

AGNIESZKA SZPARAGA, ADAM KOPEĆ, EWA CZERWIŃSKA

WPLYW ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO I ZAMRAŻALNICZEGO PRZECHOWYWANIA NA STAN MIKROBIOLOGICZNY ŚLIWEK ROZMRAŻANYCH W KOMORZE PRÓŻNIOWO-PAROWEJ

Streszczenie

Celem pracy była ocena stanu mikrobiologicznego śliwek odmiany 'węgierka zwykła', które odwodniono osmotycznie w roztworach sacharozy, a następnie przechowywano w formie zamrożonej przez 6 miesięcy. W odstępach czterotygodniowych, w owocach poddanych rozmrożeniu w komorze próżniowo-parowej oznaczano ogólną liczbę bakterii mezofilnych, psychrofilnych oraz grzybów. Wraz z wydłużaniem czasu zamrażalniczego przechowywania stwierdzono zmniejszanie liczby bakterii mezofilnych i psychrofilnych w badanych próbkach owoców. Najmniejszą liczbę drobnoustrojów zawierały śliwki odwadniane w 65-procentowym roztworze sacharozy przez 1,5 i 3,0 h. Najwięcej tych bakterii po półrocznym przechowywaniu oznaczono w próbkach owoców niepoddanych wstępnej obróbce osmotycznej (próba kontrolna). Zaobserwowano również, że w owocach poddanych łagodnej obróbce osmotycznej (niskie stężenia sacharozy) liczba drobnoustrojów była zbliżona do oznaczonej w śliwkach zamrożonych konwencjonalnie. Ogólna liczba grzybów pleśniowych i drożdży w badanym materiale podczas zamrażalniczego przechowywania uległa redukcji. Pod koniec okresu zamrażalniczego przechowywania nie stwierdzono obecności grzybów pleśniowych w owocach odwadnianych w roztworach o stężeniach od 55 do 65 %, bez względu na czas obróbki. Dominującą mikroflorę śliwek (około 75 % ogólnej liczby bakterii) stanowiły bakterie z rodzaju *Bacillus*. Wśród zidentyfikowanych pleśni dominowały rodzaje *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Fusarium* i *Cladosporium*.

Słowa kluczowe: śliwki, odwadnianie osmotyczne, rozmrażanie próżniowo-parowe, czystość mikrobiologiczna

Wprowadzenie

Wzbogacenie rynku produktów spożywczych w nowe wyroby związane jest z rozwojem badań nad skutecznością metod utrwalania [13, 15]. Zamrażanie owoców

Dr inż. A. Szparaga, Katedra Biochemii i Biotechnologii, dr inż. A. Kopeć, Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, dr E. Czerwińska, Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa, Wydz. Mechaniczny, Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin.

Kontakt: agnieszkaplawgo@wp.pl

należy do stosunkowo droższych metod utrwalania ze względu na to, że zawierają one znaczne ilości wody [19]. Pod względem ekonomicznym usuwanie wody przed zamrożeniem produktu podczas odwadniania osmotycznego (metoda dehydrofreezing) jest dobrym rozwiązaniem, powodującym minimalizowanie zmian cech fizykochemicznych owoców [14]. Ważnym aspektem utrwalania jest zachowanie wysokiej jakości produktu, która jest ściśle powiązana z techniką mrożenia oraz rozmrażania [4, 14, 20]. Niewłaściwe postępowanie podczas rozmrażania może doprowadzić do znacznego obniżenia jakości rozmrażanych owoców i warzyw [1, 6, 10].

Rozmrażanie próżniowo-parowe żywności, według metody opracowanej przez firmę APV Clark Built i Stację Badawczą Torry w Aberdeen [17], odbywa się w atmosferze pary wodnej, w warunkach obniżonego ciśnienia. Rozmrażany produkt umieszcza się w komorze próżniowej, z której odpompowuje się powietrze. Komora jest połączona z zewnętrznym zbiornikiem wypełnionym wodą. W wyniku powstającej próżni woda zaczyna wrzeć w temperaturze otoczenia. Powstająca para wodna wypełnia komorę rozmrażalniczą i kondensuje na powierzchni produktu. Ciepło kondensacji jest przejmowane przez zamrożony produkt, powodując jego szybkie rozmrażanie [7, 10, 11, 16, 17].

