

ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA

**WPLYW WYBRANYCH TECHNOLOGII MROŻENIA NA LICZBĘ
BAKTERII *LACTOBACILLUS CASEI* LOCK 0900, AKTYWNOŚĆ
PRZECIWUTLENIAJĄCĄ I CECHY SENSORYCZNE SORBETÓW
NA BAZIE FERMENTOWANEJ PULPY DYNIOWEJ**

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu wybranych technologii mrożenia na przeżywalność probiotycznego szczepu bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900, jakość sensoryczną oraz aktywność przeciwutleniającą sorbetów z miąższu dyni. Zakres pracy obejmował produkcję trzech wariantów sorbetów w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem: (1) klasycznego zamrażania, (2) suchego lodu i (3) ciekłego azotu, a następnie oznaczenie liczby probiotycznego szczepu bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 w produkcie, pomiar pH, ocenę zmian jakości sensorycznej produktów podczas przechowywania w temp. -18 °C przez 16 tygodni. Dodatkowo oznaczono aktywność przeciwutleniającą surowca i świeżych gotowych produktów. Stwierdzono, że niezależnie od zastosowanej technologii produkcji sorbetów wraz z upływem czasu przechowywania następowało istotne obniżenie liczby bakterii LAB w produktach (o ok. 1 rząd logarytmiczny), jednak komórki bakterii przeżywały w większym stopniu w przypadku zastosowania ciekłego azotu i suchego lodu do mrożenia w porównaniu z metodą klasyczną. Rodzaj zastosowanej technologii produkcji sorbetów determinował także jakość sensoryczną deserów. Najwyższe noty ogólnej jakości sensorycznej przyznano produktowi wytworzonemu z użyciem technologii ciekłego azotu. Proces fermentacji spowodował istotny wzrost wartości aktywności przeciwutleniającej produktów gotowych w porównaniu z surowcem wyjściowym.

Słowa kluczowe: dynia, technologie produkcji sorbetów, probiotyki, jakość sensoryczna, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

Do produktów pochodzenia roślinnego, owocowych lub/i warzywnych, o wysokiej wartości odżywczej można zaliczyć sorbety. Są to mrożone desery, które zyskały popularność, tradycyjnie produkowane ze świeżych lub pasteryzowanych surowców

Dr inż. A. Szydłowska, dr inż. D. Zielińska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: aleksandra_szydłowska@sggw.pl

pochodzenia roślinnego, tj. z puree czy soków, ale bez użycia mleka [17, 24]. Ze względu na skład sorbety mogą być nie tylko atrakcyjnym sensorycznie deserem, ale również elementem pełnowartościowej diety. Część surowców roślinnych o właściwościach prozdrowotnych jest dostępna w stanie świeżym jedynie sezonowo, a mrożonki nie dla wszystkich konsumentów są równie atrakcyjne [18]. W związku z rosnącą popularnością sorbetów oraz ulegającymi zmianie preferencjami konsumentów w odniesieniu do lodów [22] obserwuje się pewien trend w produkcji mrożonych deserów, związany z optymalizacją stosowanych dotąd technologii produkcji tych wyrobów.

Proces tzw. zamrażania kriogenicznego z użyciem ciekłego azotu stanowi jeden z kierunków rozwoju przetwarzania surowca roślinnego [24] ze względu na to, że szybsze tempo zamrażania powoduje mniejsze straty witamin i składników odżywczych [23].

Pavlyuk i wsp. [25] przeprowadzili badania nad możliwością zastosowania zamrażania kriogenicznego „szokowego”, niskiej temperatury oraz rozdrabniania warzyw i owoców jako innowacji w opracowywaniu nowego sposobu wytwarzania prozdrowotnych (na etapie wprowadzania do produkcji) sorbetów owocowych i warzywnych. Uzyskano nowe warianty mrożonych deserów z nawet 3-krotnie większą zawartością substancji biologicznie aktywnych [BAS] (ang. *biologically active substances*) w porównaniu z użytymi surowcami, co przyczyniło się do ograniczenia konieczności stosowania sztucznych dodatków do żywności, tj. stabilizatorów, emulgatorów czy syntetycznych środków barwiących, tradycyjnie dodawanych do składu recepturalnego sorbetów.

Współczesna gastronomia, poszukując nowych smaków, czy też dostosowując stare przepisy kulinarne do współczesnych warunków, również wyznacza trend określany mianem „food hunting”, którego przykładem jest kuchnia molekularna, wykorzystująca m.in. technologie z użyciem ciekłego azotu czy suchego lodu [10].

W literaturze przedmiotu [10, 23, 25] dostępne są jedynie doniesienia dotyczące możliwości wykorzystania technologii ciekłego azotu czy suchego lodu np. w produkcji gastronomicznej bądź też na etapie badań laboratoryjnych, przeprowadzanych w celu optymalizacji procesu produkcji deserów mrożonych. Brakuje natomiast danych dotyczących wpływu zastosowania tych technologii na liczbę bakterii probiotycznych w mrożonych deserach przygotowywanych na bazie surowca roślinnego, świeżych oraz przechowywanych, a także na wszelkie ich wyróżniki jakościowe, tj. profil sensoryczny produktu. Powyższe staje się uzasadnieniem podjętych badań.

