

ANNA KAMIŃSKA, PIOTR P. LEWICKI

WPLYW WSTĘPNEJ OBRÓBKİ OSMOTYCZNEJ NA PRZEBIEG PROCESÓW ZAMRAŻANIA I ROZMRAŻANIA JABŁEK

Streszczenie

Praca miała na celu określenie, w jaki sposób wysycenie jabłek substancją osmotyczną wpływa na przebieg procesów ich zamrażania i rozmrażania. Materiałem badawczym były jabłka odwodnione osmotycznie (3h w 30°C oraz 1 h w 70°C), zamrożone i przechowywane przez miesiąc w temp. -35°C, a następnie rozmrożone.

Stwierdzono, że obróbka osmotyczna wpłynęła na skrócenie czasu zamrażania jabłek – najkrócej zamrażały się próbki odwadniane 1 h w temp. 70°C. Obróbka osmotyczna spowodowała również obniżenie temperatury krioskopowej. W przypadku obu badanych wariantów odwadniania czas rozmrażania próbek wydłużył się w stosunku do czasu ich zamrażania, a temperatura przemiany fazowej była wyższa niż w procesie zamrażania.

Słowa kluczowe: jabłka, odwadnianie osmotyczne, zamrażanie, rozmrażanie

Wprowadzenie

Poszerzanie rynku produktów spożywczych o nowe wyroby związane jest z rozwojem badań nad skutecznością metod utrwalania. Pozytywne efekty może uzyskać przez połączenie odwadniania osmotycznego z zamrażaniem. Metoda ta zwana „dehydrofreezing” (D-F), polega na wstępnym usunięciu wody do utraty ok. 50% masy przez odwadniany materiał, a następnie na jego zamrożeniu. W efekcie można uzyskać produkt zamrożony o zredukowanej zawartości wody, zredukowanej masie i objętości oraz korzystnym wyglądzie po rozmrożeniu [3]. Metoda D-F ma również korzystny aspekt ekonomiczny. Półprodukt o zmniejszonej zawartości wody zamraża się krócej, a koszty opakowań i transportu są znacznie niższe niż przy tradycyjnych metodach produkcji mrożonek.

Celem pracy było określenie wpływu obróbki osmotycznej i związanego z tym wysycenia jabłek substancją osmotyczną (sacharozą), na przebieg procesu zamrażania i rozmrażania.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły jabłka odmiany Idared. Z jabłek wykrawano kostki o wymiarach 40 x 40 x 20 mm. Kostki odwadniano w roztworze sacharozy, a następnie zamrażano i przechowywano 1 miesiąc w temp. -35°C , a następnie rozmrażano w warunkach konwekcji naturalnej w temp. pokojowej (20°C).

Odwadnianie osmotyczne jabłek prowadzono w roztworze sacharozy o stężeniu 61,5%, w temp. 30°C przez 3 h oraz w temp. 70°C przez 1 h. Kostki jabłka zanurzano w roztworze na głębokość 18 mm, zachowując stosunek masowy roztworu osmotycznego do materiału odwadnianego na poziomie 4:1. Proces prowadzono dynamicznie z częstotliwością 1,67 Hz, w łaźni wodnej ELPAN, typ 357. Po upływie określonego czasu odwadniania próbki oddzielano od roztworu osmotycznego, przemywano zimną wodą, a następnie osuszano na bibule filtracyjnej.

Temperaturę materiału w czasie zamrażania, tj. w temp. -35°C , jak również w czasie rozmrażania mierzono termoelementami umieszczonymi w odległości 10,0 mm od strony powierzchni odwadnianej. W czasie zamrażania dokonywano pomiarów temperatury w odstępach jednonumitowych przez pierwsze 14 min, a następnie w odstępach dwunumitowych do założonego końca procesu zamrażania tj. do momentu uzyskania w odległości 10,0 mm od powierzchni próbek temp. -15°C [6].