Charakterystyczną cechą surowców i produktów spożywczych jest ich stosunkowo niska trwałość oraz podatność na działanie mikroorganizmów [12, 22]. Przeżywalność drobnoustrojów zależy w dużym stopniu od składu chemicznego zamrożonej żywności. Redukcja liczby żywych komórek drobnoustrojów szybciej przebiega podczas zamrażania i w początkowym okresie przechowywania produktów, gdyż wtedy giną mikroorganizmy wrażliwe na niską temperaturę. Podczas przechowywania produktów mrożonych następuje stopniowe zamieranie mikroflory psychrofilnej [23].

Celem pracy było określenie wpływu odwadniania osmotycznego w roztworach sacharozy i zamrażalniczego przechowywania przez 6 miesięcy na stan mikrobiologiczny śliwek odmiany 'węgierek zwykła' rozmrażanych w komorze próżniowo-parowej.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były śliwki odmiany 'węgierek zwykła' (*Prunus domestica* L.). Badana odmiana śliwek pochodziła z sadu owocowego ze Skierniewic, w którym jest stosowana dobra praktyka sadownicza (metoda integrowanej produkcji). Zbiór owoców odbywał się w latach: 2008, 2009 i 2010 pod koniec września. Do badań przeznaczono surowiec dojrzały konsumpcyjnie, zdrowy, o zbliżonych wymiarach. Owoce oceniono pod względem jednorodności odmianowej. Cechami całkowicie dyskwalifikującymi były oznaki spleśnienia, sfermentowania, porażenia, a także nadgnicia lub zgnicia. Surowiec wstępnie umyto w celu usunięcia zanieczyszczeń organicznych

oraz mineralnych, a w pewnym stopniu również i mikroflory powierzchniowej. Ze śliwek usunięto szypułki oraz pestki poprzez ręczne drylowanie.

Odwadnianie osmotyczne połówek śliwek przeprowadzano w roztworach sacharozy o stężeniach: 35, 45, 55 i 65 %, w ciągu 1,5 i 3,0 h, w temp. 20 °C. Stosunek masy surowca do masy roztworu osmotycznego wynosił 1 : 4. Kontrolę stanowiły świeże owoce poddane zamrożeniu bez wstępnej obróbki osmotycznej (próba „0” w tabelach z wynikami). Odwadnianie przeprowadzano w łaźni wodnej z wytrząsaniem typu Elpin + typ 357. Odwodnione owoce oraz śliwki stanowiące próbę kontrolną ważono i pakowano w woreczki wykonane z PE, a następnie zamrażano w warunkach konwekcji swobodnej. Masa pojedynczej próbki wynosiła 100 ± 2 g. Owoce zamrażano do -18 °C i przechowywano przez 6 miesięcy w zamrażarce Gorenje F 61300 DW. W odstępach czterotygodniowych produkt był rozmrażany metodą próżniowo-parową, z zastosowaniem komory s-p-p, do momentu wskazania przez termoparę temp. 4 °C w centrum termicznym próbki.

Śliwki poddane utrwalaniu metodą dehydrofreezing oraz próbki kontrolne tuż po rozmrożeniu w komorze homogenizowano, a następnie wykonywano rozcieńczenia (metodą dziesięciokrotną). Ocenę stanu mikrobiologicznego śliwek zhomogenizowanych wykonywano stosując posiewy rozcieńczonych próbek metodą wgłębną Kocha. Z każdego rozcieńczenia wykonywano posiewy w trzech powtórzeniach. Ogólną liczbę drobnoustrojów w badanej próbce wyznaczano jako średnią ważoną, uwzględniającą dwa kolejne rozcieńczenia. Identyfikację wyhodowanych gatunków bakterii wykonywano za pomocą analizatora mini API firmy bioMerieux, stosując testy API 50 CHB, ID 32 STAPH, ID 32 GN. Identyfikację grzybów pleśniowych wykonywano na podstawie cech makro- i mikroskopowych. Przy identyfikacji wyhodowanych drożdży zastosowano test firmy bioMerieux ID 32 C. Oceniając jakość mikrobiologiczną śliwek, wartości uzyskanych wyników odnoszono do kryteriów mikrobiologicznych zawartych w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1441/2007 z dnia 5 grudnia 2007 r. w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych [27].

Ogólną liczbę bakterii i grzybów w każdej z trzech prób wyznaczano jako średnie wartości pomiarów zestawione w formie tabelarycznej, a uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica (wersja 10.0) oraz programie Analiza Wariancji Doświadczeń Wersja 2.1 (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy).