Celem pracy było określenie wpływu wybranych technologii mrożenia na przeżywalność probiotycznego szczepu bakterii *Lactobacillus rhamnosus* ŁOCK 0900, jakość sensoryczną oraz aktywność przeciwutleniającą sorbetów z mięszu dyni.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły sorbety dyniowe wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych trzema metodami: (1) klasycznego zamrażania, (2) z użyciem suchego lodu oraz (3) z zastosowaniem ciekłego azotu, z następujących surowców:

- przecier z dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima Duchesne*) odmiany Melonowa Żółta (według rejestru COBORU), przygotowany według Szydłowskiej i Kołożyn-Krajewskiej [28],
- pasteryzowana woda oraz dodatki smakowo-teksturotwórcze, tj. sacharoza i żelatyna spożywcza,
- probiotyczny szczep bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 pochodzący z kolekcji Instytutu Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej [3, 19]. Szczep hodowano na pożywce MRS w temp. 37 °C, następnie 24-godzinną hodowlą bakterii zaszczipiano pasteryzowany przecier z dyni w ilości 1 % (v) produktu. Proces fermentacji prowadzono w temp. 32 °C przez 26 h, z dodatkiem sacharozy na poziomie 8 % (v) [28]. Wielkość dodawanego inokulum wynosiła ok. 9 log jtk/ml.

Sorbety dyniowe, stanowiące material do badań, wyprodukowano w warunkach laboratoryjnych następującymi metodami:

1. Metoda klasycznego zamrażania

Po połączeniu surowców otrzymano masę lodową, którą mieszano i zamrażano w warunkach laboratoryjnych w maszynie do lodów typu IC 5000 (DeLonghi, Treviso, Włochy). Następnie produkty przekładano za pomocą jałowych łyżek do plastikowych pojemników o pojemności 300 ml i umieszczano w zamrażarce w temp. -18 °C.

2. Metoda z użyciem suchego lodu

Używano granulatu suchego lodu o średnicy 16 mm i temp. -78,5 °C (DryIce Zone, Polska). Suchy lód w ilości 400 g rozdrabniano mikserem i dodawano stopniowo do fermentowanego przecieru z dyni, jednocześnie intensywnie chłodząc całą masę. Po upływie ok. 10 min mieszania schłodzoną masę przekładano za pomocą jałowych łyżek do plastikowych pojemników o pojemności 300 ml i umieszczano w zamrażarce w temp. -18 °C.

3. Metoda z zastosowaniem ciekłego azotu

Do produkcji sorbetów z dyni stosowano ciekły azot o temp. -195,8 °C. Transportowano go i przechowywano w naczyniu Dewara o pojemności 4 l (Air Products, Polska). Ciekły azot stopniowo przelewano z naczynia Dewara do naczynia z uprzednio połączonymi składnikami sorbetu. Następnie mikserem mieszano masę, jednocześnie intensywnie ją chłodząc. Po upływie ok. 5 min mieszania schłodzoną masę przekładano za pomocą jałowych łyżek do plastikowych pojemników o pojemności 300 ml i umieszczano w zamrażarce w temp. -18 °C.

Wszystkie próby sorbetów przechowywano przez 16 tygodni. Oznaczenia liczby bakterii LAB oraz pomiar pH wykonywano po 0, 8 i 16 tygodniach przechowywania.

Oznaczanie liczby bakterii kwasu mlekowego w sorbetach dyniowych wykonywano metodą płytkową przez posiew na podłożu Agar MRS (Biokar Diagnostic, Francja) zgodnie z normą PN-ISO: 15214:2002 [26].

Pomiar pH badanych produktów wykonywano przy użyciu pH-metru CP-501 (Elmetron, Polska) z uwzględnieniem temperatury próbek.

Do oceny sensorycznej produktów zastosowano metodę ilościowej analizy opisowej QDA zgodnie z normą ISO 13299: 2016 [11]. Oceniano produkty świeże oraz po 8 i 16 tygodniach przechowywania w temp. -18°C . W celu zdefiniowania jakości sensorycznej produktów wyszkolony zespół oceniających wytypował 9 wyróżników – 2 wyróżniki tekstury: gęstość i gładkość; 6 wyróżników smaku: dyniowy, słodki, kwaśny, gorzki, cierpki, piekący i inny oraz jakość ogólną. Oceny zostały przeprowadzone z udziałem 10-osobowego zespołu pracowników Katedry Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, przeszkolonego w zakresie metodyki wykonywanych analiz oraz przebadanego pod względem wrażliwości sensorycznej.

