

## WPLYW FLUKTUACJI TEMPERATURY PRZECHOWYWANIA NA WYBRANE CECHY JAKOŚCIOWE LODÓW

*Agnieszka Palka, Piotr Palich*

Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa, Akademia Morska w Gdyni  
ul. Morska 85, 81-225 Gdynia  
e-mail: agnes@am.gdynia.pl

**Streszczenie.** Przeprowadzono badania lodów familijnych o smaku czekoladowym. Materiał badawczy przechowywano przez 360 dni, w temperaturze stałej 255 K, temperaturze zmiennej od 259 do 251 K, fluktuacja temperatury w cyklu 48-godzinnym, temperaturze stałej 243 K. Po upływie każdych 30 dni lody poddawano ocenie organoleptycznej oraz oznaczano ich puszystość. Jakość lodów ulegała pogorszeniu wraz z wydłużaniem się czasu przechowywania. Największe zmiany stwierdzono w lodach przechowywanych w warunkach zmiennej temperatury. Stwierdzono, iż cechy organoleptyczne oraz puszystość są bardzo ważnymi cechami jakościowymi lodów familijnych decydującymi o ich jakości podczas przechowywania, wysokie napowietrzenie lodów może być czynnikiem przyspieszającym pogarszanie się jakości lodów podczas ich przechowywania, fluktuacja temperatury przechowywania wywiera znaczący wpływ na zwiększenie dynamiki zmian wyróżników jakości lodów familijnych, obniżając ich trwałość przechowalniczą, zaś najlepszą temperaturą przechowywania lodów familijnych jest temperatura 243 K.

**Słowa kluczowe:** lody, przechowywanie, fluktuacja temperatury

### WSTĘP

Lody z fizyko-chemicznego punktu widzenia to układ, który scharakteryzować można jako lita piana utworzona przez pęcherzyki powietrza, utrzymywane razem częściowo przez zemułgowany tłuszcz, a częściowo przez sieć utworzoną przez małe kryształy rozproszone w słodkim, wodnym, makromolekularnym roztworze. Jest to emulsja typu O/W. W przypadku, kiedy emulsja ta zawiera tylko tłuszcz mleczny struktura podtrzymująca bardzo przypomina bitą śmietankę.

Z technologicznego i handlowego punktu widzenia lody są produktem otrzymanym przez zamrożenie spasteryzowanej i schłodzonej płynnej mieszanki, sporządzonej na bazie mleka lub śmietanki, albo też na bazie soków owocowych

z cukrem, emulgatorem, stabilizatorem, zawierającej także substancje smakowo-zapachowe. Mieszanka taka zwykle w czasie zamrażania poddawana jest napowietrzeniu, w związku z czym gotowy produkt zawiera dość dużą ilość (kilkadziesiąt procent) powietrza w swej objętości. Biorąc pod uwagę skład chemiczny lodów, można stwierdzić, że są one zamrożoną mieszaniną: tłuszczów, nietłuszczowych substancji stałych pochodzących z produktów mlecznych, cukrów, wody, stabilizatora, emulgatora oraz dodatków smakowo-zapachowych. Ilość poszczególnych składników i ich proporcje uzależnione są od rodzaju lodów (Marshall i Arbuckle 2000, Oziemkowski 1997, Ziajka 1997).

Podstawowym składnikiem lodów, od którego zależy ich charakterystyczna puszystość jest powietrze. Napowietrzenie i wstępne zamrażanie mieszanki jest ważnym zagadnieniem w procesie produkcji lodów. Nadmierna lub zbyt mała puszystość zaliczane są do wad. Stopień napowietrzenia ma zasadnicze znaczenie nie tylko ze względu na walory organoleptyczne lodów, ale również na łatwość przenikania ciepła lub zimna do wnętrza masy lodowej. Powietrze jest bardzo dobrym izolatorem cieplnym, co ma wpływ nie tylko na szybkość topienia się lodów, ale również na tempo ich zamrażania (Campbell i Marshall 1982, Rakowska 1985).

