

BARBARA SIONEK, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA,
DANUTA JAWORSKA, MAŁGORZATA BŁAŻEJCZYK

ZASTOSOWANIE BAKTERII KWASU MLEKOWEGO DO PRODUKCJI PROBIOTYCZNEGO SOKU WARZYWNEGO

Streszczenie

Celem pracy było zaprojektowanie i wytworzenie probiotycznego soku warzywnego o właściwej jakości mikrobiologicznej i sensorycznej. Użyto pięciu potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii z gatunku *Lactobacillus*, tj. *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus* (2 szczepy), *Lb. brevis* i *Lb. pentosus* do przeprowadzenia kontrolowanej fermentacji soku z kapusty oraz soku z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego. W ocenie sensorycznej najwyżej oceniono sok fermentowany szczepem *Lb. plantarum* K1. Przez cały okres przechowywania liczba komórek bakterii utrzymywała się na poziomie $8,76 \div 9,17 \log \text{ jtk/cm}^3$. W zależności od temperatury przechowywania wartość pH soków stopniowo zmniejszała się z 4,17 do poziomu $3,61 \div 3,34$. Po 16 dniach składowania nastąpiło obniżenie ogólnej jakości sensorycznej soków przechowywanych w temp. 4 i 8 °C, co mogło być spowodowane znacznym stopniem ich zakwaszenia. W sokach przechowywanych w temp. 15 °C po 8 dniach zaobserwowano obniżenie jakości ogólnej do poziomu poniżej 5 j.u. Potwierdzono możliwość zastosowania szczepu *Lb. plantarum* K1 do otrzymania fermentowanego soku z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego o zadowalającej jakości sensorycznej, zawierającego odpowiednio dużą (10^8 jtk/cm^3) liczbę komórek bakterii.

Słowa kluczowe: sok z kapusty, probiotyki, fermentacja, bakterie kwasu mlekowego, *Lactobacillus plantarum*

Wprowadzenie

Aspekt prozdrowotny zastosowania probiotyków w żywności wiąże się z pozytywnym oddziaływaniem na mikroflorę przewodu pokarmowego oraz z zapobieganiem chorobom i wpływem na system odpornościowy organizmu [8]. Tradycyjnym i podstawowym źródłem probiotyków są produkty mleczne. Coraz częściej odnotowuje się

Dr inż. B. Sionek, prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska, dr inż. D. Jaworska, mgr inż. M. Błażejczyk, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wdz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: barbara_sionek@sggw.pl

jednak przypadki nietolerancji laktozy i innych alergii pokarmowych, spowodowanych mlecznymi produktami fermentowanymi. Aktywność laktazy zmniejsza się z wiekiem, tym samym obniża się tolerancja na produkty mleczne, zwłaszcza mleko. Nietolerancja laktozy w populacji dorosłych zależy od grupy etnicznej i waha się w granicach 2 ÷ 30 % wśród osób rasy białej do prawie 100 % wśród osób pochodzenia azjatyckiego [5]. Ogranicza to spożycie mlecznych produktów probiotycznych. Uzasadnione jest więc poszukiwanie nowych wyrobów na bazie owoców i warzyw, które oprócz wartości odżywczej, będą cennym źródłem bakterii probiotycznych. Najczęściej do produkcji fermentowanych soków warzywnych stosuje się: pomidory, kapustę, marchew, ogórki i buraki ćwikłowe [9, 14, 16, 23].

Sok z kapusty stanowi bogate źródło witaminy C i mikroelementów [2, 10, 22]. Efektem spontanicznej fermentacji soku z kapusty jest produkt o zmiennej i trudnej do kontrolowania jakości sensorycznej, która zależy przede wszystkim od: substratu oraz naturalnie występujących bakterii, temperatury fermentacji i zawartości soli [15, 20]. Różnice w składzie mikroflory kapusty prowadzą do różnej jakości sensorycznej fermentowanego soku. W celu uzyskania wyrobu prozdrowotnego, o powtarzalnej jakości sensorycznej, kluczowe znaczenie ma dobór szczepów bakterii fermentacji mlekowej o potwierdzonych właściwościach probiotycznych [23]. Zastosowanie kultur startowych umożliwi prowadzenie procesu fermentacji w sposób kontrolowany i ogranicza procesy psucia. Syntetyzowane metabolity hamują wzrost niepożądanych drobnoustrojów, przez co wydłużony zostaje termin przydatności do spożycia takich produktów [8].

Celem pracy było zaprojektowanie i wytworzenie probiotycznego soku warzywnego fermentowanego szczepem bakterii potencjalnie probiotycznych, o właściwej jakości mikrobiologicznej i sensorycznej.