Aktywność przeciwutleniającą oznaczano według zmodyfikowanej metody Branda-Wiliamsa i wsp. [6] z użyciem rodnika DPPH \cdot (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl, Sigma Aldrich, Polska). Analizowano niefermentowany surowiec – przecier z dyni oraz świeże sorbety wyprodukowane trzema metodami. Ekstrakty sporządzano z 25 g próbki, do której dodawano 100 ml etanolu. Ekstrakcję z wytrząsaniem prowadzono przez 20 h, następnie mieszaninę filtrowano. Absorbancję roztworów mierzono przy długości fali $\lambda = 517\text{ nm}$. Roztwór DPPH \cdot sporządzono z 0,012 g DPPH \cdot ($M = 394,32\text{ g/mol}$), który rozpuszczono w 100 cm^3 etanolu. Kalibrację spektrofotometru przeprowadzono, używając etanolu. Absorbancję A_0 mierzono po dodaniu do $0,2\text{ cm}^3$ roztworu DPPH \cdot $0,8\text{ cm}^3$ etanolu. Próbkę zawierała $0,2\text{ cm}^3$ roztworu DPPH \cdot , $0,6\text{ cm}^3$ etanolu i $0,2\text{ cm}^3$ badanego ekstraktu. Po upływie 5, 10, 20, 30 i 40 min od zainicjowania reakcji mierzono absorbancję (A). Każdy pomiar wykonywano trzykrotnie (dla 3 różnych partii produktów) i obliczano średnią wartość absorbancji (A_r) dla danego roztworu. Inhibicję wyrażoną w procentach obliczano z równania:

$$\% \text{ inhibicji} = 100 (A_0 - A_r)/A_0$$

gdzie:

A_r – średnia wartość absorbancji badanej próbki,

A_0 – absorbancja kontrolna.

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 13.1 (StatSoft, Polska). Do statystycznej oceny wyników uzyskanych podczas oznaczania liczby bakterii LAB, pomiarów pH oraz pomiaru aktywności przeciwutleniającej zastosowano jedno-

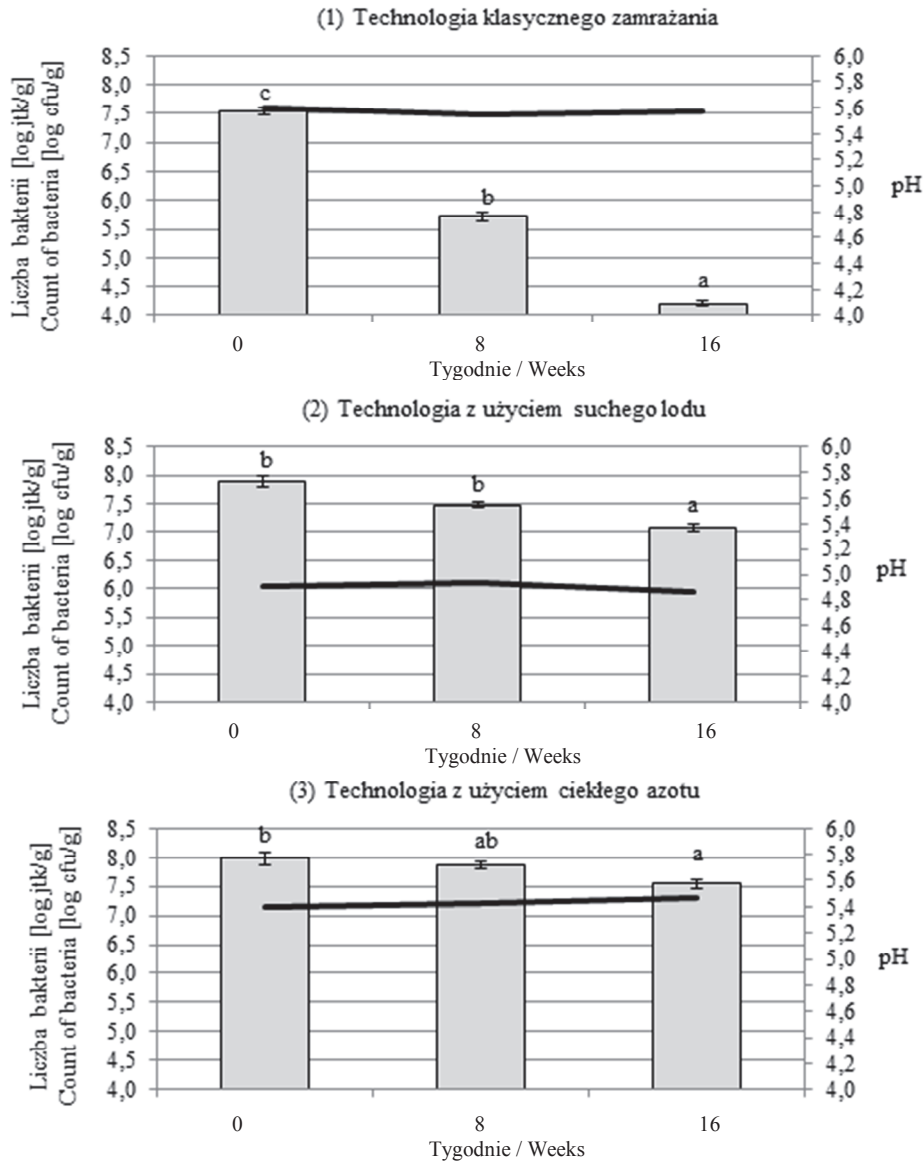
czynnikową analizę wariancji (Anova). Testowanie prowadzono przy $p = 0,05$. Do interpretacji wyników oceny sensorycznej sorbetów wykorzystano analizę składowych głównych PCA (ang. *Principal Component Analysis*). Wyodrębniono 3 składowe główne, których suma wyjaśniała 65,6 % całkowitej wariancji zmiennych. Natomiast suma 2 pierwszych składowych głównych wyjaśniała 57 % wariancji zmiennych. Obliczono także wartości współczynników korelacji ($p = 0,01$) jakości ogólnej z badanymi wyróżnikami jakości sorbetów z fermentowanego miąższu dyni.