Szybkość procesów prowadzących do obniżenia jakości produktu podczas przechowywania zależy od temperatury i czasu składowania oraz utrzymywania temperatury produktu na niezmiennym poziomie.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły lody familijne w opakowaniach o pojemności 1000 ml o smaku czekoladowym. Lody umieszczono w trzech komorach przechowalniczych, w których zastosowano następujące warunki przechowywania:

1. temperatura zmienna od 259 do 251 K, fluktuacja temperatury w cyklu 48-godzinnym,
2. temperatura stała 255 K,
3. temperatura stała 243 K.

Materiał badawczy wybrany do badań przechowywano przez 360 dni, częstotliwość badań wynosiła 30 dni. Lody poddawano ocenie organoleptycznej oraz oznaczano puszystość – wg PN 67/A–86430.

Analizę cech organoleptycznych przeprowadzano w dwóch etapach: konsystencję, strukturę oraz barwę oceniano po doprowadzeniu próbek lodów do temperatury 261-258 K. Natomiast smak i zapach oceniano po roztopieniu lodów i doprowadzeniu próbki do temperatury 288 K. Ocenę przeprowadzano metodą pięciopunktową zachowując ogólne zasady i warunki oceny właściwe dla oceny standardowej, posługując się tabelą pomocniczą (tab. 1) oraz kartą do oceny organoleptycznej lodów. Ocenę cech organoleptycznych przeprowadzał wyszkolony,

**Tabela 1.** Tabela pomocnicza do oceny organoleptycznej lodów  
**Table 1.** Auxiliary table for sensory evaluation of ice-cream

Wyróżniki jakości Quality factor	Współczynnik ważkości Ponderability coefficient	Wymagania jakościowe Quality requirements	Elementy oceny Evaluation elements	Skala ocen / określenie wartości skrajnych Scale of evaluation/ extreme values description
Kształt i wygląd Shape and appearance	0,10	Prawidłowy odpowiadający kształtowi form, bez zdeformowań Regular, adequate to form shape, without deformation	Zdeformowana Deformed	0-5 bardzo silne – brak 0-5 very strong – lack
Struktura i konsystencja Structure and consistence	0,45	Gładka, jednolita w całej masie, bez wyczuwalnych kryształów zamrożonej wody lub wykryształizowanej laktozy; w lodach z dodatkami charakterystyczna dla użytych dodatków Smooth, uniform, without noticeable ice or lactose crystals; characteristic for ice-cream type additives	Twardość, struktura luźna, zwarta, ziarnista Hardness, open-grained, compact, grainy	0-5 miękka – twarda brak – bardzo silne 0-5 soft – hard lack – very strong
Barwa Colour	0,10	Jednolita, charakterystyczna dla danego rodzaju, w lodach z dodatkami kolorowymi i polewami – charakterystyczna dla wprowadzanych dodatków Self-colour, typical for kind and additives	Typowość, intensywność Typicality, intensity	0-5 nietypowy – charakterystyczny b. słaba – b. silna 0-5 non-typical – typical very weak – very strong
Smak i zapach Taste and flavour	0,35	Charakterystyczna dla danego rodzaju lodów lub wprowadzonych dodatków smakowo-zapachowych Typical for ice-cream kind or additives	Typowość, intensywność Typicality, intensity	0-5 nietypowy – charakterystyczny b. słaba – b. silna 0-5 non-typical – typical very weak – very strong

pięciosobowy zespół oceniających, który spełniał kryteria zawarte w normie PN-ISO 8586-1:1996. Wyróżniki ważkości ustalone przez zespół oceniających wynosiły: kształt i wygląd – 0,10, struktura i konsystencja – 0,45, barwa – 0,10, smak i zapach – 0,35.

Przeprowadzono próbę odwzorowania zmian zachodzących w lodach podczas przechowywania za pomocą funkcji liniowej, kwadratowej, potęgowej, hiperbolicznej lub wykładniczej. Analiza miar dopasowania wykazała, iż zmiany te najlepiej odwzorowywała funkcja kwadratowa i liniowa. Na wykresach przedstawione zostały zmiany danej cechy w postaci funkcji kwadratowej.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Lody powinny mieć pożądaną, charakterystyczne cechy: doskonały smak i zapach, gładką strukturę, umiarkowanie zwartą konsystencję, jednolitą w całej masie, bez kryształków lodu, optymalną puszystość, odporność na zmiany temperatury, atrakcyjny wygląd, łatwość kształtowania oraz czerpania, jednolity wygląd po stopieniu, prawidłowy punkt zamarzania, wartości odżywcze oraz właściwości orzeźwiającej. Dobre lody powinny mieć konsystencję zwięzłą, powinny być czyste, bez śladów zanieczyszczeń, a cała masa równomiernie zamrożona. Dobre lody łatwo rozpuszczają się w ustach, mają przyjemny smak i zapach, charakterystyczny dla danej mieszanki (Campbell i Marshall 1982, Rakowska 1985).