Stopień migracji substancji osmotycznej w głąb materiału określano na podstawie zawartości sacharozy w plastrach o grubości 0,5 mm wycinanych z próbek jabłka po odwodnieniu. W tym celu z próbek jabłka wycinano korkoborem walec o średnicy 20 mm. Następnie za pomocą przyrządu zaopatrzonego w śrubę mikrometryczną, z walca (od strony odwodnionej) odcinano plastry o grubości 0,5 mm. Zawartość cukrów oznaczano metodą kolorymetryczną z kwasem 3,5-dinitrosalicylowym [5]. Celem oznaczenia zawartości sacharydów redukujących przeprowadzano hydrolizę. Zawartość sacharozy oznaczano z różnicy sacharydów po hydrolizie i sacharydów bezpośrednio redukujących. Oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach. Uzyskano rozkład zawartości sacharozy w materiale w odległości: 0-0,5 mm, 0,5-1,0 mm, 2,5-3,0 mm, 4,5-5,0 mm, 6,5-7,0 mm, 9,5-10,0 mm od strony powierzchni odwadnianej.

Profile sacharozy, uzyskane po zbadaniu zawartości sacharozy w poszczególnych plastrach, opisano następującym równaniem:

$$y = a + be^{-cx} \quad (1)$$

Równanie każdego wariantu dobrano za pomocą programu Table Curve 2 D (Jandel Sci.). Przyjmując jako odległość maksymalną $l = 10$ mm, można wyznaczyć wartości średnie stężenia, na podstawie równania:

$$c_{sr} = \frac{1}{10} \int_0^{10} (a + be^{-cx}) dx \quad (2)$$

Stężenie wyrażane było w procentach, dlatego też ilość dyfundującej sacharozy w gramach otrzymamy z następującej zależności:

$$M_{ds} = \frac{[(c_{sr} - c_0)10x]}{100} \quad (3)$$

gdzie:

c_0 – początkowe stężenie sacharozy w próbce [%],

x – średnia masa jednego plastra, podzielona przez jego grubość (czyli 0,5 mm).

Za wartość temperatury krioskopowej przyjęto temp. odpowiadającą początkowemu prostoliniowemu odcinkowi krzywej mrożenia po etapie schładzania, wykreślonej dla punktu odległego 10,0 mm od powierzchni próbki. Określono czas trwania etapu schładzania próbek jako czas od początku procesu zamrażania do uzyskania temp. 0°C , czas przemiany fazowej w zakresie temp. od 0 do -4°C oraz czas domrażania od temp. -4°C do uzyskania temp. -15°C w odległości 10,0 mm od powierzchni próbki [6]. Określano również czas każdej z trzech faz procesu rozmrażania [1].

Wyniki i dyskusja

Na podstawie krzywych mrożenia określono czas każdego z etapów oraz wartości temperatury krioskopowej.

Czas schładzania próbek odwadnianych uległ skróceniu w porównaniu z jabłkiem surowym, nie były to jednak duże różnice (tab. 1). W jabłkach odwadnianych nastąpiło jednak znaczne skrócenie czasu przemiany fazowej. Etap przemiany fazowej jabłka odwadnianego 1h w temp. 70°C uległ skróceniu aż o 20,21 min (etap przemiany fazowej jabłka surowego wynosił 23 min). W jabłkach odwadnianych przez 3h w 30°C etap przemiany fazowej był krótszy o 16,12 min od etapu przemiany fazowej jabłka surowego. Wynika z tego, że obróbka osmotyczna bez względu na czas jej trwania ma decydujący wpływ na skrócenie czasu przemiany fazowej. Wydłużeniu uległ natomiast etap domrażania odwadnianych próbek. Po zastosowaniu 3-godzinnego odwadniania w temp. 30°C , czas domrażania wydłużył się z 34,52 (jabłko surowe) do 41,1 min, a po 1h odwadniania w 70°C próbki domrażały się o 7,71 min dłużej niż jabłko surowe.