Wyniki i dyskusja

Zastosowana metoda dehydrofreezing i rozmrażanie śliwek w komorze próżniowo-parowej miały wpływ na ograniczenie wzrostu ogólnej liczby drobnoustrojów w stosunku do śliwek, które stanowiły próbę kontrolną (niepoddanych osmotycznemu odwadnianiu i rozmrażanych w powietrzu).

Ogólna liczba bakterii mezofilnych w badanych próbkach owoców była niższa niż w próbce kontrolnej „0” w czasie zamrażalniczego przechowywania (tab. 1).

Tabela 1. Ogólna liczba bakterii mezofilnych w 1 g śliwek utrwalonych metodą dehidrofrozowania, rozmrażanych próżniowo-parowo, w okresie przechowywania.

Table 1. Total number of mesophilic bacteria in 1 g of plums preserved using dehydrofreezing method and vacuum-steam thawed, during their storage.

Rodzaj próby Type of sample	Ogólna liczba bakterii mezofilnych [log jtk/g] Total number of mesophilic bacteria [log cfu/g]						\bar{x}
	Czas przechowywania [tygodnie] / Storage time [weeks]						
	4	8	12	16	20	24	
0	2,56	2,29	2,24	2,20	2,05	1,99	2,22
35 %, 1,5 h	2,43	2,11	2,14	2,10	2,00	1,92	2,12
35 %, 3 h	2,29	2,15	2,15	2,05	1,96	1,89	2,08
45 %, 1,5 h	2,18	2,12	2,11	2,00	1,93	1,79	2,02
45 %, 3 h	2,15	2,08	2,08	1,96	1,89	1,78	1,99
55 %, 1,5 h	2,09	2,00	2,02	1,94	1,79	1,72	1,93
55 %, 3 h	1,96	1,90	1,94	1,86	1,75	1,67	1,85
65 %, 1,5 h	2,00	1,80	1,87	1,79	1,6	1,59	1,78
65 %, 3 h	1,94	1,72	1,83	1,74	1,63	1,56	1,74
\bar{x}	2,18	2,02	2,04	1,96	1,84	1,77	1,97
NIR _{czas/time} 0,1135							NIR _{próba/sample} 0,139
NIR _{próba x czas / sample x time} 0,3404							

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} - wartość średnia / mean value; NIR – najmniejsza istotna różnica przy $p = 0,05$ / least significant difference at $p = 0.05$.

Najmniejszą liczbę drobnoustrojów zawierały śliwki odwadniane w 65-procentowym roztworze sacharozy przez 1,5 i 3,0 h. Najwięcej bakterii po półrocznym przechowywaniu oznaczono w próbkach owoców niepoddanych wstępnej obróbce osmotycznej (próba kontrolna „0”). Śliwki te odznaczały się trzykrotnie większą liczbą bakterii po półrocznym przechowywaniu w stosunku do owoców wstępnie odwodnionych w 65-procentowym roztworze sacharozy. Stwierdzono również, że w owocach poddanych łagodnej obróbce osmotycznej liczba drobnoustrojów była zbliżona do obserwowanej w śliwkach zamrożonych. Czas odwadniania nie wpływał w znaczący sposób na różnice w liczbie bakterii w rozmrażanych owocach, tak jak długość zamrażalniczego przechowywania czy stężenie zastosowanych roztworów osmotycznych.

Ogólna liczba bakterii psychrofilnych w badanych owocach po sześciomiesięcznym zamrażalniczym przechowywaniu uległa redukcji (tab. 2). Najwyższą liczbę drobnoustrojów psychrofilnych stwierdzono w śliwkach mrożonych bez przeprowadzonego procesu odwadniania osmotycznego i poddanych badaniu po rozmrożeniu próżniowo-parowym.

Tabela 2. Ogólna liczba bakterii psychrofilnych w 1 g śliwek utrwalonych metodą dehydrofreezing, rozmrażanych próżniowo-parowo, w okresie przechowywania.

Table 2. Total number of psychrophilic bacteria in 1 g of plums preserved by dehydrofreezing method and vacuum-steam thawed, during their storage.