Puszystość to cecha lodów w znacznym stopniu decydująca o wrażeniach sensorycznych. Jej wartości są charakterystyczne dla poszczególnych rodzajów lodów i producentów, determinowane są głównie składem mieszanki lodziarskiej oraz przebiegiem procesu technologicznego.

Przed rozpoczęciem badań przechowalniczych lody poddano ocenie wstępnej, której wyniki przedstawiono w tabeli 2. Przeprowadzona ocena nie wykazała dużego zróżnicowania badanych cech pomiędzy lodami dwóch producentów. Cechy organoleptyczne badanych lodów w ocenie wstępnej uzyskały maksymalną liczbę (5,0) punktów. Struktura i konsystencja lodów była gładka i jednolita

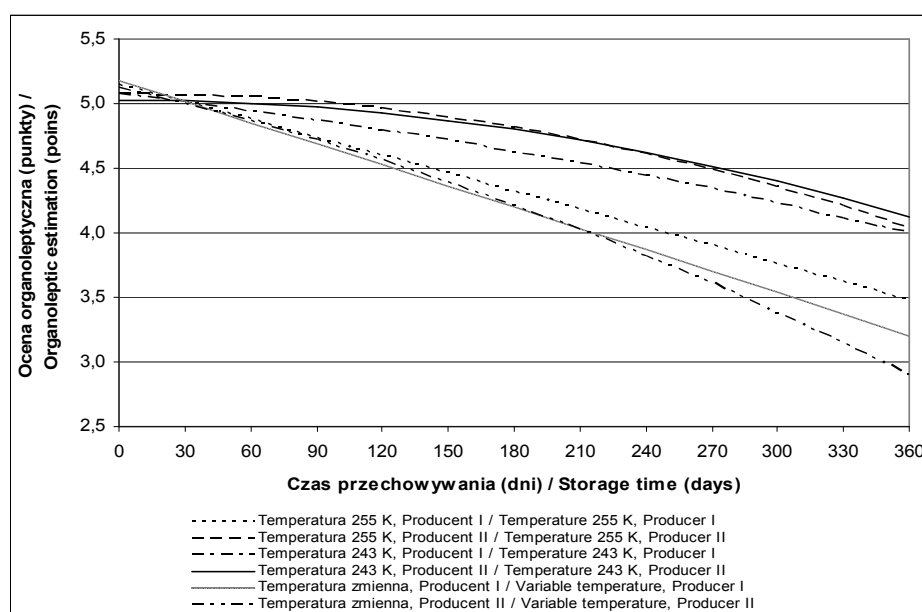
**Tabela 2.** Charakterystyka fizykochemiczna lodów czekoladowych

**Table 2.** Characterisation of chocolate ice-cream

Produkt – Product	Ocena organoleptyczna (punkty) Sensory evaluation (points)	Puszystość Overrun (%)
Lody czekoladowe producenta I Chocolate ice cream, producer I	5,0	165,0
Lody czekoladowe producenta II Chocolate ice cream, producer II	5,0	159,3

w całej masie, kształt i wygląd odpowiadał kształtowi form stosowanych w produkcji i nie wykazywał zdeformowań. Barwa lodów była charakterystyczna, smak i zapach był typowy dla zastosowanego dodatku, barwa jednolita w całej masie. Puszystość lodów wszystkich badanych lodów przekroczyła wartość podaną w normie, według której cecha ta nie powinna przekroczyć 130%.