Mimo, że czas domrażania próbek poddanych odwadnianiu osmotycznemu uległ wydłużeniu, całkowity czas zamrażania uległ znacznemu skróceniu. Najkrócej

zamrażało się jabłko po godzinie odwadniania w temp. 70°C. Całkowity czas zamrażania tej próbki wyniósł 55,73 min i był o 14,12 min krótszy od całkowitego czasu zamrażania próbek jabłka surowego. Jabłko odwadniane 3 h w temp. 30°C zamrażało się 59,5 min, tzn. o 10,35 min krócej niż jabłko surowe.

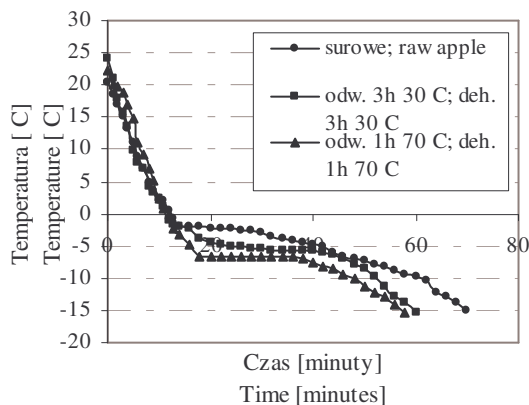
Tabela 1

Charakterystyka procesu zamrażania wybranych próbek.
Characteristic of freezing process for selected samples.

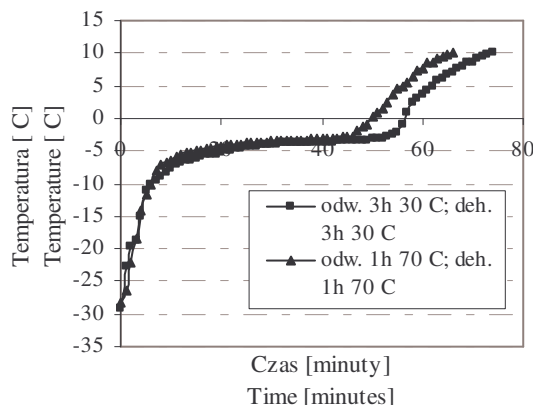
| Etapy procesu zamrażania Freezing process stages | Jabłko surowe Raw apple | Jabłko odwodnione 3 h w 30°C Dehydrated apple 3 h at 30°C | Jabłko odwodnione 1 h w 70°C Dehydrated apple 1 h at 70°C |
|--|----------------------------|--|--|
| Czas schładzania [min] Cooling time | 12,33 | 11,52 | 10,67 |
| Czas przem. fazowej [min] Phase-change time | 23,00 | 6,88 | 2,79 |
| Czas domrażania [min] Freezing time | 34,56 | 41,10 | 42,23 |
| Całkowity czas zamrażania [min] Total freezing time | 69,85 | 59,50 | 55,73 |
| Temp. krioskopowa [°C] Cryoscope temperature | -1,9 | -5,2 | -6,7 |
| Masa dyfundującej sacharozy [g] Mass of diffusing sucrose | - | 0,0650 | 0,0747 |

Porównanie krzywych mrożenia próbek jabłek surowych i jabłek odwodnionych osmotycznie (rys. 1) prowadzi do stwierdzenia, że obróbka osmotyczna spowodowała znaczne obniżenie temperatury krioskopowej.

Gruda i Postolski [1] podają, że temperatura krioskopowa jabłek wynosi -2,0°C. Po przeanalizowaniu krzywej mrożenia jabłka surowego stwierdzono, że temperatura krioskopowa kształtowała się na poziomie -1,9°C. Odwadnianie osmotyczne spowodowało następujące zmiany w wartościach temperatury krioskopowej: jabłko odwadniane 3 h w temp. 30°C miało temp. krioskopową o 3,3°C niższą od temp. krioskopowej jabłka surowego, a po 1h odwadniania w 70°C niższą aż o 4,8°C. Masa dyfundującej sacharozy była większa w przypadku próbek odwadnianych 1 h w 70°C, można zatem przypuszczać, że podwyższona zawartość sacharozy wpłynęła na obniżenie temperatury krioskopowej (tab. 1). Potwierdza to wcześniejsze badania nad wpływem substancji osmoaktywnych na temperaturę krioskopową produktów [2, 4].