Wyniki i dyskusja

W przypadku każdej z zastosowanych technologii odnotowano statystycznie istotne obniżenie ($p = 0,0015$) liczby bakterii LAB w sorbetach po okresie przechowywania (rys. 1). Zastosowanie technologii ciekłego azotu i suchego lodu do produkcji mrożonych deserów dyniowych pozwoliło jednak na otrzymanie statystycznie istotnie wyższej liczby bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 (ok. 7 log jtk/g) po 16 tygodniach przechowywania w porównaniu z przechowywanymi sorbetami wytwarzanymi metodą tradycyjną (ok. 4 log jtk/g). Przyczyną tego zjawiska jest zmniejszenie zmian zachodzących w komórkach bakterii przy intensywnym mrożeniu (z użyciem suchego lodu czy ciekłego azotu), co ogranicza tworzenie dużych kryształków lodu, które uszkadzają struktury komórkowe.

Rodzaj zastosowanej technologii produkcji determinował wartość pH gotowych wyrobów (rys. 1). Najniższą wartość pH spośród wszystkich badanych świeżych próbek odnotowano w przypadku sorbetów wyprodukowanych z użyciem technologii suchego lodu (wartość 4,9). Pozostałe technologie, tj. tradycyjna i z użyciem ciekłego azotu nie różnicowały produktów istotnie ($p > 0,05$) pod względem wartości pH (średnia wartość 5,5). Wartość pH żadnego z 3 rodzajów sorbetów nie uległa statystycznie istotnym zmianom podczas 16 tygodni przechowywania w temp. $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Başığit i wsp. [4], Favaro-Trindade i wsp. [9] oraz Nousia i wsp. [21] także nie obserwowali statystycznie istotnych zmian wartości pH w mrożonych deserach na bazie surowców roślinnych lub mleka w okresie przechowywania dochodzącym nawet do 180 dni, w temperaturze zbliżonej do zastosowanej w badaniach własnych.

Szydłowska i Kołożyn-Krajewska [29] wykazały w potencjalnie probiotycznych sorbetach, wyprodukowanych na bazie fermentowanego miąższu dyni metodą tradycyjną, po przechowywaniu wyższą liczbę bakterii probiotycznych *Lactobacillus rhamnosus* LOCK0900 (powyżej 9 log jtk/g) ze względu na niższą temperaturę przechowywania produktów ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) niż w niniejszym doświadczeniu ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). Z kolei według Akalina i wsp. [2] liczba probiotycznych bakterii starterowych *Lactobacillus acidophilus* osiągnęła poziom 6,88 log jtk/g po 180 dniach przechowywania lodów mlecznych w temp. $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Objaśnienia / Explanatory notes:

Słupki przedstawiają liczbę komórek bakterii, linie – zmiany wartości pH / Bars represent count of bacteria, lines – changes in pH values; a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / mean values denoted by the same letters don't differ statistically significantly ($p > 0,05$).

Rys. 1. Zmiany liczby bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 oraz wartości pH w sorbetach podczas 16 tygodni przechowywania w temp. -18 °C

Fig. 1. Changes in count of *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 bacteria and in pH value of sorbets during 16 week storage at a temp. of -18 °C

Badania *in vitro* dotyczące analizy aktywności przeciwutleniającej różnych gatunków drobnoustrojów probiotycznych (głównie bakterii należących do *Lactobacillus* spp. oraz *Bifidobacterium* spp.) były przedmiotem prac naukowych [13, 16, 27, 31]. Achuthan i wsp. [1] stwierdzili, że różne szczepy bakterii tego samego gatunku wyizolowane z jednego środowiska wykazują odmienną tolerancję na nadtlenek wodoru czy rodnik hydroksylowy. Mogą charakteryzować się także różną ekspresją genów kodujących dysmutazę ponadtlenkową i katalazę oraz prowadzić inhibicję peroksydacji kwasu linolowego w różnym stopniu. Świadczy to o, zależnej od szczepu, zróżnicowanej skuteczności przeciwutleniającej probiotycznych bakterii.