Przebieg zmian jakości lodów czekoladowych obydwu producentów dla trzech wariantów temperaturowych zamieszczono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Zmiany cech organoleptycznych lodów czekoladowych producenta I i producenta II podczas przechowywania w temperaturze stałej 255 K, w warunkach fluktuacji temperatury 259-251 K oraz w temperaturze stałej 243 K

**Fig. 1.** Sensory changes of chocolate ice-cream made by producers I and II during storage at constant temperature of 255 K, variable temperature of 259-251 K and constant temperature of 243 K

W przeprowadzonej ocenie organoleptycznej występujące zmiany najwcześniej stwierdzono w przypadku struktury i konsystencji. Struktura w miarę upływu czasu przechowywania stawała się niejednolita, „piaszczysta”, z wyraźnie wykrystalizowanymi kryształkami lodu. Objętość lodów ulegała „skurczeniu”, co objawiło się wklęsnięciem powierzchni lodów. Było to wynikiem sublimacji lodu na wewnętrznych ściankach opakowań. Po 180 dniach przechowywania w warunkach zmiennej temperatury w lodach obydwu producentów stwierdzono dużą ilość szronu na całej powierzchni, nie przyleganie masy lodów do ścianek i dna

opakowania, popękanie lodów. W lodach przechowywanych w temperaturze 255 K stwierdzono gładką powierzchnię, niewielką ilość szronu na wszystkich powierzchniach masy lodów. Przechowywanie w temperaturze 243 K nie wywołało żadnych zmian w wyglądzie lodów w opakowaniu i po wyjęciu z opakowania. Po upływie 360 dni przechowywania stwierdzono bardzo dużą ilość szronu w lodach przechowywanych w warunkach zmiennej temperatury oraz zdecydowane pogorszenie wyglądu lodów. Pod koniec okresu przechowywania wystąpiły na powierzchni wyraźne przebarwienia koloru brązowego.

Największą dynamiką zmian charakteryzowały się lody przechowywane w zmiennej temperaturze. Dynamika zmian organoleptycznych lodów przechowywanych w temperaturze stałej 255 K oraz 243 K była nieznaczna. Liczba punktów przyznana w ocenie organoleptycznej lodom przechowywanym w temperaturze 243 K pod koniec okresu przechowywania wyniosła dla lodów czekoladowych producenta I – 4,0 punkty, dla lodów producenta II – 4,1 punktu. Natomiast lody przechowywane w temperaturze zmiennej uzyskały najniższą ocenę – odpowiednio dla smaku czekoladowego producenta I – 3,3 punktu i producenta II – 3,0 punkty.

W badaniach przeprowadzonych przez Palicha (1994), po 150 dniach przechowywania lodów kawowych i kakaowych, na ich powierzchni wystąpiły wyraźne przebarwienia koloru ciemnoczerwonego. Nie stwierdzono wpływu składu mieszanki lodziarskiej (rodzaju lodów) na przebieg zachodzących zmian organoleptycznych. Zmiany te były natomiast uzależnione od czasu i temperatury przechowywania. Ocena organoleptyczna przeprowadzona po 150 dniach przechowywania wykazała jeszcze wysoką jakość oraz przydatność konsumpcyjną lodów przechowywanych w temperaturze  $-22^{\circ}\text{C}$ , natomiast lody przechowywane w temperaturze  $-12^{\circ}\text{C}$ , zostały zdyskwalifikowane (Palich 1994).

Barwa lodów, która głównie pochodzi od barwy dodatków smakowych, jest parametrem nierozdzielnie związanym z ich smakiem. Czasami nie jest ona zbyt korzystna i charakterystyczna dla smaku i wyglądu zastosowanych dodatków. Stąd konieczność użycia barwników. Długotrwałe przechowywanie, szczególnie w warunkach zmiennej temperatury, ma wpływ na zmiany barwników (Polak 2005).

Struktura piaszczysta badanych lodów mogła być wynikiem krystalizacji laktozy, wyczuwalne kryształy lodu mogły być natomiast wynikiem rekrystalizacji. Gruboziarnistość w lodach rozwija się gwałtownie w odpowiednio wysokich temperaturach przechowywania lub w wyniku ekspozycji w temperaturze otoczenia przez krótki czas (Donhowe i Hartel 1996). Proces rekrystalizacji jest zjawiskiem skomplikowanym. Ogólnie polega na stałym wzroście kryształków lodu w wyniku migracji cząsteczek wody od kryształków małych do dużych. Spowodowany może być topnieniem mniejszych kryształków w momencie wzrostu temperatury. Intensywność i rozmiary rekrystalizacji zależą od:

- początkowego kształtu i struktury uformowanych kryształów,
- temperatury przechowywania, jej poziomu i stałości,
- czasu przechowywania,
- składu produktu.

