Rajchert D.: Współczesne tendencje w suszarnictwie żywności. Cz. I. Przem. Spoż., 2000, **12**, 10-12, 29-30.
- [16] Witrowa-Rajchert D., Samborska K.: Metody suszenia mikroorganizmów i produktów syntezy mikrobiologicznej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2002, **2** (31), 5-15.

**PROFILE OF LACTIC ACID FERMENTING BACTERIAL PREPARATIONS STABILIZED
USING FLUIDIZED BED DRYING**

S u m m a r y

The objective of the study was to determine the impact of composition, physical properties of carriers, and sizes of granules of lactic acid fermenting bacterial bio-preparations from *Lactobacillus plantarum* sp. on the survivability of bacterial cells during the fluidized bed drying and storage under the refrigeration conditions.

The bio-preparations were prepared with the use of the following carriers: soluble potato starch, saccharose, glucose, and lactose. The betaine was applied as a protective substance. The wet preparations were granulated using sieves having side holes sizes as follows: initially 1.25 mm, and at the second stage of analysis: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 mm. The preparations were dried in a laboratory fluidized bed dryer, at a temperature not exceeding 35 °C.

It was found that the survivability of the cells during drying was significantly impacted by the composition and the mutual ratios of the carriers used to produce bacterial preparations.

The fluidized bed drying makes it possible to achieve a level of 65 % of the survivability of *Lactobacillus plantarum* C bacteria; however, the biological activity of the preparations analysed decreased, and 12 months after the storage at a temperature of 8 °C, it was below 10 % in all groups of preparations compared to the initial value.

Key words: lactic acid fermenting bacteria, fluidized bed drying of bacteria, survivability of bacteria ☒