Wyniki dotyczące wpływu procesu fermentacji i rodzaju zastosowanej technologii produkcji sorbetów na wartość aktywności przeciwutleniającej przedstawiono w tab. 1. Stwierdzono, że w wyniku procesu fermentacji z udziałem probiotycznego szczepu bakterii *Lactobacillus rhamnosus* ŁOCK 0900 wartość aktywności przeciwutleniającej gotowych sorbetów była ponad 5-krotnie wyższa w porównaniu z fermentowanym surowcem, czyli pulpą dyniową wykorzystywaną do produkcji warzywnych deserów mrożonych. Nie odnotowano natomiast statystycznie istotnych różnic pomiędzy próbkami sorbetów wytwarzanych przy zastosowaniu różnych technologii produkcji (tab. 1).

Tabela 1. Wartości aktywności przeciwutleniającej sorbetów determinowane procesem fermentacji i rodzajem zastosowanej technologii mrożenia

Table 1. Antioxidant activity values of sorbets dependent on fermentation process and type of sorbet manufacturing technology used

Sorbet	Aktywność przeciwutleniająca [% inhibicji DPPH] Antioxidant activity [% of DPPH inhibition]
Surowiec – dynia / Raw material – pumpkin	14,1 ^a ± 2,07
(1) Zamrożony tradycyjnie / Traditionally frozen	74,6 ^c ± 2,63
(2) Zamrożony przy użyciu suchego lodu / Frozen using dry ice	76,2 ^c ± 2,55
(3) Zamrożony przy użyciu ciekłego azotu / Frozen using liquid nitrogen	73,0 ^{bc} ± 1,58

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenie standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / mean values denoted by the same letters don't differ statistically significantly ($p > 0.05$).

Wpływ procesu fermentacji na wartość aktywności przeciwutleniającej żywności pochodzenia roślinnego był przedmiotem badań, które prowadzili m.in. Kusznerewicz

i wsp. [14]. Poddali oni spontanicznej fermentacji sok z białej kapusty. Po 7 dniach prowadzenia procesu zaobserwowano znaczący wzrost potencjału przeciwutleniającego wobec rodnika DPPH[•]. Sok z kiszonej kapusty otrzymany po 14 dniach fermentacji charakteryzował się ok. 7-krotnie wyższym potencjałem wobec DPPH[•] w porównaniu z sokiem ze świeżej kapusty. Również w badaniach Chłopickiej i wsp. [7] fermentacja nasion gryki wpłynęła na kilkakrotny, istotny wzrost wartości parametrów przeciwutleniających (DPPH[•]).

Na podstawie wyników oceny sensorycznej sorbetów z dyni z dodatkiem bakterii probiotycznych zaobserwowano trend związany z jakością ogólną produktów. Spośród 9 ocenianych wyróżników 4 miały pozytywny wpływ na jakość ogólną (tab. 2).

Tabela 2. Wartości współczynników korelacji (r) jakości ogólnej z badanymi wyróżnikami jakości sorbetów z fermentowanego miąższu dyni

Table 2. Values of coefficients of correlation (r) between overall quality and tested quality characteristics of sorbets made of fermented pumpkin pulp

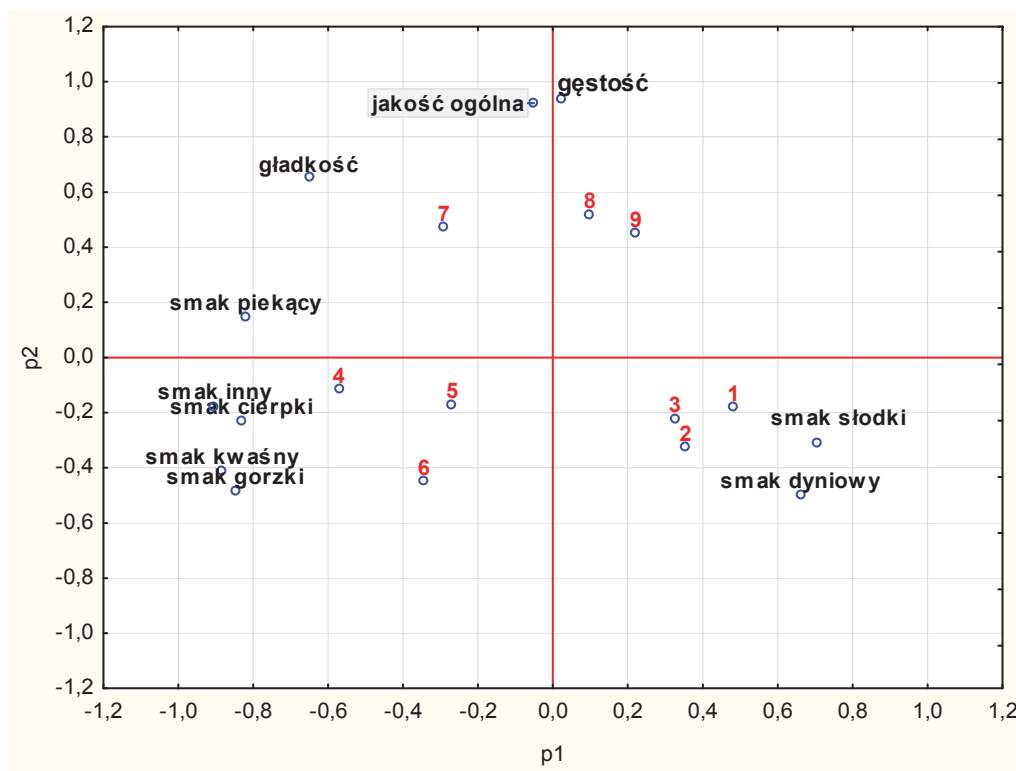
Wyróżnik jakościowy Quality characteristic	r	
	dodatnia / positive	ujemna / negative
Konsystencja / Consistency:		
Gęstość / Thickness	0,2135	-
Gładkość / Smoothness	0,2311*	-
Smak / Flavour		
Dyniowy / Pumpkin flavour	0,1169	-
Słodki / Sweet flavour	0,1114	-
Kwaśny / Acid flavour	-	-0,1962
Gorzki / Bitter taste	-	-0,1279
Cierpki / Pungent taste	-	-0,0754
Piekący / Burning taste	-	-0,0489
Inny / Other flavour	-	-0,0815