Material i metody badań

Material do badań stanowił sok z kapusty białej oraz sok z kapusty białej z dodatkiem pasteryzowanego soku jabłkowego (Tymbark S.A., Wadowice). Zastosowano kultury startowe szczepów potencjalnie probiotycznych bakterii kwasu mlekowego (LAB): *Lactobacillus plantarum* K1, *Lactobacillus rhamnosus* K3, *Lactobacillus rhamnosus* K4, *Lactobacillus brevis* O16, *Lactobacillus pentosus* O22. Szczepy rodzaju *Lactobacillus* wykazywały wybrane właściwości probiotyczne [24]. Pochodziły one z kolekcji Zakładu Higieny Żywności i Zarządzania Jakością SGGW w Warszawie, a zostały wyizolowane z kapusty lub ogórków, kiszonych metodą spontanicznej fermentacji [24]. Kultury bakterii z dodatkiem 20 % glicerolu były przechowywane w temp. -80 °C. Ożywienie hodowli bakterii kwasu mlekowego polegało na przeniesieniu odpowiedniej ilości zamrożonej hodowli do bulionu MRS (Merck, Niemcy) i poddaniu inkubacji (24 h w 37 °C). Następnie pobierano 1 cm³ hodowli, dodawano do 9 cm³ bulionu MRS i ponownie inkubowano 24 h w temp. 37 °C. Do soku dodawano

24-godzinną hodowlę bakterii potencjalnie probiotycznych, po uprzednim odwirowaniu bulionu i zastąpieniu go sokiem z kapusty. Liczba komórek w hodowli wyjściowej wynosiła 10^9 jtk/cm³.

Kapustę przechowywano w warunkach chłodniczych (4 °C) do czasu użycia. Sok z kapusty z dodatkiem 3 % sacharozy uzyskiwano w warunkach laboratoryjnych, a następnie poddawano pasteryzacji w temp. 90 °C przez 15 min w celu usunięcia bakterii występujących naturalnie. Otrzymany sok chłodzono do 40 °C i zaszczipiano hodowlą bakterii w ilości 1 cm³ na 99 cm³ soku. Liczba komórek wynosiła od 8,29 do 8,63 log jtk/g, w zależności od rodzaju szczepu. Następnie do fermentowanego soku z kapusty dodawano sok jabłkowy w proporcji 1 : 2.

W pierwszym etapie badań prowadzono dobór szczepu bakterii potencjalnie probiotycznych do fermentacji soku na podstawie jego oceny sensorycznej. Po zastosowaniu wybranego szczepu prowadzono ocenę jakości fermentowanego soku podczas przechowywania w różnych warunkach temperaturowych, również metodami sensorycznymi. Sok fermentowano przez 24 h w temp. 30 °C i przechowywano w temp. 4, 8 i 15 °C. Wyboru szczepu do badań zasadniczych dokonywano z zastosowaniem metody kolejności (szeregowania) [6] oraz skalowania [13]. Do określenia zmian jakości sensorycznej soku z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego podczas przechowywania zastosowano metodę Ilościowej Analizy Opisowej (QDA) [7, 12]. Każdorazowo w ocenie sensorycznej brało udział 23 - 30 osób przeszkolonych w zakresie metod stosowanych w analizie sensorycznej.

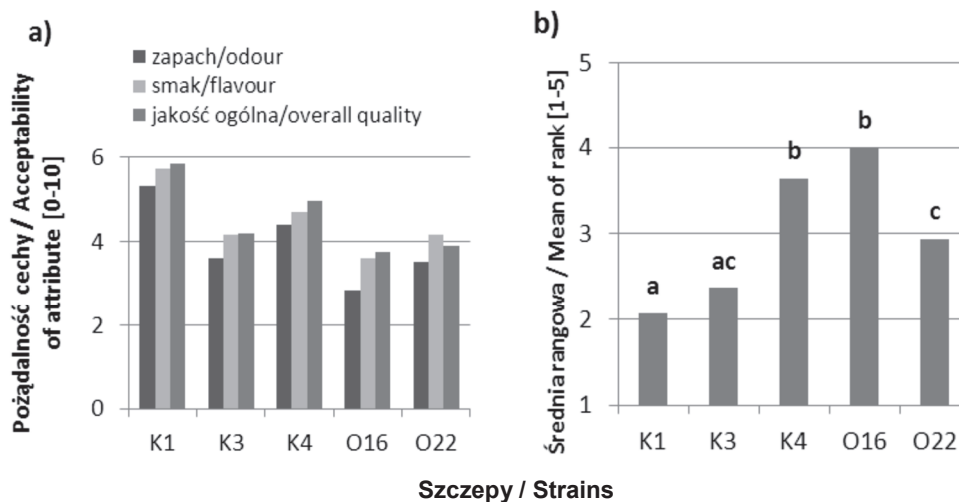
Liczbę komórek bakterii fermentacji mlekowej oznaczano metodą płytkową przez posiew wgłębny na podłożu wybiórczym MRS (Biokar Diagnostic, Francja), inkubację prowadzono w temp. 37 °C przez 48 h. Wyniki podano w jednostkach tworzących kolonie na 1 cm³ soku (jtk/cm³). Pomiaru pH dokonywano pH-metrem Elmetron CP551, z uwzględnieniem temperatury soku.

