

Kamil WILCZYŃSKI¹⁾, Marian PANASIEWICZ¹⁾, Katarzyna OLESIŃSKA²⁾, Klaudia KAŁWA³⁾¹⁾ Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie²⁾ Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie³⁾ Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie**Wybrane zagadnienia dotyczące mrożenia owoców w aspekcie zmian jakościowych surowca****Streszczenie**

Żywność pochodzenia roślinnego, w tym owoce i warzywa, stanowi nieodzowny składnik diety każdego człowieka. Produkty te dostarczają niezbędnych związków odżywczych, pozytywnie wpływających nie tylko na zdrowie, ale także na samopoczucie. Wzrost świadomości konsumentów przyczynił się do podniesienia wymagań stawianych żywności, co sprzyja poprawie jakości dostępnych na rynku produktów. Wpływa to na wymagania stawiane żywności bogatej w elementarne składniki odżywcze oraz witaminy. Złożone wyzwania, związane z zapewnianiem bezpieczeństwa i wysokiej jakości żywności pochodzenia roślinnego, wymagają od producentów i przetwórców poszukiwania nowych, kreatywnych sposobów utrwalania oraz innowacyjnego podejścia do rozwoju stosowanych metod technologicznych. Mimo, że obecnie dostęp do świeżych warzyw i owoców jest nieograniczony praktycznie przez cały rok, na rynku dostępne są ich mrożone odpowiedniki. W pracy przedstawiono procesy technologiczne związane z niskotemperaturowym utrwalaniem owoców, podstawy teoretyczne zamrażania, metody i urządzenia zamrażalnicze oraz ocenę jakościową surowców przeznaczonych do zamrażania, jak również zmiany jakościowe zachodzące podczas zamrażania.

Słowa kluczowe: owoce, mrożenie, jakość, przechowywanie, utrwalanie

Selected aspects of freezing fruit and quality changes of the raw material**Summary**

Food of plant origin, including fruit and vegetables, are an essential component in the diet of every person. These products provide essential nutrients, positively affecting not only on health but also on the well-being. The increase in consumer awareness has contributed to raising food requirements, which is conducive to improve the quality of products available on the market. It affects the requirements for elementary foods rich in nutrients and vitamins. The complex challenges of ensuring the safety and quality of plant-based foods require manufacturers and processors to seek new, creative ways of preservation and innovative approach to the development of applied technologies. . The variable nature of fresh produce requires the development of such methods, which will be adapted and optimized for each type of fruit and vegetables. Although currently access to fresh fruit and vegetables is virtually unlimited throughout the year, on the market are available their frozen counterparts. The paper presents technological processes related to low-temperature fruit preservation, freezing methods and devices and quality assessment of raw materials for freezing, as well as qualitative changes during freezing.

Key words: fruits, freezing, quality, storage, preservation

Wprowadzenie

Przetwórstwo owocowo-warzywne charakteryzuje się sezonowością występowania surowca oraz przetwarzaniem dużych ilości nietrwałego materiału w krótkim czasie. Z tego względu, że wykazuje się dużą złożonością i wielokierunkowością procesów obróbki wstępnej jak i operacji jednostkowych, należy do wyjątkowo trudnych gałęzi przetwórstwa spożywczego.

Ważną rolę wśród technik przechowywania i utrwalania owoców i warzyw odgrywają metody oparte na działaniu niskich temperatur, czyli chłodzenie i zamrażanie. Proces chłodzenia jest etapem wstępnym przed zamrażaniem, powoduje obniżenie temperatury spowalniając przemiany zachodzące w surowcu. Stopień zahamowania tych procesów zależy od rodzaju owoców. Produkcja mrożonek owo-

cowych w Polsce, w łącznej wielkości produkcji przetworów owocowych, w 2016 r. kształtowała się na poziomie 41%, zaś warzywnych 52%. Łączna produkcja mrożonek owocowo-warzywnych wynosiła 103,8 tys. ton. Udział mrożonych owoców w łącznej wartości polskiego eksportu mrożonek owocowo-warzywnych wynosił 67%. Do największych odbiorców polskich mrożonek owocowo-warzywnych wśród krajów europejskich należą: Niemcy, Francja, Belgia, i Wielka Brytania, zaś poza unijnych Białoruś, USA i Norwegia (Bugala, 2017). Produkcja przetworów owocowych w Polsce po wejściu do Unii Europejskiej wyniosła średnio 861 tys. ton, wśród czego przeważały mrożonki (40%) i soki (30%) (Banaś i Korus, 2016). W przemysłowej produkcji malin, owoce mrożone stanowią 63% wszystkich uzyskiwanych przetworów (Baranowska i Zarzecka, 2014).