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – współczynnik korelacji statystycznie istotny ($p < 0,01$) / statistically significant correlation coefficient ($p < 0.01$).

Statystycznie istotną zależność stwierdzono jedynie w przypadku wyróżnika konsystencji – gładkości, natomiast wyróżniki jakości sensorycznej, takie jak smak kwaśny i gorzki w niewielkim stopniu obniżały ogólną jakość sensoryczną sorbetów, jednak nie zaobserwowano tu statystycznie istotnych zależności.

Wyniki uzyskane metodą PCA przedstawiono graficznie na rys. 2. Pierwszą grupą jednorodną pod względem jakościowym były próbki sorbetów wyprodukowanych metodą klasycznego zamrażania, oznaczone cyframi 1, 2, 3. Ich usytuowanie w pobliżu wektora smaku dyniowego i smaku słodkiego wskazuje, że te produkty charakteryzowały się wyraźnym smakiem słodkim i dyniowym.



Objaśnienia / Explanatory notes:

jakość ogólna / overall quality; gęstość / thickness; gładkość / smoothness; smak piekący / burning taste; smak inny / other flavour; smak cierpki / pungent taste; smak kwaśny / acid flavour; smak gorzki / bitter taste; smak słodki / sweet flavour; smak dyniowy / pumpkin flavour; 1 – sorbet wyprodukowany metodą tradycyjną, świeży / sorbet manufactured by traditional method, fresh; 2 – sorbet wyprodukowany metodą tradycyjną, przechowywany przez 8 tygodni / sorbet manufactured by traditional method, stored for 8 weeks; 3 – sorbet wyprodukowany metodą tradycyjną, przechowywany przez 16 tygodni / sorbet manufactured by traditional method, stored for 16 weeks; 4 – sorbet wyprodukowany z użyciem suchego lodu, świeży / sorbet manufactured using dry ice, fresh; 5 – sorbet wyprodukowany z użyciem suchego lodu, przechowywany przez 8 tygodni / sorbet manufactured using dry ice, stored for 8 weeks; 6 – sorbet wyprodukowany z użyciem suchego lodu, przechowywany przez 16 tygodni / sorbet manufactured using dry ice, stored for 16 weeks; 7 – sorbet wyprodukowany z użyciem ciekłego azotu, świeży / sorbet manufactured using liquid nitrogen, fresh; 8 – sorbet wyprodukowany z użyciem ciekłego azotu, przechowywany przez 8 tygodni / sorbet manufactured using liquid nitrogen, stored for 8 weeks; 9 – sorbet wyprodukowany z użyciem ciekłego azotu, przechowywany przez 16 tygodni / sorbet manufactured using liquid nitrogen, stored for 16 weeks.

Rys. 2. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących zmienne w układzie dwóch pierwszych osi czynnikowych (głównych składowych)

Fig. 2. Graph of configuration of points representing variables in system of first two factorial axes (principal components)

Ledecker i wsp. [15] zbadali różnice cech sensorycznych pomiędzy puree z mango a sorbetem z mango wyprodukowanym także metodą tradycyjnego zamrażania. Wyniki tych badań dowodzą, że dominującą nutą smakową mrożonych deserów z mango była nuta słodko-owocowa pochodząca ze wsadu roślinnego użytego do produkcji. Próbkę sorbetów z fermentowanego miąższu dyni, oznaczone cyframi 4, 5, 6 – rys. 2 (technologia z wykorzystaniem suchego lodu) odznaczały się dużą intensywnością odczucia smaku gorzkiego, kwaśnego, cierpkiego i innego. Dwie ostatnie (próbki 5 i 6) zostały ocenione najniżej spośród wszystkich dziewięciu produktów pod względem ogólnej jakości sensorycznej. Według Myhrvolda i wsp. [20] użycie suchego lodu sprawia, że produkt poddany jego działaniu staje się gazowany oraz przybiera lekko kwaśny smak, co może mieć wpływ na niższe oceny cech sensorycznych.