Rodzaj próby Type of sample	Ogólna liczba bakterii psychrofilnych [log jtk/g] Total number of psychrophilic bacteria [log cfu/g]						\bar{x}
	Czas przechowywania [tygodnie] / Storage time [weeks]						
	4	8	12	16	20	24	
0	2,47	2,38	2,32	2,15	2,20	2,15	2,28
35 %, 1,5 h	2,31	2,28	2,26	2,10	1,88	1,85	2,11
35 %, 3 h	2,26	2,18	2,14	2,05	1,88	1,76	2,05
45 %, 1,5 h	2,19	2,09	2,08	2,07	1,88	1,75	2,01
45 %, 3 h	2,07	2,00	2,00	1,96	1,85	1,73	1,94
55 %, 1,5 h	1,97	1,99	1,90	1,90	1,79	1,67	1,84
55 %, 3 h	1,79	1,91	1,88	1,83	1,60	1,41	1,74
65 %, 1,5 h	1,61	1,73	1,67	1,62	1,46	1,28	1,56
65 %, 3 h	1,54	1,48	1,63	1,52	1,36	1,20	1,46
\bar{x}	2,02	2,00	1,99	1,91	1,71	1,64	1,89
NIR _{czas/time} 0,1024							NIR _{próba/sample} 0,1211
NIR _{próba x czas/time x sample} 0,3211							

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W śliwkach odwadnianych w roztworze o stężeniu 65 % przez 3 h nastąpiło ponad dwukrotne zmniejszenie liczby drobnoustrojów po całym cyklu przechowywalniczym. Czystość mikrobiologiczna śliwek zamrożonych bez wstępnego usuwania wody oraz owoców odwodnionych w roztworach o najniższym, 35-procentowym stężeniu, była zbliżona. Wydłużenie czasu odwadniania osmotycznego i zwiększenie stężenia syropów skutkowało zmniejszoną liczbą bakterii psychrofilnych po rozmrożeniu.

Ogólna liczba grzybów pleśniowych i drożdży w badanym materiale podczas zamrażalniczego przechowywania uległa redukcji (tab. 3). Nie zaobserwowano grzybów w śliwkach, w których wstępnie usunięto wodę podczas odwadniania w roztworach o stężeniu 65 %, bez względu na czas obróbki. Natomiast w próbie kontrolnej wystąpiła prawie 10-krotna redukcja liczby grzybów. Liczba grzybów w próbach śliwek była

na zbliżonym i bardzo niskim poziomie. Stwierdzono również, że owoce odwadniane w roztworach o dużych stężeniach cechował brak wzrostu grzybów już po drugim lub trzecim terminie zamrażalniczego przechowywania.

Tabela 3. Ogólna liczba grzybów pleśniowych w 1 g śliwek utrwalonych metodą dehydrofreezing, rozmrażanych próżniowo-parowo, w okresie przechowywania.

Table 3. Total number of moulds in 1 g of fruits fixed by dehydrofreezing, vacuum-steam thawed during storage.

Rodzaj próby Type of sample	Ogólna liczba grzybów pleśniowych [log jtk/g] Total number of moulds [log cfu/g]						\bar{x}
	Czas przechowywania [tygodnie] / Storage time [weeks]						
	4	8	12	16	20	24	
0	2,43	2,02	2,11	1,88	1,85	1,46	1,96
35 %, 1,5 h	2,30	2,00	1,81	1,77	0,95	0,90	1,62
35 %, 3 h	2,25	1,96	1,71	1,67	0,78	0,90	1,55
45 %, 1,5 h	2,18	1,95	1,68	1,49	0,78	0,78	1,48
45 %, 3 h	2,14	1,91	1,59	1,43	0,7	0,78	1,43
55 %, 1,5 h	2,12	1,89	brak wzrostu	0,30	0,85	0,70	0,98
55 %, 3 h	2,05	1,79	1,15	brak wzrostu	0,70	0,70	1,07
65 %, 1,5 h	2,00	1,74	0,70	brak wzrostu	0,30	brak wzrostu	0,79
65 %, 3 h	1,87	1,38	brak wzrostu	brak wzrostu	brak wzrostu	brak wzrostu	0,54
\bar{x}	2,15	1,85	1,19	0,95	0,77	0,69	1,27
NIR _{czas/time} 0,2119							NIR _{próba/sample} 0,3987
NIR _{próba x czas /sample x time} 0,5789							