Zamrażanie polega na obniżeniu temperatury surowca poniżej -18°C (za granicę zamrażania właściwego przyjmuje się zazwyczaj temperaturę -20°C) w celu całkowitego zahamowania procesów chemicznych i biologicznych oraz osiągnięcia przez to właściwego utrwalenia owoców. Jest to najmniej inwazyjna metoda utrwalania produktów roślinnych nie wpływająca znacząco na zmiany składu chemicznego owoców. W porównaniu z innymi metodami przetwarzania żywności powoduje niewielką stratę cennych żywieniowo składników odżywczych. Proces ten spowalnia procesy życiowe w tkankach roślinnych, hamuje wzrost mikroorganizmów powodujących ich psucie się. Wynika to z faktu, że owoce zawierają bardzo dużą ilość wody, a temperatura ma nieznaczny wpływ na zmiany aktywności wody do momentu, gdy ta zmienia swój stan skupienia. Wraz z obniżaniem temperatury wzrasta ilość wymrożonej wody w komórkach owocu, poprzez co wzrasta stężenie rozpuszczonych składników powodując, że środowisko zewnętrzne staje się hipertoniczne w stosunku do środowiska wewnętrznego drobnoustrojów. Prowadzi to do zanikania funkcji życiowych komórek rośliny, a w efekcie końcowym do ich śmierci. Jednocześnie dochodzi do spowolnienia przebiegu reakcji chemicznych oraz zmniejszenia aktywności enzymatycznej, co powoduje wydłużenie okresu trwałości produktu (Królasik i Sosland-Fałtyń, 2014). Dzięki temu zamrażanie pozwala na zachowanie jakości porównywalnej do jakości świeżych owoców (Alhamdan i in., 2015). W procesie zamrażania bardzo ważnym aspektem jest jakość surowca, szybkość prowadzonego procesu oraz sposób obniżania temperatury, co ma znaczący wpływ na właściwości strukturalne owocu. W technice zamrażania żywności niedopuszczalne jest ponowne zamrażanie produktu uprzednio rozmrożonego. Markowska i Polak (2014) oceniają, że końcowa jakość produktu mrożonego, w blisko 80%, zależy od procesu produkcyjnego, a w pozostałej części od przechowywania.

W pracy dokonano analizy procesu organizacyjno – technologicznego przygotowania i mrożenia owoców w aspekcie otrzymania jak najwyższej jakości produktu finalnego.

Wartość odżywcza mrożonych owoców

Kowalczyk i Olbryś (2014) wskazują, że główną przyczyną spożycia mrożonek jest ograniczony dostęp do świeżych produktów, atrakcyjny smak oraz trwałość. Mrożenie pozwala w dużym stopniu zachować cechy świeżego surowca tj.: smak, zapach, barwę oraz skład (Kowalczyk i Olbryś, 2014). Zamrożone owoce w małym stopniu tracą wartości odżywcze, nie pleśnieją oraz nie gniją. Ta forma utrwalania pozwala na mniejsze straty witamin A, C i z grupy B w porównaniu z innymi metodami utrwalania (Pobereźny i Wszelaczyńska, 2013; Kozłowska-Wojciechowska, 2007; Skrety i in., 2013). Mrożenie zwiększa również efektywność ekstrakcji antocyjanów (Goźdecka i in., 2015; Kaniewska i in., 2013; Ścibisz i Mitek, 2007). W pracy Ścibisz i Mitek (2007) podczas procesu mrożenia nie zaobserwowano statystycznie istotnych zmian zawartości antocyjanów ogółem w owocach borówki wysokiej. Ilość antocyjanów ogółem w świeżym surowcu była zbliżona do zawartości stwierdzonej w owocach mrożonych zarówno, w temp. -18°C jak i w -35°C . Ponadto, owoce zamrożone, w porównaniu z surowcem świeżym, charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością po-