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programu komputerowego Statistica 10. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem dla prób zależnych t-Studenta. Do analizy ocen sensorycznych metodą szeregowania zastosowano test Friedmana i test dla prób zależnych t-Studenta. Przyjęto poziom istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W badaniu dotyczącym doboru szczepu do fermentacji zastosowano sensoryczną metodę skalowania, jako sposób oceny preferencji konsumentckiej produktu. Nie stwierdzono statystycznie istotnych ($p > 0,05$) różnic pod względem pożądalności zapachu, smaku i jakości ogólnej fermentowanego soku z kapusty w zależności od użytych szczepów bakterii (rys. 1a). Natomiast w metodzie szeregowania, która wymusza zaznaczenie kolejności próbek i jest tym samym czulszym narzędziem badawczym,

stwierdzono wyższą pożądalność soku z zastosowaniem szczepu *Lb. plantarum* K1. Jakość sensoryczna soków z kapusty fermentowanych pozostałymi szczepami nie różniła się statystycznie istotnie ($p = 0,05$) (rys. 1b).



Objaśnienia: / Explanatory notes:

kod szczepu / strain code: K1 – *Lactobacillus plantarum* K1, K3 – *Lactobacillus rhamnosus* K3, K4 – *Lactobacillus rhamnosus* K4, O16 – *Lactobacillus brevis* O16, O22 – *Lactobacillus pentosus* O22;

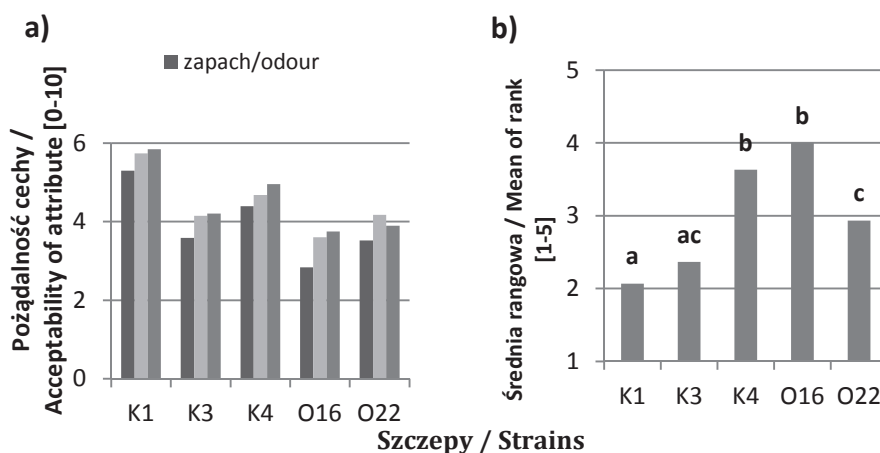
a, b – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p = 0,05$) / mean values denoted by the same letters do not differ statistically significantly ($p = 0.05$).

Rys. 1. Wyniki oceny pożądalności fermentowanego soku z kapusty z 3-procentowym dodatkiem sacharozy, determinowane użytym szczepem LAB: a) metoda skalowania ($n = 30$), b) metoda szeregowania (1 – najlepszy, 5 – najgorszy, $p < 0,05$)

Fig. 1. Results of acceptability assessment of fermented cabbage juice with 3 % saccharose added as determined by LAB strain applied: a) Scaling method ($n = 30$); b) ranking method (1 – the best, 5 – the worse, $p < 0.05$)

W porównaniu z fermentowanym sokiem z kapusty, podobny produkt z dodatkiem soku jabłkowego został wyżej oceniony pod względem sensorycznym za smak i zapach. Oceniający wskazali również na najwyższą pożądalność soku zaszczepionego bakteriami *Lb. plantarum* K1 (rys. 2a i rys. 2b). Stwierdzono statystycznie istotnie ($p = 0,05$) wyższą ocenę pożądalności sensorycznej (najniższa wartość średniej rangowej) zarówno w przypadku soku z kapusty, jak i soku z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego i z użyciem szczepu *Lb. plantarum* K1. Nie wykazano różnic pod względem pożądalności sensorycznej soku z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego fermentowanego szczepami *Lb. rhamnosus* K3 i *Lb. pentosus* O22. Najniższą oceną pożądalności sensorycznej charakteryzował się sok fermentowany szczepami o symbolach: K4 i O16