Rys. 1. Krzywe mrożenia - jabłko surowe
odwodnione 3 h w 30°C oraz 1 h w 70°C.
Fig. 1. Freezing curves - raw and osmosed apple
(3h at 30°C and 1 h at 70°C).



Rys. 2. Krzywe rozmrażania - jabłko odwodnione
3 h w 30°C oraz 1 h w 70°C.
Fig. 1. Thawing curves - osmosed apple (3h at
30°C and 1 h at 70°C).

W toku rozmrażania występowały podobne gradienty temperatur między produktem i medium, jak przy zamrażaniu, dlatego też przebieg procesu rozmrażania, podobnie jak zamrażania, można scharakteryzować za pomocą krzywych (rys. 2).

Tabela 2

Charakterystyka procesu rozmrażania wybranych próbek.
Characteristic of thawing process for selected samples.

| Etapy procesu rozmrażania Thawing process stages | Jabłka odwodnione 3 h w 30°C Dehydrated apple 3 h at 30°C | Jabłka odwodnione 1 h w 70°C Dehydrated apple 1 h at 70°C |
|--|---|---|
| Faza I [min] Phase I | 21,00 | 15,00 |
| Faza II [min] Phase II | 35,00 | 32,00 |
| Faza III [min] Phase III | 18,00 | 19,00 |
| Całkowity czas rozmrażania [min] Total thawing time | 74,00 | 66,00 |
| Temp. krioskopowa [°C] Cryoscope temperature | -2,2 | -2,7 |
| Masa dyfundującej sacharozy [g] Mass of diffusing sucrose | 0,0973 | 0,1281 |

Z tab. 2. wynika, że w tych samych warunkach krócej (66 min) rozmrażało się jabłko odwadniane 1 h w temp. 70°C i przechowywane 1 miesiąc w -35°C (rys. 2). Jabłko odwadniane 3 h w temp. 30°C i przechowywane przez 1 miesiąc w -35°C rozmrażało się 74 min. Czas rozmrażania, podobnie jak zamrażania, zależał od zawartości wody i suchej substancji w próbce. Im mniej wody w próbce, tym większa szybkość procesu rozmrażania. Pierwsza faza procesu rozmrażania próbki po 1 h odwadniania w temp. 70°C była krótsza po miesiącu przechowywania w -35°C i wynosiła zaledwie 15 min. Sześć minut dłużej trwała pierwsza faza rozmrażania próbki odwadnianej 3 h w temp. 30°C i przechowywanej jeden miesiąc w tych samych warunkach. Podobnie wyglądał rozkład różnic drugiej fazy procesu rozmrażania. Różnice w długości trzeciej fazy były niewielkie, była ona jednak najdłuższa w przypadku tych próbek jabłka, które poprzednie dwa etapy przechodziły najszybciej (tab. 2).