chodnych delfinidyny oraz petunidyno-3-arabinozydu, którego ilość w owocach świeżych wynosiła 16,8 mg/100 g, natomiast w mrożonkach 18,1mg/100 g (temp. -18°C) oraz 17,6 mg/100 g (temp. -5°C). W pracy Kolniak (2008), autorka wykazała, że największą zawartością polifenoli charakteryzowały się świeże truskawki odmiany Elkat (178,3 mg/100 g), natomiast najwięcej antocyjanów zawierała odmiana Senga-Sengana (39,6 mg/100 g). Po sześciomiesięcznym zamrażalniczym przechowywaniu stwierdzono wzrost zawartości polifenoli ogółem (średnio od 157,1 do 252,9 mg/100 g w zależności od wariantu doświadczenia). Häkkinen i Törrönen (2000), podają, że w trakcie kilkumiesięcznego przechowywania truskawek możliwy jest zarówno wzrost, jak

i zmniejszenie zawartości polifenoli. Autorzy twierdzą, że wzrost zawartości związków polifenolowych w badanych produktach związany może być z fizjologiczną odpowiedzią organizmów roślinnych na infekcje i uszkodzenia.

Wszystkie owoce niezależnie od procesu obróbki tracą swoje wartości odżywcze wraz z upływem czasu przechowywania. Składniki te zależą od różnych czynników m.in. temperatury, wilgotności, daty, sposobu zebrania i wielu innych. Owoce ze względu na swoją budowę wymagają stosunkowo szybkiego zamrażania, a proces ich rozmrażania powinien odbywać się w temperaturze pokojowej lub w warunkach chłodniczych. Do owoców, których nie powinno się mrozić zalicza się: arbuz, kiwi, papaja, pomarańcza i grejpfrut (Zalewski 2009).

Ocena jakościowa surowca przeznaczonego do mrożenia

Wykorzystanie mrożenia do utrwalania owoców narzuca producentom mrożonek szereg wymagań. Nie wszystkie odmiany owoców nadają się do zamrożenia, dlatego też ważny jest ich odpowiedni dobór. Owoce powinny znajdować się w stadium optymalnej dojrzałości, która z niewielkimi wyjątkami pokrywa się z dojrzałością konsumpcyjną. Dojrzewanie po zbiorze, z uwagi na stosowaną w nowoczesnym przetwórstwie szybkość przerobu, nie ma większego znaczenia. Jednak w pełni dojrzałe owoce posiadają osłabioną strukturę tkankową, która jest bardziej podatna na uszkodzenia wywołane mrożeniem. Może to w efekcie końcowym przyczynić się do deformacji owoców i znacznego wycieku soku po rozmrożeniu (Kozłowska-Wojciechowska, 2007).

Surowiec przyjmowany do przetworzenia podlega ocenie kondycji. W sposób organoleptyczny ocenia się m.in. wybarwienie, zapach, smak, konsystencję, stopień dojrzałości, zgodność odmiany, obecność plam chorobowych i zanieczyszczeń fizycznych. Analitycznie ocenia się natomiast właściwości mikrobiologiczne i chemiczne. Z każdej partii surowca pobierane są próby na obecność mikroorganizmów, pestycydów, metali ciężkich, co pozwala na określenie spełnienia norm uprawy i stosowania środków ochrony roślin.

Podstawowym zabiegiem poprawiającym jakość wyrobu gotowego jest selekcja surowca i odrzucenie owoców z wyraźnymi objawami zepsucia. Na powierzchni owoców bytują drobnoustroje, głównie bakterie pektynolityczne, saprofityczne bakterie Gram-ujemne, bakterie kwasu mlekowego i drożdże (Nguyen i Carlin, 1994). Każde uszkodzenie skórki umożliwia im wnikanie do miąższu i dalszy ich rozwój. Niewłaściwy transport i przechowywanie surowca wpływa na pogorszenie jego jakości. Dąży się zatem do skrócenia czasu

transportu i obniżenia temperatury przechowywania surowca do momentu jego przetworzenia (Kunicka - Styczyńska, 2012). Warunki przechowywania surowców przez dostawcę i właściwy sposób ich transportu, przedkłada się również na ograniczenie zmian struktury i składu chemicznego owoców. Innym ważnym czynnikiem są opakowania, w których surowiec jest przewożony. Powinny one być czyste, bez uszkodzeń i odpowiednio zdezynfekowane.