Z kolei na drugim „biegunie jakościowym” znajdują się próbki sorbetów dyniowych oznaczone numerami 8 i 9 – rys. 2 (technologia z wykorzystaniem ciekłego azotu). Jakość sensoryczna tych produktów była najwyższa spośród wszystkich ocenianych. Przy użyciu tej technologii można osiągnąć inne efekty niż z użyciem suchego lodu. Mrożone desery wytworzone z użyciem ciekłego azotu mają bardziej kremową i jednolitą konsystencję w porównaniu z wyrobami powstałymi w procesie tradycyjnego mrożenia. Przyczyną takiego zjawiska jest powstawanie kryształków lodu o małej średnicy w porównaniu z innymi metodami mrożenia [5, 30].

Wnioski

1. Niezależnie od zastosowanej technologii mrożenia sorbetów, czas przechowywania wpływał istotnie na obniżenie liczby bakterii *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 w produktach. Po 16 tygodniach przechowywania w temperaturze -18 °C odnotowano obniżenie liczby bakterii o ok. 1 rząd logarytmiczny w stosunku do wyrobów świeżych, jednak w przypadku sorbetów wyprodukowanych metodą przy użyciu ciekłego azotu i suchego lodu przeżywalność bakterii była istotnie wyższa.
2. Rodzaj zastosowanej technologii mrożenia sorbetów determinował jakość sensoryczną deserów. Najwyższe noty ogólnej jakości sensorycznej przyznano sorbetowi wytworzonemu z użyciem technologii ciekłego azotu.
3. Fermentacja i rodzaj zastosowanej technologii mrożenia wpłynęły istotnie na zwiększenie aktywności przeciwutleniającej sorbetów w porównaniu z surowcem roślinnym.
4. Nie odnotowano statystycznego istotnego wpływu rodzaju zastosowanej technologii mrożenia sorbetów na wartość aktywności przeciwutleniającej gotowych wyrobów.

Literatura

- [1] Achuthan A.A., Duary R.K., Madathil A., Panwar H., Kumar H., Batish V.K., Grover S.: Antioxidative potential of lactobacilli isolated from the gut of Indian people. *Mol. Biol. Rep.*, 2012, 39, 7887-7897.
- [2] Akalin A.S., Kesencas H., Dinkci N., Unal G., Kinik O.: Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *J. Dairy Sci.*, 2018, 101, 37-46.
- [3] Aleksandrak-Piekarczyk T., Koryszewska-Bagińska A., Bardowski J.: Genome sequence of the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* (formerly *Lactobacillus casei*) LOCK908. *Genome Announc.*, 2013, 1 (4), 1-2.
- [4] Başığit G., Kuleşan H., Karahan A.G.: Viability of human-derived probiotic lactobacilli in ice cream produced with sucrose and aspartame. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 2006, 33 (9), 796-800.
- [5] Berrizbeitia L., Calello D., Dhir N., O'Reilly C., Marcus S.: Liquid nitrogen ingestion followed by gastric perforation. *Pediatric Emergency Care*, 2010, 26 (1), 48-50.
- [6] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss.-Technol.*, 1995, 28, 25-30.
- [7] Chłopicka J., Bartoń H., Fołta M., Baster A.: Wpływ fermentacji mlekowej na aktywność antyoksydacyjną nasion i kiełków gryki (*Fagopyrum Esculentum*). *Bromat. Chem. Toksyk.*, 2016, XLIX (3), 243-247.
- [8] Clarke C.: *The Science of the Ice Cream*. 2nd ed. Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge 2015.
- [9] Favaro-Trindade C.S., de Carvalho J.C., Felix Dias P., AmaralSanino F., Boschini C.: Effects of culture, pH and fat concentration on melting rate and sensory characteristics of probiotic fermented yellow mombin (*Spondiasmombin* L.) ice creams. *Food Sci. Technol. Int.*, 2007, 13 (4), 285-291.
- [10] Głuchowski A., Czarniecka-Skubina E.: Kuchnia modernistyczna w gastronomii. *Zesz. Nauk. Turystyka i Rekreacja*, 2016, 1 (17), 193-206.
- [11] ISO 13299:2016. Sensory analysis. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile.
- [12] Kilara A., Chandan R.C.: Ice cream and frozen desserts. In: *Handbook of Food Products Manufacturing*. Ed. Y.H. Hui. John Wiley and Sons Inc., Hoboken 2006, pp. 593-633.
- [13] Kim H.S., Jeong S.G., Ham J.S., Chae H.S., Lee J.M., Ahn C.N.: Antioxidative and probiotic properties of *Lactobacillus gasseri* NLRI-312 isolated from Korean infant feces. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 2006, 19, 1335-1341.
- [14] Kusznierevicz B., Śmiechowska A., Bartoszek A., Namieśnik J.: The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chem.*, 2008, 108 (3), 853-861.
- [15] Ledeker C.N., Chambers D.H., Chambers I., Adhikari K.: Changes in the sensory characteristics of mango cultivars during the production of mango purée and sorbet. *J. Food Sci.*, 2012, 77 (10), S348-S355.
- [16] Lin M.Y., Chang F.J.: Antioxidative effect of intestinal bacteria *Bifidobacterium longum* ATCC 15708 and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. *Dig. Dis. Sci.*, 2000, 45, 1617-1622.
- [17] Marshall R.T., Goff H.D., Hartel R.W.: *Ice Cream*. Springer Science+Business Media LLC, New York City 2003.
- [18] Michalczyk M., Kuczewski D.: Zmiany zawartości składników o charakterze prozdrowotnym w przechowywanych sorbetach z owoców jagodowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 4 (83), 66-74.
- [19] Motyl I., Klewicka E., Libudzisz Z.: New strain of lactic acid bacteria *Lactobacillus casei*. Polish Patent Application 2009, PL382760 (A1)-2009-01-05.