(rys. 2b). Różnice jakości sensorycznej soków z użyciem badanych szczepów bakterii mogą się wiązać ze zdolnością danego szczepu do metabolizowania składników odżywczych i do wytwarzania związków kształtujących zapach i smak. Wyniki uzyskane metodą szeregowania i skalowania dowiodły najlepszej jakości sensorycznej soku fermentowanego szczepem *Lb. plantarum* K1. Na tej podstawie zdecydowano się zastosować ten szczep do etapu badań zasadniczych.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

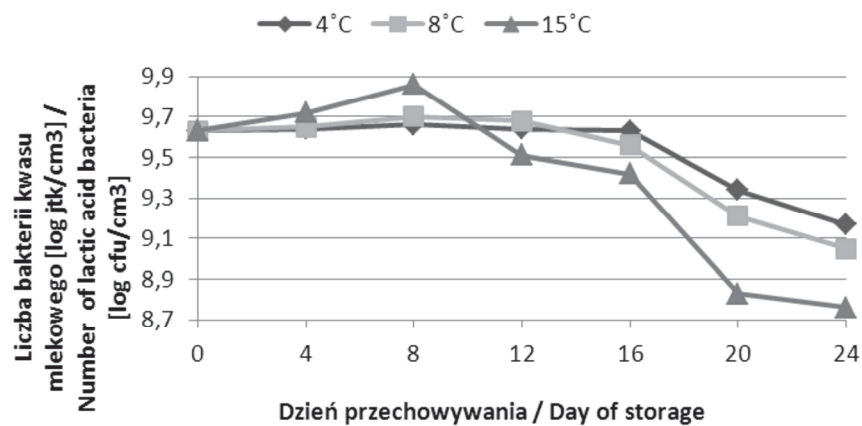
Rys. 2. Wyniki oceny pożądalności fermentowanego soku z kapusty z udziałem soku jabłkowego (2 : 1) i z 3-procentowym dodatkiem sacharozy, determinowane użytym szczepem LAB: a) metoda skalowania, b) metoda szeregowania (1 – najlepszy, 5 – najgorszy, $p < 0,05$)

Fig. 2. Results of acceptability assessment of fermented cabbage juice with apple juice (2:1) and 3 % saccharose added: a) Scaling method; b) ranking method (1 – the best, 5 – the worst, $p < 0.05$)

Na rys. 3. przedstawiono zmiany liczby komórek *Lb. plantarum* K1 w soku podczas przechowywania. Stwierdzono, że liczba bakterii uległa zmniejszeniu z $9,63 \log \text{ jtk/cm}^3$ po fermentacji, do $8,76 - 9,17 \log \text{ jtk/cm}^3$, w zależności od temperatury przechowywania. Liczba komórek LAB była na wysokim poziomie podczas całego okresu przechowywania (powyżej 10^8 jtk/cm^3), co może świadczyć o odpowiedniej ilości składników odżywczych w soku z kapusty i dobrej adaptacji szczepu do warunków środowiska (niskiego pH). Zgodnie z wytycznymi FAO/WHO, dotyczącymi zarówno mikroflory podstawowej i dodatkowej (mikroflory probiotycznej), liczba żywych komórek bakterii fermentacji mlekowej w ostatnim dniu przydatności produktu do spożycia nie powinna być niższa niż 10^6 jtk/cm^3 [3]. Wymóg dotyczący minimalnej liczby bakterii został więc spełniony.

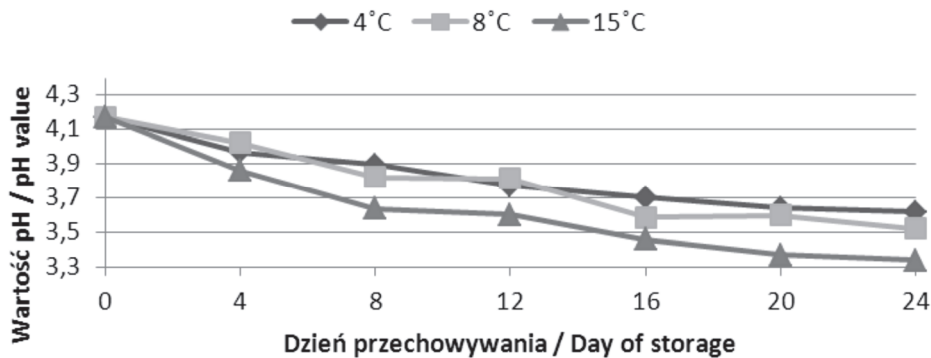
We wszystkich ocenianych temperaturach (4, 8 i 15 °C) zaobserwowano wzrost liczby bakterii do 8. dnia przechowywania soku – do wartości odpowiednio: 9,66, 9,70

i $9,86 \log \text{ jtk/cm}^3$. Statystycznie istotny ($p < 0,05$) wzrost dotyczył jedynie soku przechowywanego w temp. 15°C , co może świadczyć o niezakończonyj fazy logarytmicznego wzrostu. W celu stabilizacji liczby komórek należałoby określić warunki przetrzymywania produktu bezpośrednio po fermentacji, a przed przechowywaniem, co umożliwiłoby utrzymanie stałej liczby bakterii w czasie przechowywania.