Obróbka wstępna surowca

W procesie przetwarzania owoców i warzyw cykl zabiegów objętych obróbką wstępną surowca jest bardzo zróżnicowany. Do ich prawidłowego wykonania są wykorzystywane różnorodne maszyny i urządzenia, których dobór uzależniony jest od odmiennych właściwości szerokiego asortymentu owoców, różnic w ich strukturze i kształcie oraz składzie chemicznym.

Obróbka wstępna owoców i warzyw, niezależnie od układów technologicznych, obejmuje takie zabiegi jak: mycie, odszypułkowanie, przebieranie i sortowanie, kalibrowanie, obieranie, usuwanie pestek i gniazd nasiennych, krojenie i rozdrabnianie, blanszowanie. Celem tych zabiegów jest osiągnięcie, przez działanie na surowce celowo dobranych czynników (mechanicznych, cieplnych i dyfuzyjnych), pożądanych cech produktów finalnych. Czynności te wykonywane są we wszystkich zakładach przetwórstwa owocowo-warzywnego, niezależnie od specjalizacji zakładu, lecz nie wszystkie wymienione zbiegi są stosowane jednocześnie. Mogą one występować w różnych układach a kolejność ich wykonywania w pewnym stopniu związana jest z rodzajem przerabianego surowca (Lewicki, 2005; Zadernowski i Oszmiański, 1994; Chwiej, 1984). Królasik i Szosland-Fałtyn (2014) podają, że płukanie truskawek przed mrożeniem pozwala na redukcję liczby bakterii do 30%, zaś drożdży do 27%. Natomiast zamrożenie owoców maliny, jagody i porzeczki bez płukania prowadzi do spadku liczebności bakterii o 13-16%, a drożdży o 2-18% (Królasik i Szosland-Fałtyn, 2014).

Podstawy teoretyczne procesu zamrażania

Kinetyka obniżania temperatury podczas procesu zamrażania wpływa na ilość, rozmiar oraz rozrost kryształów wymrażanej wody. Podczas fazy zamrażania istotne znaczenie ma szybkość przesuwania się frontu mrożenia na tempo zarodkowania, rozrost i rozmiar kryształów. Pogorszenie struktury owoców następuje na wskutek występowania ciśnienia mechanicznego towarzyszącego formowaniu się kryształów lodu, a także wzrostowi objętości wody w stanie zamrożonym (Agoulon, 2013).

Trwałość produktów zamrożonych jest wielokrotnie wyższa niż tych samych produktów w stanie schłodzonym. Nie jest to jednak równoznaczne z całkowitym wyeliminowaniem procesów szkodliwie oddziałujących na trwałość i jakość owoców. Zamrażanie nie inaktywuje enzymów, a tylko w dużym stopniu spowalnia tempo przemian przez niekatalizowanych, hamuje również rozwój drobnoustrojów, ale nie niszczy ich całkowicie (Gruda i Postolski, 1999; Ionow 1999; Jastrzębski 1991). Redukcja liczby drobnoustrojów jest cechą charakterystyczną podczas zamrażalniczego przechowywania owoców i warzyw, na co wskazują badania Szpara-

ga i in. (2014). Autorzy zaobserwowali, że ogólna liczba grzybów, pleśni i drożdży w mrożonkach uległa zmniejszeniu. W innych pracach wykazano jednak obecność mikroflory, pomimo zastosowanych parametrów przechowywania (Mulyawanti i in., 2010). Badania tych autorów dowiodły również, że proces rozmrażania miał istotny wpływ na liczbę przeżywających w produkcie bakterii. Z kolei Skupień i Wójcik-Stopczyńska (2005), stwierdziły, że we wszystkich zamrożonych homogenatach z truskawek ogólna liczba bakterii była zbliżona i kształtowała się na poziomie 10^2 jtk/g.

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 (Majczyńska i Białasiewicz, 2001).

Metody i urządzenia zamrażalnicze

Ze względu na sposoby wymiany ciepła urządzenia zamrażalnicze można podzielić na kontaktowe, owiewowe, wykorzystujące technikę impingement, immersyjne i kriogeniczne.

– Urządzenia zamrażalnicze kontaktowe posiadają metalowe płyty, od wewnątrz profilowane, usytuowane pionowo lub poziomo, w których cyrkuluje czynnik chłodniczy. Bezpośredni kontakt w wymianie ciepła bierze udział jedynie zewnętrzna powierzchnia produktu, która styka się z płytami, zaś dalsze partie oddają ciepło wewnętrzne poprzez przewodzenie. Sprawność urządzeń kontaktowych zależy od grubości produktu, wypełnienia opakowań i dokładności kontaktu. Rozróżnia się trzy typy zamrażarek kontaktowych: płytowe (poziome i pionowe), taśmowe (jedno- i dwu taśmowe), bębnowe lub inaczej rotacyjne (Jarczyk i Płocharski, 2010).