Na proces rekrystalizacji bardzo istotny wpływ mają substancje słodzące i stabilizatory oraz czas i temperatura przechowywania. Stabilizatory hamują przebieg procesu rekrystalizacji poprzez spowolnienie migracji wody w wyniku jej wiązania. Najbardziej skuteczne w opóźnianiu wzrostu kryształków lodu są karagen i mączka chleba świętojańskiego. Substancje słodzące ograniczają ilość tworzących się kryształów podczas zamrażania. Różne substancje słodzące mają inny wpływ na punkt zamrażania mieszanki lodziarskiej. Wpływ ten jest uzależniony jednak od typu zastosowanej substancji słodzącej oraz od temperatury przechowywania. W związku z tym im niższy jest punkt zamrażania, tym niższą należy zastosować temperaturę przechowywania. Istotny wpływ na wzrost kryształów może mieć również niedostateczna zawartość suchej masy i cukru. Zwiększeniu zawartości suchej substancji towarzyszy spadek zawartości wody i redukcja rozmiarów kryształków lodu. Tempo rekrystalizacji jest większe podczas przechowywania w wyższej temperaturze, bez względu na rodzaj substancji słodzącej i typ stabilizatora. Zastosowanie najniższej możliwej temperatury przechowywania powoduje najmniejsze tempo rekrystalizacji (Caldwell i in. 1992a,b, Flores i Goff 1999a, Miller-Livney i Hartel 1997, Hagiwara i Hartel 1996).

Ważnym czynnikiem, który ma wpływ na tempo rekrystalizacji podczas fluktuacji temperatury, jest przebieg fluktuacji oraz jej zasięg: amplituda i czas cykli. Zwiększenie ilości cykli oraz amplitudy wahań temperatury najprawdopodobniej ma największy wpływ na zmiany w rekrystalizacji (Flores i Goff 1999b, Postolski i Gruda 1999, Hagiwara i Hartel 1996).

Lody jako wyrób gotowy są układem składającym się z wody, powietrza i składników stałych, dlatego o stabilności tego układu decyduje między innymi wielkość pęcherzyków powietrza i ich trwałość. Puszystość lodów ma istotne znaczenie dla ich jakości. Istotny wpływ na puszystość lodów posiadają wzajemne proporcje poszczególnych składników mieszanki lodziarskiej, głównie tłuszczu i suchej masy, dodatek stabilizatorów w odpowiedniej ilości oraz dodatek składników stałych, tj. owoców, czekolady itp. Puszystość jest jedną z istotnych cech jakościowych lodów, decyduje bowiem o strukturze i konsystencji lodów oraz ma istotny wpływ na ich ocenę organoleptyczną. Zbyt duże pęcherzyki powodują pogorszenie struktury i konsystencji lodów.

Powietrze w lodach zapewnia lekką i delikatną teksturę oraz wpływa na fizyczne właściwości lodów takie, jak topnienie i twardość. Nie tylko jednak ilość powietrza, lub stopień napowietrzenia, lecz także rozmiar i rozproszenie pęcherzyków powietrza wpływają na te parametry (Sofjan i Hartel 2004).

Wprowadzenie powietrza (napowietrzanie) posiada mierzalny wpływ na zróżnicowanie rozmiarów kryształków lodu, a więc również na mikrostrukturę mrożonych deserów. Mała ilość powietrza nie wpływa na rozmiar kryształków lodu. Wyższe zawartości powietrza powodują powstawanie cienkiej warstwy niezamrożonej, zdyspergowanej wokół pęcherzyków powietrza. Wynikiem tego są mniejsze rozmiary kryształków lodu. Wystarczająca zawartość powietrza w lodach to 70%. Taka ilość jest w zupełności wystarczająca aby dobrze rozproszyć kryształki lodu. Mniejsza puszystość powoduje powstawanie większych kryształków lodu oraz prowadzi do obniżenia ich twardości. Podniesienie puszystości lodów (z 80% do 100% lub 120%) prowadzi do uformowania nieco mniejszych pęcherzyków powietrza i kryształków lodu. Zwiększenie puszystości powoduje, iż lody są delikatniejsze i bardziej odporne na topienie się (Abd El-Rahman i in. 1997, Flores i Goff 1999a, Prindiville i in. 1999, Sofjan i Hartel 2004).