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Redukcja liczby komórek drobnoustrojów podczas zamrażalniczego przechowywania jest charakterystyczna dla tego procesu. Zbliżone wyniki uzyskali Majczyna i Białasiewicz [23], którzy zaobserwowali, że podczas przechowywania produktów mrożonych następuje zamieranie drobnoustrojów. Także Beales [2] wykazał, że owoce, w których wstępnie zredukowano zawartość wody podczas odwadniania osmotycznego, charakteryzują się mniejszą liczbą mikroorganizmów, czyli ilość wody występująca w zamrożonym produkcie determinuje możliwość przeżycia drobnoustrojów. W opinii Bealesa [2], w produktach mrożonych komórki drobnoustrojów mogą ulegać tzw. subletalnemu uszkodzeniu i w zależności od sposobu i warunków prowadzenia procesu rozmrożenia żywności powraca ich aktywność metaboliczna. W badaniach

własnych, w odwodnionych i zamrożonych śliwkach ogólna liczba bakterii była na bardzo niskim poziomie w porównaniu z wynikami Mulyawanti i wsp. [25], którzy badali czystość mikrobiologiczną owoców mango, zamrożonych w ciekłym azocie i przechowywanych przez 3 miesiące w temp. $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ i stwierdzili obecność mikroflory, pomimo zastosowanych parametrów przechowywania [25]. Wykonane badania dowiodły również, że proces rozmrażania miał istotny wpływ na liczbę przeżywających w produkcji bakterii. Podobnie, jak w przypadku analiz wykonanych przez Kumalaningsiha i Hidayata [21], stwierdzono, że szybkie rozmrażanie ogranicza liczbę drobnoustrojów [21]. Natomiast wyniki badań własnych były sprzeczne z uzyskanymi przez Skupień i Wójcik-Stopczyńską [28], które w badaniach nad jakością mrożonych przecierów z truskawek odmiany 'Elsanta' wykazały, że zmniejszenie liczby bakterii i grzybów było zróżnicowane, ale bardziej efektywne w przecierach niesłodzonych. Po całym cyklu zamrażalniczego przechowywania Skupień i Wójcik-Stopczyńska [28] stwierdziły, że we wszystkich zamrożonych homogenatach ogólna liczba bakterii była zbliżona i kształtowała się na poziomie 10^2 jtk/g. Uzyskane wyniki badań dotyczące liczby grzybów również nie znajdują odzwierciedlenia w badaniach wymienionych autorek. Odnotowały one bowiem, że po rocznym składowaniu zamrożonych przecierów pojedyncze grzyby pleśniowe pozostały tylko w homogenatach słodzonych [28]. W dostępnej literaturze zaznacza się, że jakość mikrobiologiczna mrozonek i przeżywalność drobnoustrojów zależą od wielu czynników, a mechanizm ich oddziaływania nie zawsze jest do końca poznany. Dlatego wyniki otrzymywane przez badaczy są zróżnicowane, a niekiedy sprzeczne. Stwierdzona przez Skupień i Wójcik-Stopczyńską [28] redukcja liczby bakterii w zamrożonych homogenatach truskawkowych była mniejsza niż zaobserwowana w przedstawionych badaniach i w badaniach przeprowadzonych przez Steinkę i Stankiewicz [29] w zamrażanych homogenatach aloesowych. Redukcja liczby bakterii i grzybów w śliwkach niepoddanych wstępnemu odwadnianiu osmotycznemu była na poziomie zbliżonym do wartości podawanych przez Grudę i Postolskiego [10] w odniesieniu do zamrażanych malin, jagód i czarnych porzeczek oraz truskawek [10]. Zaobserwowane zmniejszenie liczby mikroorganizmów w czasie zamrażalniczego składowania odwodnionych osmotycznie owoców potwierdzają doniesienia tych badaczy, że w mrożonych owocach, po kilku miesiącach składowania, liczba bakterii, drożdży i pleśni nie przekracza 1,5 % wartości wyjściowych. Natomiast przedstawione wyniki badań są sprzeczne z opinią tych badaczy, którzy wykazali większą przeżywalność bakterii i grzybów w homogenatach z dodatkiem cukru [28].

Przeprowadzone badania jakościowe mikroflory śliwek wykazały obecność przede wszystkim bakterii z rodzaju *Bacillus*. W niemal wszystkich przypadkach stanowiły one około 75 % ogólnej liczby bakterii. W przypadku prób kontrolnych, które zostały zamrożone bez wstępnego usunięcia wody, w ostatnim, szóstym miesiącu przechowywania stwierdzono obecność bakterii z rodzaju *Bacillus cereus*. Bakterie te wytwarzają

dwa typy toksyn odpowiedzialnych za wymioty i biegunki [9]. W przeprowadzonych badaniach laseczkę tę wykryto jedynie w próbkach kontrolnych, a jej liczba na poziomie 2 - 5 jtk/g nie stanowi zagrożenia dla konsumentów, gdyż udowodniono, że takie zagrożenie stanowi dopiero zanieczyszczenie rzędu 10^3 jtk/g [9]. Kordowska-Wiater i wsp. [18] przeprowadzili ocenę jakościową drobnoustrojów w zamrożonych warzywach i nie wykryli obecności pałeczek *Salmonella* spp., natomiast bakterie *B. cereus* i *S. aureus* występowały w większej liczbie niż w owocach, tj. średnio na poziomie 10^1 - 10^2 jtk/g [18].