– Urządzenia zamrażalnicze owiewowe, w których do procesu mrożenia wykorzystywane są powietrze lub inne gazy, pozwalające na chłodzenie całej zewnętrznej powierzchni owocu. Ruch zimnego powietrza, wymuszony przez wentylatory, intensyfikuje wymianę ciepła. Podobnie jak w przypadku metod kontaktowych, oddawanie ciepła następuje z wnętrza owocu poprzez przewodzenie w kierunku jego części zewnętrznej. Wśród tych metod powszechnie stosowane są: tunele owiewowe wózkowe, taśmowe, fluidyzacyjne rynnowe, fluidyzacyjno-taśmowe (Markowska, 2014).

– Urządzenia zamrażalnicze wykorzystujące technikę impingement działają na zasadzie metody odwróconej fluidyzacji, która polega na odpowiednim przeprowadzeniu gazu, wpływającego pionowo z dysz z dużą prędkością, przez warstwę produktu znajdującego się na poziomej taśmie lub rynnie. Strumień gazu wprowadzany jest do nieruchomego złoża od góry, odbija się od taśmy lub dna rynny i wraca przez złożę do otoczenia. W praktyce zastosowanie znajdują rozwiązania z kierowaniem powietrza od góry do dołu lub w obie strony jednocześnie (dysze z obu stron produktu znajdującego się na perforowanej taśmie (Góral i in., 2013).

– Zamrażarki immersyjne służące przede wszystkim do mrożenia produktów o nieregularnym kształcie. Składają się one ze zbiornika z zimnym czynnikiem chłodzącym, którym może być roztwór NaCl, CaCl₂, cukru, nietoksyczne roztwory wodne lub skraplane gazy np. azot, dwutlenek węgla. Wadą

tej metody jest przede wszystkim utrata barwy na skutek absorpcji soli (Liang i in., 2015; Pijanowski i in., 2004).

- Urządzenia do zamrażania kriogenicznego są oparte na zastosowaniu skroplonych gazów m.in. ciekłego azotu (LIN) lub ciekłego dwutlenku węgla (LIC). Umożliwiają szybkie mrożenie owoców poprzez natryskiwanie na nie ciekłego azotu o temperaturze -196°C w tunelach kriogenicznych. Metoda ta pozwala na uzyskiwanie produktów wysokiej jakości o zredukowanej ilości wilgoci oraz w niewielki sposób oddziałuje na barwę, smak, strukturę i wygląd mrożonki. Jednocześnie minimalizuje efekt uszarki, a ubytek masy jest poniżej 1% w porównaniu z metodą owiewową (Paździora, 2011; Postolski, 2009).

Zmiany jakościowe surowca zachodzące w procesie zamrażania

Trwałość i jakość mrożonki uzależniona jest od: jakości surowca, procesów stosowanych w czasie przerobu i zamrażania, metod zamrażania, opakowania, temperatury i czasu przechowywania. W czasie zamrażania może dochodzić do zmian fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych i mikrobiologicznych:

Zmiany fizyczne zachodzą w trakcie prowadzonego procesu, jak również przechowywania mrozonek. Są one spowodowane przede wszystkim zmianą stanu skupienia wody znajdującej się w tkance roślinnej w lód, skutkującej zwiększeniem jego objętości, rekrytalizacją oraz zmianami koloidalnymi w komórkach, jak również na skutek parowania i sublimacji pary wodnej. W trakcie zamrażania występuje zjawisko migracji wody w kierunku powierzchni produktu, co jest spowodowane przemieszczaniem się ciepła. Podczas prawidłowo prowadzonego procesu zamrażania dąży się do szybkiego obniżenia temperatury wewnętrznej produktów poniżej punktu krioskopowego, w którym tworzone są duże kryształy lodu (Kiani and Sun, 2011). Szybkie pokonanie krytycznego zakresu temperatur od około -1°C do -5°C powoduje powstawanie małych licznych kryształów lodu. Podczas powolnego zamrażania (front mrożenia przesuwa się w tempie poniżej $0,2\text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$) powstaje mniej kryształów, ale są one większe, a zatem powodują uszkodzenie tkanki, ponieważ ich wielkość nie mieści się w wymiarach komórek (Pijanowski i in., 2004). Stąd też w wyniku spowolnienia procesu mrożenia otrzymywany jest surowiec o większej porowatości (Fiutak i in., 2015). W szybko przebiegającym zamrażaniu ograniczane są straty wody i ubytek masy owoców. Podczas zamrażania, gdzie czynnikiem chłodzącym jest powietrze, przejmuje ono masę i ciepło z powierzchni produktów, a następnie schładza się od powierzchni parowników oddając ciepło i wilgoć w postaci szronu. Stąd też bardzo ważne jest prowadzenie procesu w jak najniższej temperaturze przy bardzo intensywnej wymianie ciepła. Negatywnym tego skutkiem jest powstawanie uszarki i oparzeliny mrozowej spowodowanej silnym odwodnieniem części zamrożonych produktu (Markowska i in., 2014).