Rys. 3. Zmiany liczby komórek *Lb. plantarum* K1 w fermentowanym soku z kapusty z udziałem soku jabłkowego (2 : 1) i 3-procentowym dodatkiem sacharozy, podczas przechowywania

Fig. 3. Changes in *Lb. plantarum* K1 counts in fermented cabbage juice with apple juice (2 : 1) and 3 % saccharose added, during storage



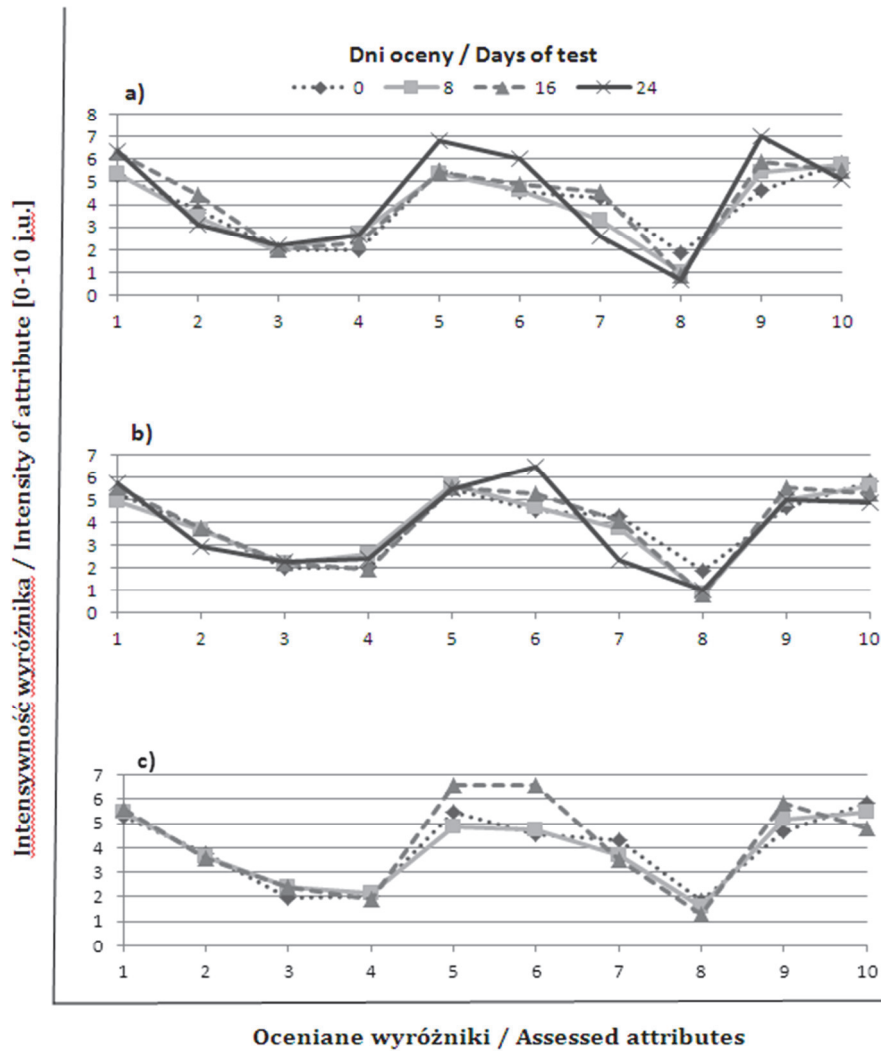
Rys. 4. Zmiany pH fermentowanego soku z kapusty z udziałem soku jabłkowego (2 : 1) i 3-procentowym dodatkiem sacharozy, podczas przechowywania

Fig. 4. Changes in pH of fermented cabbage juice with apple juice (2:1) and 3 % saccharose added, during storage

Nieznacznemu zwiększeniu liczby komórek do 8. dnia przechowywania towarzyszyło obniżenie pH, szczególnie intensywne w soku przechowywanym w temp. 15 °C (rys. 4). Po okresie początkowego wzrostu w sokach przechowywanych w 15 °C zaobserwowano szybsze zamieranie komórek w porównaniu z sokami przechowywanymi w niższej temperaturze. Może być to wynikiem przyspieszonego metabolizmu bakterii i nagromadzenia produktów przemiany materii, mających wpływ na zahamowanie ich wzrostu.