Na rozmiar pęcherzyków powietrza w lodach ma wpływ wiele czynników, m. in. mieszanie podczas zamrażania, kiedy większe pęcherzyki dzielą się na mniejsze, a to uzależnione jest od procesu zamrażania i lepkości mieszanki lodziarskiej. Po uformowaniu pęcherzyków muszą być one stabilizowane w odpowiedni sposób tak, aby uniknąć łączenia się małych pęcherzyków w duże. Powierzchnia pęcherzyków powietrza pokryta jest dużą ilością kuleczek tłuszczowych. Częściowo połączony tłuszcz tworzy sieć na powierzchni pęcherzyka powietrza, co chroni go przed łączeniem się z innymi pęcherzykami. Obecność kryształków lodu pomaga stabilizować pęcherzyki powietrza (Marshall i Arbuckle 2000, Chang i Hartel 2002a, b, Sofjan i Hartel 2004).

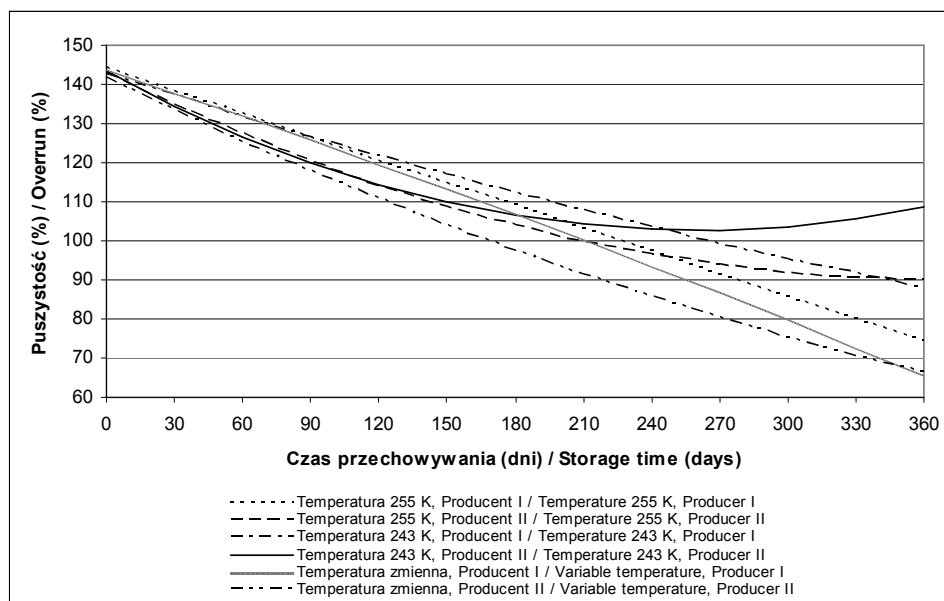
Graficzny obraz zmian puszystości lodów czekoladowych producenta I i producenta II w czasie przechowywania przedstawiono na rysunku 2. W ciągu całego okresu przechowywania zmiany te posiadały tendencje silnie malejące. Najwyższą dynamiką zmian charakteryzowały się lody przechowywane w temperaturze zmiennej. Lody zachowały najlepszą puszystość podczas przechowywania w temperaturze 243 K, gdyż pozostała ona na poziomie powyżej 100%.

W początkowym okresie przechowywania zawartość powietrza wynosiła około 160%. W końcowym okresie stwierdzono różne wartości puszystości, uzależnione od temperatury przechowywania. Po 360 dniach przechowywania lody producenta I charakteryzowały się puszystością na poziomie 100,13% w temperaturze 243 K, 89,92% w temperaturze 255 K oraz 74,81% w warunkach fluktuacji temperatury. Natomiast puszystość lodów producenta II wyniosła odpowiednio 105,10%, 96,70% oraz 66,90%. Największą dynamiką zmian puszystości charakteryzowały się lody przechowywane w zmiennych warunkach temperatury.