Wśród mikroorganizmów, które zanieczyszczają surowce i produkty przeznaczone do zamrażania, są drobnoustroje określane umownie jako psychrofile (zimnolubne) i psychrotrofy (zimnotolerancyjne), które preferują warunki obniżonej temperatury [26]. Są to zarówno drobnoustroje chorobotwórcze odpowiadające za jakość zdrowotną żywności, jak i saprofityczne, rozkładające podstawowe składniki żywności – odpowiedzialne za jakość sensoryczną produktów.

We wszystkich wariantach doświadczalnych, w śliwkach stwierdzono obecność bakterii *Staphylococcus xylosum*. Spośród streptokoków zidentyfikowano *Streptococcus mitis*. Wykryto również naturalnie występującą na surowcach roślinnych mikroflorę, a mianowicie *Leuconostoc* sp., *Lactobacillus* sp. Zidentyfikowano także *Micrococcus luteus*, należące do grupy bakterii Gram-dodatnich. Jednak powszechnie bakterie te uważane są za niechorobotwórcze. Obecność tych drobnoustrojów wyjaśniali Beales [2] i Geiges [8]. Stwierdzili oni, że bakterie Gram-dodatnie należą do grupy drobnoustrojów o szczególnej oporności na ujemną temperaturę i są zdolne do przeżycia kilku miesięcy w żywności głęboko zamrożonej [2, 8]. Wśród zidentyfikowanych pleśni dominowały rodzaje *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor* oraz *Fusarium* i *Cladosporium*. Mikroorganizmy te stanowią najliczniejszą grupę w atmosferze (nawet do 2×10^4 jtk/m³) [30]. Uzyskane wyniki można również odnieść do badań Bealesa [2] i Geiges [8], którzy potwierdzili, że najbardziej odporne na zamrażanie są zarodniki grzybów, a także drożdże. Wymienieni autorzy izolowali z mrożonych produktów psychrotrofowe pleśnie należące do rodzajów: *Aureobasidium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor* oraz drożdże *Candida* i *Saccharomyces* [2, 8]. Podobne rodzaje mikroorganizmów zidentyfikowali Mulyawanti i wsp. [25] w owocach mango. Pomimo niskiej temperatury wykryto w nich obecność *Cladosporium*, *Sporotrichum*, *Penicillium*, *Monilia* [25], co potwierdza opinię Kumalaningsiha i wsp. [21] o możliwej przeżywalności drobnoustrojów nawet w temperaturze -34 °C [21].

Skład mikroflory występującej na powierzchni owoców uzależniony jest od mikroflory powietrza w sadzie oraz gatunku badanej rośliny. Generalnie przeważają grzyby strzępkowe (rodzaje: *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Epicoccum*) i organizmy drożdżopodobne (rodzaj *Aureobasidium*), a ich liczba kształtuje się w granicach

$5 \times 10^2 - 10^4$ jtk na cm^2 powierzchni [3, 5]. Często w posiewach pojawiają się również szczepy drożdżowe, zarówno niefermentujące (rodzaj *Rhodotorula*), jak i fermentujące. Głównym źródłem zanieczyszczeń mikrobiologicznych owoców śliwy mogą być warunki panujące w sadzie, miejsce lokalizacji, skład powietrza i wody, a także obecność owadów przenoszących drobnoustroje (w ich organizmie pełnią rolę symbiontów) [24]. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne owoców następuje także podczas ich bezpośredniego kontaktu z podłożem w czasie zbiorów. Przeprowadzone badania dowiodły jednak, że znaczna część mikroflory znajdującej się na owocach może zostać usunięta w wyniku prawidłowej obróbki wstępnej.

W badaniach własnych wykazano również obecność drożdży, wśród których dominowały rodzaje *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Zygosaccharomyces*. Nie stwierdzono obecności drożdży z rodzajów *Pichia* i *Candida*, których rozwój prowadzi do zmian sensorycznych gotowego produktu. Wśród zidentyfikowanych drożdży na szczególną uwagę zasługuje rodzaj *Zygosaccharomyces*, należący do grupy osmofilnych, które rozwijają się szybciej w środowisku o wysokich stężeniach cukrów. Obecność ich w śliwkach odwadnianych w roztworach sacharozy o 65-procentowym stężeniu jest na to dowodem, ale połączenie odwadniania osmotycznego z zamrażaniem wpłynęło na ograniczenie ich liczby.