Przeżywalność przechowalnicza bakterii kwasu mlekowego, w tym szczepów potencjalnie probiotycznych, zależy od środowiska i rodzaju użytego szczepu. Penas i Frijas [11] zaobserwowali stały wzrost liczby bakterii mlekowych, w tym szczepów *Lb. plantarum* i *Lb. mesenteroides* użytych do fermentacji soku z kapusty, podczas 3 miesięcy przechowywania w temp. 4 °C [11]. Natomiast Gardner i wsp. [4], w 90. dniu przechowywania soków z kapusty, buraka i marchwi w temp. 4 °C, fermentowanych mieszaniną szczepów rodzaju *Lactobacillus*, *Leuconostoc* i *Pediococcus*, stwierdzili zmniejszenie liczby bakterii z 10^9 jtk/cm³ po fermentacji do 10^6 jtk/cm³. Podczas przechowywania pH soków nie ulegało zmianie. Najmniejszą redukcję żywych komórek bakterii stwierdzili oni w soku marchwiowym. Zdaniem autorów, żywotność kultur bakterii może wynikać ze specyfiki użytego szczepu oraz rodzaju matrycy żywości (warzywa, z których otrzymano sok). Yoon i wsp. [22] stwierdzili, że sok z kapusty fermentowany probiotycznymi szczepami *Lb. plantarum* C3, *Lb. casei* C3, *Lb. delbruecki* D7 może być przechowywany w warunkach chłodniczych przez kilka tygodni. Po 4 tygodniach przechowywania w temp. 4 °C liczba komórek *Lb. plantarum* i *Lb. delbruecki* wynosiła odpowiednio $4,1 \times 10^7$ i $4,5 \times 10^5$. Nie stwierdzili obecności żywych komórek *Lb. casei* C3 po 2 tygodniach przechowywania. Yoon i wsp. [21] badali przeżywalność szczepów LAB (*Lb. plantarum* C3, *Lb. casei* C3, *Lb. delbruecki* D7, *Lb. acidophilus* LA 39) w fermentowanym (72 h, temp. 30 °C) soku z buraka ćwikłowego, przechowywanego w temp. 4 °C przez 4 tygodnie. Stwierdzono przeżywalność ww. szczepów na poziomie $10^6 \div 10^8$, z wyjątkiem *Lb. acidophilus* LA39. Przeżywalność bakterii probiotycznych może zależeć od kwasowości środowiska, poziomu tlenu, obecności substratów odżywczych i od obecnych w produkcie substancji, wpływających hamująco na ich wzrost [1, 17, 18].

W czasie przechowywania soku w temp. 4 i 8 °C pH ulegało stopniowemu obniżeniu, nie przekraczając wartości 3,5 (rys. 4). Niskie pH, szczególnie poniżej 4, może mieć hamujący wpływ na wzrost niektórych szczepów bakterii fermentacji mlekowej [4]. Zastosowany szczep *Lb. plantarum* K1 był zdolny do przeżycia w niskim pH we wszystkich temperaturach przechowywania.



Wyróżniki / Attributes: 1. zapach kapusty / odour of cabbage; 2. z. słodki / sweet o.; 3. z. obcy / unfamiliar o.; 4. gęstość / thickness; 5. smak kapusty / flavour of cabbage; 6. s. kwaśny / sour f.; 7. s. słodki / sweet taste.; 8. s. gorzki / bitter t.; 9. s. orzeźwiający / refreshing f.; 10. jakość ogólna / overall quality

Rys. 5. Wyniki oceny intensywności wyróżników sensorycznych fermentowanego soku z kapusty z udziałem soku jabłkowego (2 : 1) i 3-procentowym dodatkiem sacharozy, podczas przechowywania w temp.: a) 4 °C, b) 8 °C, c) 15 °C (metoda QDA, n = 23)

Fig. 5. Results of intensity of sensory attributes assessment of fermented cabbage juice with apple juice (2:1) and 3% saccharose added, during storage at temperatures: a) 4 °C; b) 8 °C; c) 15 °C (QDA method, n = 23)

Pomimo obniżenia liczby bakterii można stwierdzić, że fermentowany sok z kapusty z dodatkiem soku jabłkowego jest dobrym środowiskiem rozwoju bakterii kwasu mlekowego. Przez cały okres przechowywania produkt zawierał ponad 10^8 komórek, a więc może być uznany za probiotyczny.