Palich i in. (1988) wykazali, że ubytek powietrza w lodach przechowywanych w różnych warunkach przez 12 miesięcy wynosił od 3,8% do 11,8%. Zwrócili również uwagę na fakt, że lody przechowywane w temperaturze stałej  $-12^{\circ}\text{C}$



tracą cztery razy więcej powietrza niż lody składowane w temperaturze  $-15^{\circ}\text{C}$ , natomiast przechowywane w temperaturze stałej  $-15^{\circ}\text{C}$  dwa razy więcej niż w temperaturze stałej  $-18^{\circ}\text{C}$  (Palich i in. 1988).



**Rys. 2.** Zmiany puszystości lodów czekoladowych producenta I i producenta II podczas przechowywania w temperaturze stałej 255 K, w warunkach fluktuacji temperatury 259-251 K oraz w temperaturze stałej 243 K

**Fig. 2.** Overrun of chocolate ice-cream made by producers I and II during storage at constant temperature of 255 K, variable temperature of 25-251 K and constant temperature of 243 K

Zmiany zachodzące w komórkach powietrza podczas przechowywania lodów zachodzą w wyniku trzech podstawowych mechanizmów: rozpadania się, łączenia oraz wskutek utraty wody. Szybkość zmian w komórkach powietrza w lodach jest uzależniona zarówno od przebiegu procesu technologicznego, temperatury przechowywania, jak również od składu mieszanki lodziarskiej (stabilizatorów i emulgatorów). Zmniejszenie tempa pogarszania się dyspersji pęcherzyków powietrza w lodach można uzyskać poprzez zastosowanie emulgatorów, stabilizatorów oraz obniżenie temperatury przechowywania. Przechowywanie lodów przez 4 miesiące w temperaturze  $-15^{\circ}\text{C}$  powoduje powstawanie połączeń i kanalików pomiędzy pęcherzykami powietrza, a to prowadzi w krótkim czasie do powstawania pęcherzyków powietrza o nieregularnych kształtach, a nawet dziur powietrznych wewnątrz lodów (Chang i Hartel 2002b).

Najkorzystniejszym sposobem długotrwałego przechowywania produktów delikatnych, do których z pewnością można zaliczyć lody, szczególnie te o wysokiej zawartości tłuszczu, jest przechowywanie w jak najniższej temperaturze. Korzyści wynikające z takiego sposobu przechowywania muszą być jednak proporcjonalne do wysokich kosztów przechowywania w tak niskiej temperaturze. Fluktuacja temperatury ma szkodliwy wpływ na jakość lodów. Wskazaną temperaturą podczas długotrwałego przechowywania w celu zachowania wysokiej jakości produktów jest temperatura  $-30^{\circ}\text{C}$  lub niższa (Gormley i in. 2002).

### WNIOSKI

1. Cechy organoleptyczne oraz puszystość są bardzo ważnymi cechami jakościowymi lodów familijnych decydującymi o ich jakości podczas przechowywania.
2. Wysokie napowietrzenie lodów może być czynnikiem przyspieszającym pogarszanie się jakości lodów podczas ich przechowywania.
3. Fluktuacja temperatury przechowywania wywiera znaczący wpływ na zwiększenie dynamiki zmian wyróżników jakości lodów familijnych, obniżając ich trwałość przechowalniczą.
4. Najlepszą temperaturą przechowywania lodów familijnych jest temperatura 243 K.