Zmiany fizykochemiczne spowodowane są przede wszystkim dużą koncentracją składników chemicznych w soku komórkowym. Wzrost stężenia składników suchej masy może powodować denaturację białka, utratę półprzepuszczalności przez błony komórkowe, przyczyniać się do wzrostu wycieku soku po rozmrożeniu (Jarczyk i Płocharski, 2010).

Zmiany chemiczne zachodząca głównie wskutek złożonych reakcji chemicznych. W zależności od rodzaju i przebiegu reakcji, uwidaczniają się one zmianami jakościowymi w konsystencji, barwie i zapachu oraz ilościowymi polegającymi na obniżeniu zawartości witamin, soli mineralnych, związków zapachowych substancji aromatycznych (Czerwińska, 2005; Pijanowski i in., 2004).

Zmiany biochemiczne związane z zachowaną jeszcze częściowo aktywnością niektórych enzymów tkankowych, w następstwie czego powierzchnia owoców mrożonych może podlegać brunatnieniu. Na ogół, przy odpowiednim opakowaniu produktów i właściwej technologii zamrażania i przechowywania, zmiany z tytułu reakcji enzymatycznych są nieznaczne. Procesom oksydacyjnym przy zamrażaniu owoców przeciwdziała się przez dodawanie kwasu askorbinowego (Pijanowski i in., 2004).

Zmiany mikrobiologiczne mogą być przyczyną wielu wad mrożonek. Zamrażanie i późniejsze przechowywanie w stanie zamrożenia powodują tylko częściowe zniszczenie mikroorganizmów obecnych w produkcie przed zamrożeniem, ale proces ten jest powolny i zróżnicowany, zależy przede wszystkim od rodzaju mrożonki oraz gatunku drobnoustrojów. Czystość surowca, higieniczny i szybki przerób decydują o jakości mikrobiologicznej mrożonki (Królasik i Szosland-Fałtyń 2014).

Przechowywanie mrozonek

Zamrożone wyroby powinny być składowane i przechowywane w stałej temperaturze, nie wyższej niż -18°C (Nosecka, 2005). Wahania temperatury nie mogą być większe niż 1°C , w innym przypadku uwidaczniać się może zjawisko rekrytalizacji lodu. Polega ono na zmianach wielkości oraz lokalizacji kształtów lodu. Wahania temperatury powodują w pierwszej kolejności topnienie małych kryształów, a powstała w ten sposób woda, po kolejnym obniżeniu temperatury, zamraża wokół już istniejących dużych kryształów. Dodatkowo wzrost temperatury przechowywania wpływa na nasilenie zmian strukturalnych podczas przechowywania. Przyczynia się to do zaniku efektów szybkiego zamrażania, naruszenia włókien i struktury produktu oraz wpływa na osłabienie jego konsystencji zwiększając wyciek rozmrażalni. Zatem stosowanie możliwie niskiej i stałej temperatury ogranicza różnice ciśnienia pary wodnej nad kryształami lodu o różnej wielkości. Pozwala to na redukcję ilości wody uczestniczącej w przemianach fazowych, zachodzących podczas wahań temperatury (Puksza i Palich, 2006).