Wnioski

1. Zastosowane metody dehydrofreezing i rozmrażanie śliwek w komorze próżniowo-parowej miały wpływ na ograniczenie wzrostu ogólnej liczby drobnoustrojów w porównaniu ze śliwkami, które stanowiły próbę kontrolną (i nie były poddawane osmotycznemu odwadnianiu przed zamrożeniem).
2. Wykazano, że stan mikrobiologiczny śliwek zależał od: stężenia roztworu sacharozy, czasu obróbki osmotycznej oraz czasu zamrażalniczego przechowywania. Największa redukcja liczby drobnoustrojów nastąpiła w śliwkach po odwodnieniu osmotycznym w roztworze o stężeniu 65 %, po 3 h procesu. Wydłużenie czasu zamrażalniczego przechowywania powodowało obniżenie ogólnej liczby bakterii psychrofilnych, mezofilnych, grzybów i drożdży.
3. W owocach utrwalonych metodą dehydrofreezing i rozmrażanych w komorze próżniowo-parowej nie stwierdzono obecności drobnoustrojów chorobotwórczych, a wśród oznaczonej mikroflory dominowały bakterie z rodzaju *Bacillus* oraz grzyby z rodzaju *Alternaria* i *Saccharomyces*.

Literatura

- [1] Anonim: Ashrae Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA, 2001.

- [2] Beales N.: Adaptation of microorganisms to cold temperatures, weak acid preservatives, low pH, and osmotic stress: a review. *Compr. Rev. Food Sci. F*, 2004, **3** (1), 1-20.
- [3] Buck W.J., Lachance M.A., Traquair J.A.: Microflora of peach bark: population dynamics and composition. *Canadian J. Bot.*, 1998, **76** (2), 345-354.
- [4] Chiralt A., Talens P.: Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *J. Food Eng.*, 2005, **67** (1-2), 167-177.
- [5] Davenport R.R.: Microecology of yeasts and yeast-like organisms associated with an English vineyard. *Vitis*, 1974, **13**, 123-130.
- [6] Diakun J., Kopeć A.: Koncepcja rozmrażania próżniowo-parowego produktów spożywczych z wykorzystaniem sublimacji. *Mat. XI Konf. Nauk.-Techn. BEMS, Koszalin 2004*.
- [7] Diakun J., Kopeć A.: Porównanie procesu rozmrażania mięsa metodami próżniowo-parową i sublimacyjno-próżniowo-parową. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, **7** (82), 73-81.
- [8] Geiges O.: Microbial processes in frozen food. *Adv. Space Res.*, 1996, **18** (12), 109-118.
- [9] Granum P.E., Lund T.: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *Fems. Microbiol. Lett.*, 1997, **157** (2), 223-228.
- [10] Gruda Z., Postolski J.: *Zamrażanie żywności*. WNT, Warszawa 1999.
- [11] Jason A.C.: *Thawing frozen fish*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Torry Research Station, HMSO Press, Edinburgh 1974.
- [12] Jay J.M., Loessner M.J., Golden D.A.: *Modern food microbiology*. Ed. Springer, USA, 2005.
- [13] Kamińska A., Lewicki P.P.: Ruch masy w żelach modelowych i jabłkach odwadnianych osmotycznie, zamrożonych i przechowywanych. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, **9** (69), 167-173.
- [14] Kamińska A., Lewicki P.P.: Metoda dehydrofreezing (D-F) – znaczenie i przyszłość. *Przem. Spoż.*, 2005, **9** (59), 12-15.
- [15] Kamińska A., Lewicki P.P.: Wpływ wstępnej obróbki osmotycznej na przebieg procesów zamrażania i rozmrażania jabłek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2** (47), 101-107.
- [16] Kopeć A., Diakun J.: Kinetyka zmian masy i temperatury w procesie sublimacyjno-parowo-próżniowego rozmrażania mięsa. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, **11** (71), 251-258.
- [17] Kopeć A., Diakun J., Milewski T.: Rozmrażanie truskawek metodą próżniowo-parową. *Inżynieria Rolnicza*, 2009, **2** (111), 83-89.
- [18] Kordowska-Wiater M., Janas P., Sosnowska B., Waśko A., Nowak A., Kluza B.: Występowanie bakterii patogennych oraz drobnoustrojów wskaźnikowych zanieczyszczenia fekalnego w mrożonych warzywach. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2** (51), 134-144.
- [19] Kowalska H., Lenart A.: Kinetyka odwadniania osmotycznego jabłek i marchwi w wybranych parametrach procesu. *Zesz. Nauk. PŁ, Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 1999, **821** (25), 55-61.
- [20] Kowalska H., Lenart A.: Zmiany struktury tkanki roślinnej wywołane odwadnianiem osmotycznym. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, **9** (69), 187-195.
- [21] Kumalaningsih S., Dan N. Hidayat.: *Mikrobiologi Hasil Pertanian*. [online]. MRiRW. Dostępne w Internecie [29.07.2013.]: <http://digilib.umm.ac.id/files/disk1/182/jiptumpp-gdl-s1-2007-sayyidahim-9090-1.+PENDA-N.pdf>
- [22] Libudzisz Z., Kowal K., Żakowska Z. (Red.): *Mikrobiologia techniczna. Mikroorganizmy w biotechnologii, ochronie środowiska i produkcji żywności*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2008.
- [23] Majczyna D., Białasiewicz D.: Przeżywalność drobnoustrojów w niskich temperaturach. *Chłodnictwo*, 2001, **36** (5), 45-48.
- [24] Morais P.B., Martins M.B., Klaczko L.B., Medonca-Hagler L.C., Hagler A.H.: Yeasts succession in the Amazon Fruit *Parahancornia amapa* as resource partitioning among *Drosophila spp.* *Appl. Environ. Microbiol.*, 1995, **61** (12), 4251-4257.
- [25] Mulyawanti I., Dewandari K.T., Yulianingsi H.: Effects of freezing and storage periods on characteristics of frozen sliced arumanis mango. *Indones J. Agric.*, 2010, **3** (1), 32-38.