- [20] Myhrvold N., Young Ch., Bilet M.: *Modernist Cuisine. The Art and Science of Cooking. Vol. 2: Techniques and Equipment.* The Cooking Lab LLC, Bellevue 2011.
- [21] Nousia F.G., Androukalis P.I., Fletouris D.J.: Survival of *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 in probiotic ice cream and its influence on sensory acceptability. *Int. J. Dairy Technol.*, 2011, 64 (1), 130-136.
- [22] Palka A.: 2015, Zmiany w preferencjach konsumentów na rynku lodów. *Handel Wewnętrzny*, 2015, 2 (355), 308-331.
- [23] Pavlyuk R.Y., Pogarskiy A.S., Kaplun O.A., Losyeva S.M.: Developing the cryogenic freezing technology of chlorophyll-containing vegetables. *Eastern-Eur. J. Enter. Technol.*, 2015, 6 (10), 42-47.
- [24] Pavlyuk R.Y., Pogarska V., Kakadii I., Pogarskiy A.S., Stukonozhenko T.: Influence of the processes of steam-thermal cryogenic treatment and mechanolysis on biopolymers and biologically active substances in the course of obtaining health promoting nanoproducts. *Eastern-Eur. J. Enter. Technol.*, 2017, 6 (11), 41-47.
- [25] Pavlyuk R., Pogarska V., Pavlyuk V., Pogarskiy A., Kakadii I., Stukonozhenko T., Telenkov O.: The development of new method of production of healthy ice-cream-sorbet of fruits and vegetables with a record bas content. *EUREKA: Life Sciences*, 2018, 6, 33-40.
- [26] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- [27] Shen Q., Shang N., Li P.: *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of *Bifidobacterium animalis* 01 isolated from centenarians. *Curr. Microbiol.*, 2011, 62, 1097-1103.
- [28] Szydłowska A., Kołożyn-Krajewska D.: Zastosowanie bakterii potencjalnie probiotycznych do fermentacji przecieru z dyni. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 6 (73), 109-119.
- [29] Szydłowska A., Kołożyn-Krajewska D.: Development of potentially probiotic and synbiotic pumpkin frozen desserts. *CyTA J. Food*, 2019, 17(1), 251-259.
- [30] Woźniczko M., Orłowski D.: Kuchnia molekularna w restauracji z gwiazdką Michelin – „Atelier-Amaro” w Warszawie. *Zesz. Nauk. Turystyka i Rekreacja*, 2016, 1 (17), 161-191.
- [31] Yoon Y.H., Byun J.R.: Occurrence of glutathione sulfhydryl (GHS) and antioxidant activities in probiotic *Lactobacillus* spp. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 2004, 17, 1582-1585.

EFFECT OF SELECTED FREEZING TECHNOLOGIES ON COUNT OF *LACTOBACILLUS CASEI* LOCK 0900, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND SENSORY CHARACTERISTICS OF FERMENTED PUMPKIN-BASED SORBETS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of some selected freezing technologies on the survival of the *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 probiotic bacterial strain, on the sensory quality and antioxidant activity of sorbets made from pumpkin flesh. The scope of study included: the production of three types of sorbets under the laboratory conditions, where the following was applied: (1) classical freezing, (2) dry ice and (3) liquid nitrogen; the determination of the count of probiotic *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900 bacteria strain in the product; the measurement of the pH value and the assessment of changes in the sensory quality of the products during their storage at -18 °C for 16 weeks. In addition, the antioxidant activity of the raw material and fresh, finished products was determined. It was found that, irrespective of the sorbets production technology used, the count of LAB bacteria decreased in the products (by ca. 1 logarithmic row) with the storage time passing, however when the liquid nitrogen and dry ice technology were used to freeze the products, more bacterial cells survived compared to the

classical method used. Also, the type of the technology applied to manufacture the sorbets determined the sensory quality of those desserts. The highest scores received the overall sensory quality of the products manufactured using the liquid nitrogen technology. Compared to the initial raw material, the finished products showed a significantly higher value of antioxidant activity and this increase was caused by the fermentation process.

Key words: pumpkin, sorbets manufacturing technologies, probiotics, sensory quality, antioxidant activity