Magazynowanie mrożonych owoców sypkich w chłodniach odbywa się w komorach chłodniczych. Czas przechowywania określa Polska Norma i wynosi on odpowiednio dla temperatury $-18,1 \div -22^{\circ}\text{C}$ - 18 miesięcy, zaś w temperaturze $-22,1 \div -30^{\circ}\text{C}$ wynosi 24 miesiące (PN-A-07005:2006). Za optymalną temperaturą składowania przyjmuje się -20°C . Przed upływem minimalnego czasu składowania mrożonki powinno przeznaczyć się do dystrybucji.

Podsumowanie

Zamrażanie owocach spowolnia procesy życiowe zachodzące w owocach świeżych, co umożliwia przedłużenie okresu ich trwałości. Jakość wyrobu gotowego zależy od

jakości przyjętego surowca, sposobu prowadzenia procesu, obróbki wstępnej i samego cyklu chłodniczego, ale również od warunków przechowywania mrozonek i sposobu ich rozmrażania. Technologia zamrażania owoców i warzyw nie poprawia jakości surowca trafiającego do zakładu, lecz pozwala na zachowanie jego walorów sensorycznych, żywieniowych i zdrowotnych.

Bibliografia

- Agoulon, A. (2013). Wpływ parametrów mrożenia na charakterystykę żywności. *Chłodnictwo i Klimatyzacja*, 8, 12-14.
- Alhamdan, A., Hassan, B., Alkahtani, H., Abdelkarim, D. (2015). Mahmoud Younis. Cryogenic freezing of fresh date fruits for quality preservation during frozen storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1), 9-16.
- Banaś, A., Korus, A. (2016). Właściwości odżywcze i wykorzystanie w żywieniu owoców truskawki i wiśni. *Medycyna Rodzinna*, 19(3), 158-162.
- Baranowska, A., Zarzecka, K. (2014). Koszty uprawy malin odmiany Polesie. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 16(6), 15-19.
- Bugała, A. (2017). Polski handel zagraniczny mrożonkami owocowymi i warzywnymi w 2016 r. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 3, 8-10. [doi: 10.15199/64.2017.3.2](https://doi.org/10.15199/64.2017.3.2).
- Chwiej, M. (1984). *Aparatura Przemysłu Spożywczego – Maszyny i Aparaty*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa. ISBN 8301001534
- Czerwińska, D. (2005). Zamrożona wygoda. *Przegląd gastro-nomiczny*, 1, 8-9.
- Fiutak, G., Macura, R., Michalczyk, M., Surówka, K. (2015). Wpływ metod zamrażania na barwę, zawartość chlorofilu i teksturę produktów liofilizowanych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 74-77.
- Gozdecka, G., Kaniewska, J., Domoradzki, M., Jędrzycka, K. (2015). Ocena zawartości wybranych składników bioaktywnych w przetworach z borówki czernicy. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(98), 170-180. [doi:10.15193/zntj/2015/98/013](https://doi.org/10.15193/zntj/2015/98/013).
- Góral, D., Kluza, F., Kozłowicz, K. (2013). Analiza warunków wymiany ciepła podczas zamrażania warzyw metodą odwróconej fluidyzacji Z19.K19/1. *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), 53-63.
- Gruda, Z., Postolski, J. (1999). *Zamrażanie żywności*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa. ISBN: 8320423325.
- Häkkinen, S.H., Törrönen, A.R. (2000). Content of flavonols and selected phenolic in strawberries and Vaccinium species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33, 517-524. [doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00086-7).
- Ionow, A.G. (1999). Techniki zamrażania: stan obecny, problemy, sposoby udoskonalania. *Technika chłodnicza i klimatyzacyjna*, 3, 106-108.
- Jarczyk, A., Płocharski, W. (2010). *Technologia produktów owocowych i warzywnych, podręcznik akademicki*. T. II, wyd. 1. Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna im. prof. Szczepana A. Pieniążka w Skierniewicach, Skierniewice. ISBN: 9788361179085.
- Jastrzębski, W. (1991). *Technologia chłodnicza żywności*. Warszawa, ISBN 8302044369.
- Kaniewska, J., Gozdecka, G., Domoradzki, M., Szambowska, A. (2013). Przydatność przetwórcza i charakterystyka owoców jagody kamczackiej i jej przetworów. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 4(11), 58-67.
- Kiani, H., Sun, D-W. (2011). Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 22(8), 407-426. doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011.
- Kolniak, J. (2008). Wpływ sposobu zamrażania, rozmrażania oraz dodatków kriochronnych na zawartość polifenoli ogółem, antocyjanów i pojemność przeciwutleniającą mrozonek truskawkowych. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 5(60), 135-148.
- Kowalczyk, I., Olbryś, E. (2014). Zachowania konsumentów na rynku przetworów owocowych. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 101(3), 115-125.
- Kozłowska – Wojciechowska, M. (2007). Mrożonki – niezbędne składniki zdrowej, współczesnej diety. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 3, 34.
- Królasik, J., Szosland-Fałtyń, A. (2014). Czynniki warunkujące jakość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne mrożonych owoców. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 4, 26-29.
- Kunicka – Styczyńska, A. (2012). Aspekty mikrobiologiczne produkcji mrozonek owoców. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 3, 6-7.
- Lewicki, P. (2005). *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa. ISBN 8320431077
- Liang, D., Lin, F., Yang, G., Yue, X., Zhang, Q., Zhang, Z., Chen, H. (2015). Advantages of immersion freezing for quality preservation of litchi fruit during frozen storage. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 948-956. doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.034.
- Majczyna, D., Białasiewicz, D. (2001). Przeżywalność drobnoustrojów w niskich temperaturach. *Chłodnictwo*, 36(5), 45-48.
- Markowska, J., Polak, E. (2014). Chłodnicze przetwórstwo owoców i warzyw. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 3, 6-8.
- Markowska, J., Polak, E., Kasprzyk, I. (2014). Technologie chłodzenia i mrożenia w przetwórstwie żywności. *Przemysł Spożywczy*, 68(9), 10-13.
- Mulyawanti, I., Dewandari, K.T., Yulianingsi, H. (2010). Effects of freezing and storage periods on characteristics of frozen sliced arumanis mango. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 3(1), 32-38.
- Nguyen, C., Carlin, I. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 371-401. [doi: 10.1080/10408399409527668](https://doi.org/10.1080/10408399409527668).
- Nosecka, B. (2005). Rynek mrozonek owocowych i warzywnych oraz soków zagęszczonych. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 8-9, 38-40.
- Paździora, J. (2011). Nowoczesne i skuteczne systemy kriogenicznego zamrażania żywności. *Przemysł Spożywczy*, 9, 39.
- Pijanowski, E., Dłużewski, M., Dłużewska, A., Jarczyk, A. (2004). *Ogólna technologia żywności, wydanie 8 uaktualnione*. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa. ISBN 8320428890