- [26] Piotrowska M., Nowak A.: Drobnoustroje w produktach spożywczych mrożonych i przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Chłodnictwo*, 2005, **40 (12)**, 50-52.
- [27] Rozporządzenie (WE) nr 1441/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 grudnia 2007 r. w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. *Dz. Urz. UE L 322*, s. 15-22, z 07.12.2007.
- [28] Skupień K., Wójcik-Stopczyńska B.: Ocena jakości przecierów z truskawek odmiany *Elsanta*. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2005, **4 (2)**, 25-35.
- [29] Steinka I., Stankiewicz J.: Ocena wpływu mrożenia aloesu na mikroflorę pozyskiwanej pulpy. *Post. Mikrobiol. Supplement 1*, 2004, **43**, 499.
- [30] Stępańska D., Harmata K., Kasprzyk I., Myszowska D., Stach A.: Occurrence of airborne *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Southern and Central Poland in 1995-1996. *Aerobiologia*, 1999, **15**, 39-47.

EFFECT OF OSMOTIC DEHYDRATION AND FROZEN STORAGE ON MICROBIOLOGICAL CONDITION OF PLUMS DEFROSTED IN VACUUM-STEAM CHAMBER

S u m m a r y

The objective of the paper was to assess the microbiological condition of plums of 'Węgierka' variety that were osmotically dehydrated in sucrose solutions and, then, stored frozen during a period of 6 months. At 4-week intervals, in the fruit thawed in a vacuum-steam chamber, determined were total amounts of mesophilic and psychrophilic bacteria, as well as of fungi. It was found that along with extending the frozen storage time, the count of mesophilic and psychrophilic bacteria in the fruit samples analyzed decreased. The plums dehydrated in a 65 % sucrose solution for 1.5 and 3.0 hours had the least count of the microorganisms. In the fruit samples, which were not osmotically pre-treated (control sample) and which were stored frozen for half a year, the highest count of those bacteria was reported. It is also found that in the fruit dehydrated in the solutions showing a low concentration of sucrose, the amount of microbes was similar to that found in the conventionally frozen plums. The total quantity of mould and yeast in the material analyzed was reduced during their frozen storage. Regardless of the processing time, by the end of the period of frozen storage, no moulds were found in the fruit dehydrated in the solutions the concentration rate of which ranged from 55 to 65 %. The *Bacillus* genus bacteria were a prevailing micro-flora found in plums (about 75 % of the total count of bacteria). Amongst the identified moulds, the dominant types were *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, as well as *Fusarium* and *Cladosporium*.

Key words: plums, osmotic dehydration, vacuum-steam thawing, microbiological purity ☒