### PIŚMIENNICTWO

- Abd El-Rahman, Madkor A M., Ibrahim F.S., Kilara A., 1997. Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, of milk fat fractions. *Journal of Dairy Science* 80, 1926-1935.
- Caldwell K.B., Goff H.D., Stanley D.W., 1992a. A low - temperature scanning electron microscopy study of ice cream. I. Techniques and general microstructure. *Food Structure*, 11, 1-9.
- Caldwell K.B., Goff H.D., Stanley D.W., 1992b. A low - temperature scanning electron microscopy study of ice cream. II. Influence of selected ingredients and processes. *Food Structure* 11, 11-23.
- Campbell J., Marshall R., 1982. *Podstawy produkcji mleka spożywczego i tego przetworów*. PWN, Warszawa.
- Chang Y., Hartel R.W., 2002a. Development of air cells in a batch ice cream freezer. *Journal of Food Engineering*, 55, 71-78.
- Chang Y., Hartel R.W., 2002b. Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering* 55, 59-70.
- Donhowe D.P., Hartel R.W., 1996. Recrystallization of Ice in Ice Cream During Controlled Accelerated Storage. *International Dairy Journal*, 6, 1191-1208.
- Flores A A., Goff H.D., 1999a. Ice Crystal Size Distributions in Dynamically Frozen Model Solutions and Ice cream as affected by stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 82, 1399-1407.
- Flores A.A., Goff H.D., 1999b. Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 82, 1408-1415.
- Gormley R., Walshe T., Hussey K., Butler F., 2002. The effect of fluctuating vs. constant frozen storage temperature regimes on some quality parameters of selected food products. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 35, 190-200.

- Hagiwara T., Hartel R.W., 1996. Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. *Journal of Dairy Science*, 79, 735-744.
- Marshall R. T., W. S. Arbuckle, 2000. *Ice cream*. 5th ed. Aspen Publishers, Gaithersburg.
- Miller-Livney T., Hartel R.W., 1997. Ice Recrystallization in Ice Cream: Interactions Between Sweeteners and Stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 80, 447-456.
- Oziemkowski P., 1997. Wykorzystanie stabilizatorów firmy Meyhall na bazie naturalnych hydrokolidów w technologii produkcji lodów. *Materiały VI Sesji Naukowej: Postęp w Technologii, Technice i Organizacji Mleczarstwa*. Olsztyn, 20 - 21 luty, 246-250.
- Palich P., 1994. Badania nad zmianami jakości lodów w czasie przechowywania. *Chłodnictwo*, 8, 21-25.
- Palich P., Świtka J., Derengiewicz W., Łomiński T., 1988. Zmiany jakości serów dojrzewających, masła i lodów w procesie przechowywania i chłodzenia. *Sprawozdanie z I etapu pracy wykonanej na zlecenie Instytutu Mleczarstwa w Warszawie, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia*.  
PN 67/A-86430.  
PN-A-86431:1999.
- Polak E., 2005. Dodatki smakowe w lodach. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 9, 110, 112, 114, 116.
- Postolski J., Gruda Z., 1999. *Zamrażanie żywności*. WNT Warszawa.
- Prindiville E.A., Marshall R.T., Heyman H., 1999. Effect of milk fat on the sensory properties of chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82, 1425-1432.
- Rakowska D., 1985. Jakość lodów i mrożonych deserów. *Chłodnictwo* 2, 12-13.
- Sofjan R. P., R. W. Hartel, 2004. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal* 14, 255-262.
- Ziajka S., 1997. *Mleczarstwo zagadnienia wybrane*, tom 2. AR-T, Olsztyn.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE FLUCTUATION ON SOME QUALITY PROPERTIES OF ICE CREAM

*Agnieszka Palka, Piotr Palich*

Faculty of Business Administration, Gdynia Maritime University, ul. Morska 85, 81-225 Gdynia  
e-mail: agnes@am.gdynia.pl

**Abstract.** The research of chocolate family size ice-cream was carried out. Investigative material was kept through 360 days at (1) constant temperature of 255 K, (2) variable temperature from 259 to 251 K, with changes of temperature initiated every 48 hours, and (3) constant temperature of 243 K. Every 30 days ice-cream samples were subjected to sensory evaluation and overrun was measured. The quality of ice-cream was getting worse with lengthening the time of the storage. Greatest changes were ascertained in ice-cream kept in variable temperature. Sensory features and overrun are very important qualitative features of family size ice-cream during storage. High overrun of ice-cream can be the factor accelerating deterioration of ice-cream during storage, the temperature fluctuation during storage exerts a significant influence on the enlargement of the dynamics of family size ice-cream quality changes, to lower their storage stability. Best storage temperature of family size ice-cream was the temperature of 243 K.

**Keywords:** ice-cream, storage, temperature fluctuation