- PN-A-07005:2006 *Produkty żywnościowe - Warunki klimatyczne i okresy przechowywania w chłodniach.*
- Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E. (2013). Wpływ metod konserwacji na wybrane cechy jakościowe owoców i warzyw znajdujących się w handlu detalicznym. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 52(2), 92-94.
- Postolski, J. (2009). Prawie wszystko... o technologii chłodniczej żywności. *Technika Chłodnicza i klimatyzacyjna*, 2, 66-70.
- Pukszta, T., Palich, P. (2006). The effect of freezing conditions of leek storage on the level of thawing effluent. *Acta Agrophysica*, 7(1), 191-196.
- Skręty, J., Gramza-Michałowska, A., Sidor, A., Korczak, J. (2013). Wpływ wybranych warunków przechowywania na zawartość witaminy C w owocach róży pomarszczonej *Rosa rugosa*. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 94(4), 869-872.
- Skupień, K., Wójcik-Stopczyńska, B. (2005). Ocena jakości przecierów z truskawek odmiany Elsanta. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 4(2), 25-35.
- Szparaga, A., Kopeć, A., Czerwińska, E. (2014). Wpływ odwadniania osmotycznego i zamrażalniczego przechowywania na stan mikrobiologiczny sliwek rozmrażanych w komorze próżniowo-parowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(92), 137-147. doi: [10.15193/zntj/2014/92/137-147](https://doi.org/10.15193/zntj/2014/92/137-147).
- Ścibisz, I., Mitek, M., (2007). Wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania owoców borówki wysokiej na zawartość antocyjanów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(54), 231-238.
- Zadernowski, R., Oszmiański, J. (1994). *Wybrane zagadnienia z przetwórstwa owoców i warzyw*. Wydawnictwo ART, Olsztyn. ISBN 8386497009.
- Zalewski, S. (2009). *Podstawy technologii gastronomicznej*, WNT, Warszawa, ISBN: 9788320434958.

Kamil Wilczyński

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin
e-mail: kamilwilczynski100@wp.pl