Wyniki oceny sensorycznej (rys. 5) pozwoliły na ustalenie czasu i temperatury optymalnych dla przechowywania soku. Analiza uzyskanych danych wskazuje, że czas i temperatura miały istotny wpływ na zmiany wybranych wyróżników jakościowych. W soku przechowywanym w temp. 4 °C największe zmiany obserwowano w odniesieniu do wyróżników takich, jak: smak soku z kapusty, kwaśny i orzeźwiający, których intensywność wzrastała z czasem przechowywania (rys. 5a). Istotne różnice ($p < 0,05$) pod względem intensywności smaku kwaśnego stwierdzono w 24. dniu, co znajduje odzwierciedlenie w niskim pH ($< 3,60$). Intensywność smaku słodkiego była odwrotnie skorelowana z odczuciem smaku kwaśnego. Wyróżniki uznane za negatywne: zapach obcy i smak gorzki, były słabo wyczuwalne do końca okresu przechowywania. W odniesieniu do gęstości soków, nie stwierdzono różnic niezależnie od czasu i temperatury przechowywania. Obniżenie jakości ogólnej wystąpiło po 16 dniach przechowywania, jednak różnice nie były statystycznie istotne. Sok przechowywany w temp. 4 °C przez 16 dni charakteryzował się dobrą jakością sensoryczną i stabilną liczbą badanych komórek bakterii.

Podwyższenie temperatury przechowywania do 8 °C nie spowodowało istotnych zmian jakości ogólnej do 16 dni (rys. 5b). Po tym czasie wyżej oceniono jakość ogólną soku przechowywanego w temp. 4 °C. Jakość soku utrzymywała się na odpowiednim poziomie - powyżej 5 j.u. – przez 16 dni w obu analizowanych temperaturach. W sokach przechowywanych w wyższej temperaturze (15 °C), szybciej następowały niekorzystne zmiany jakościowe, w związku z czym badania sensoryczne zakończono po 16 dniach. Po 8 dniach przechowywania zaobserwowano istotne obniżenie jakości ogólnej do poziomu poniżej 5 j.u. Jednocześnie nastąpił znaczący wzrost smaku gorzkiego (rys. 5c). Warmińska-Radyko i wsp. [19] także stwierdzili wpływ czasu przechowywania na zmiany sensoryczne fermentowanych soków wielowarzywnych z użyciem szczepów *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Do 10. dnia przechowywania w temp. 5 °C autorzy nie zaobserwowali zmian jakości sensorycznej soków. W 21. dniu przechowywania średnia ocena smaku, zapachu i barwy zmniejszyła się do $2,5 \div 3,6$ j.u. Długość czasu przechowywania roślinnych produktów fermentowanych z udziałem bakterii probiotycznych jest determinowana zmianą intensywności wyróżników jakościowych, takich jak: smak gorzki, kwaśny, które w przypadku różnych produktów oceniane są jako krytyczne. Zmienność wyróżników jakości sensorycznej w czasie przechowywania zależy może od zastosowanego inokulum, rodzaju soku oraz użytych szczepów do fermentacji [16, 19].

Wnioski

1. Uwzględniając kryterium jakości sensorycznej, wybrano szczep bakterii potencjalnie probiotycznych *Lactobacillus plantarum* K1 do fermentacji soku z kapusty białej z dodatkiem soku jabłkowego.
2. Stwierdzono, że czas i temperatura przechowywania miały wpływ na jakość mikrobiologiczną i sensoryczną fermentowanego soku z kapusty białej z dodatkiem soku jabłkowego. Najwyższą jakością sensoryczną charakteryzował się produkt przechowywany w temperaturze 4 i 8 °C przez 16 dni.
3. Liczba komórek bakterii kwasu mlekowego *Lactobacillus plantarum* K1 utrzymywała się w badanym soku na wysokim poziomie (od 8,76 do 9,17 log jtk/cm³) przez cały okres przechowywania.
4. Stwierdzono, że istnieje możliwość otrzymania fermentowanego soku z kapusty o właściwej jakości sensorycznej i o liczbie komórek pozwalającej na uznanie go za produkt probiotyczny, pod warunkiem spełnienia pozostałych wymagań FAO/WHO.

Literatura

- [1] Buruleanu L., Nicolescu C.L., Avram D., Bratu M.G., Manea I.: Survival of probiotic bacteria during lactic acid fermentation of vegetable juices. J. Agroalim. Proc. Technol., 2009, **1** (15), 132-139.
- [2] Chu Y.F., Sun J., Wu X., Liu R.H.: Antioxidants and antiproliferative activities of vegetables. J. Agric. Food Chem., 2002, **50**, 6910-6916.
- [3] Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report a Joint FAO / WHO Working Group, 2002.
- [4] Gardner N.J., Savard T., Obermeier P., Caldwell G., Champagne C.P.: Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. Int. J. Food Microbiol., 2001, **64**, 261-275.
- [5] Heyman M.B.: Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. Pediatrics, 2006, **3** (118), 1279-1286.
- [6] ISO 8987:1988. Sensory analysis. Methodology. Ranking.
- [7] ISO 13299:2003. Sensory analysis. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile.
- [8] Kapka-Skrzypczak L., Niedźwiecka J., Wojtyła A., Kruszewski M.: Probiotyki i prebiotyki jako aktywny składnik żywności funkcjonalnej. Pediatric Endocrin., Diabet. Metab., 2012, **2** (18), 79-83.
- [9] Karovičová J., Drdák M., Greif G., Hybenova E.: The choice of strains of *Lactobacillus* species for the lactic acid fermentation of vegetable juices. Eur. Food Res. Technol., 1999, **210**, 53-56.
- [10] Karovičová J., Kohajdova Z.: Lactic acid fermented vegetable juices. Hort. Sci. (Prague), 2003, **4** (30), 152-158.
- [11] Peñas E., Frias J., Sidro B, Vidal-Valverde C.: Impact of fermentation condition and refrigerated storage on microbial quality and biogenic amine content of sauerkraut. Food Chem., 2010, **123**, 143-150.

- [12] PN-EN ISO 8586-2:2008. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Część 2: Eksperti oceny sensorycznej.
- [13] PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- [14] Prado F.C., Parada J.C., Pandey A., Soccol C.R.: Trends in non-dairy probiotic beverages. *Food Res. Int.*, 2008, **41**, 111-123.
- [15] Pundir R.K., Pranay J.: Change in microflora of sauerkraut during fermentation and storage. *World J. Dairy Food Sci.*, 2010, 221-225.
- [16] Rivera-Espinoza T., Gallardo-Navarro Y.: Non-dairy probiotic products. *Food Microbiol.*, 2010, **27**, 1-11.
- [17] Shah N.P.: Functional foods from probiotics and prebiotics. *Food Technol.*, 2001, **11 (55)**, 46-53.
- [18] Trzaskowska M.: Probiotyki w produktach pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, **4 (89)**, 5-20.
- [19] Warmińska-Radyko I., Łaniewska-Trokenheim Ł., Gerlih J.: Fermented multi-vegetable juice supplemented with *Propionibacterium* cell biomass. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2006, **15 (56)**, 433-436.
- [20] Wiander B., Ryhänner E.L.: Laboratory and large-scale fermentation of white cabbage sauerkraut juice by using starters in combination with mineral salt with a low NaCl content. *Eur. Food Res. Technol.*, 2005, **220**, 191-195.
- [21] Yoon K.Y., Woodams E., Hang D.Y.: Fermentation of beet by beneficial lactic acid bacteria. *Lebensm.-Wiss. U. Technol.*, 2005, **38**, 73-75.
- [22] Yoon K.Y., Woodams E., Hang D.Y.: Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria. *Bioresour. Technol.*, 2006, **97**, 1427-1430.
- [23] Zaręba D., Ziarno M.: Alternatywne, probiotyczne napoje warzywne i owocowe. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011, **2 (XLIV)**, 160-168.
- [24] Zielińska D., Rzepkowska A., Radawska A., Zieliński K.: *In vitro* screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber. *Curr. Microbiol.*, article accepted: 13.08.2014 r.

APPLICATION OF LACTIC ACID BACTERIA TO PRODUCE PROBIOTIC VEGETABLE JUICE

S u m m a r y

The objective of the research study was to design and produce a probiotic vegetable juice of a proper microbiological and sensory quality. Five potentially probiotic bacterial strains were used, i.e.: *Lactobacillus plantarum*, *Lb. rhamnosus* (two strains), *Lb. brevis*, and *Lb. pentosus* to perform a controlled fermentation of cabbage juice and cabbage juice with apple juice added. The sensory assessed juice that was fermented using an *Lb. plantarum* K1 strain was rated the highest. During the entire storage, the count of lactic acid bacteria was at the same level, which ranged from 8.76 to 9.17 log jtk/cm³. Depending on the storage temperature, the pH value decreased gradually from 4.17 to a level of 3.61 ÷ 3.34. After a 16 day period of storage, the overall sensory quality of juices stored at 4 and 8 °C declined; this could probably be caused by a considerable degree of their acidity. In the juices stored at 15 °C, after the 8th day of storage, a reduction below a level of 5 j.u. was reported in the overall sensory quality. It was confirmed that there was a possibility of using the *Lb. plantarum* K1 strain to produce a fermented cabbage juice with apple

juice added; such fermented juice would have an acceptable sensory quality and would contain a sufficient count (10^8 cfu/cm³) of lactic acid bacteria.

Key words: cabbage juice, probiotics, fermentation, lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum* 