Jako wartość temperatury krioskopowej przyjęto w tym przypadku temperaturę odpowiadającą końcowemu prostoliniowemu odcinkowi krzywej rozmrażania, stanowiącą początek trzeciej fazy procesu rozmrażania (rys. 2). Na wartość temperatury krioskopowej, podobnie jak przy zamrażaniu, ma wpływ zawartość wody i substancji osmoaktywnych w tkance. Im większa zawartość wody, tym wyższa temperatura krioskopowa. W trakcie procesu rozmrażania uwolniona woda powoduje rozcieńczenie treści komórek, wpływając tym samym na wzrost temperatury krioskopowej tego materiału. Próbka odwodniona 1 h w temp. 70°C, przechowywana 1 miesiąc w -35°C, a następnie rozmrożona charakteryzowała się niższą wartością temperatury krioskopowej (-2,7°C) przy wyższej wartości dyfundującej sacharozy (tab. 2). Próbka odwadniana 3 h w temp. 30°C i przechowywana 1 miesiąc w -35°C, a następnie rozmrożona miała wyższą temperaturę krioskopową (-2,2°C), przy wartości masy dyfundującej sacharozy na poziomie 0,0973 g. Podobnie, jak w przypadku próbek zamrażanych, można dopatrywać się zależności między masą dyfundującej sacharozy a zmianami temperatury krioskopowej.

W procesie zamrażania ciepło było odprowadzane z wnętrza produktu przez zamrażającą warstwę zewnętrzną, natomiast przy rozmrażaniu ciepło było doprowadzane przez warstwę rozmrożoną. Przewodność cieplna właściwa produktu rozmrożonego λ_{pi} jest 3-3,5-krotnie mniejsza niż produktu zamrożonego λ_{pz} , stąd znaczne wydłużenie czasu przy porównywalnych warunkach realizacji procesu [1]. Czas rozmrażania próbki odwadnianej 3 h w temp. 30°C i przechowywanej 1 miesiąc w -35°C wydłużył się o 14,5 min w stosunku do czasu zamrażania tej próbki tuż po odwadnianiu (zamrażanie 59,5 min, rozmrażanie 74 min), a czas rozmrażania próbki odwadnianej 1 h w temp. 70°C i przechowywanej 1 miesiąc w -35°C wydłużył się o 10,27 min w stosunku do czasu zamrażania (zamrażanie 55,73 min, rozmrażanie 66 min).

Wnioski

1. Obróbka osmotyczna wpłynęła na skrócenie okresów schładzania i przemiany fazowej, a czas domrażania uległ wydłużeniu w stosunku do jabłka surowego. Najkrócej zamrażało się jabłko po godzinie odwadniania w temp. 70°C.
2. Podwyższona zawartość sacharozy miała wpływ na obniżenie temperatury krioskopowej, zarówno w procesie zamrażania, jak i rozmrażania.
3. Czas rozmrażania próbek wydłużył się w stosunku do czasu ich zamrażania. Temperatura przemiany fazowej w procesie rozmrażania była wyższa niż w procesie zamrażania.

Literatura

- [1] Gruda Z., Postolski J.: Zamrażanie żywności. WNT. Warszawa 1999.
- [2] Kluza F.: Zakres zamrażania owoców, warzyw oraz soków owocowo-warzywnych jako wynik oddziaływania warunków ich chłodzenia i właściwości fizycznych oraz modyfikacji składu produktu. *Chłodnictwo*, 1997, **32** (1), 35-37.
- [3] LaBelle R. L., Moyer J. C.: Dehydrofreezing of red tart cherries. *Food Technol.*, 1966, **20** (10), 105-106.
- [4] Pałacha Z., Kamińska A.: Wpływ wstępnej obróbki osmotycznej na przebieg procesu zamrażania jabłek. *Chłodnictwo*, 2001, **36** (3), 44-47.
- [5] Toczko M., Grzelińska A.: Materiały do ćwiczeń z biochemii. Oznaczanie zawartości sacharydów w materiale biologicznym. Wyd. SGGW. Warszawa 1997, s. 38-41.
- [6] Zagibalova T., Mank V.: Characteristics of changes in cold preservation according to NMR results. *Piszczewaja Technologija*, 1984, (2), 48-52.

EFFECT OF OSMOTIC PRE-TREATMENT ON THE PROCESS OF APPLE FREEZING AND THAWING

S u m m a r y

The aim of this study was to investigate on how the saturation of apples by osmotic substance influence on the freezing and thawing process. The research material was a osmotically dehydrated apples (3 h at 30°C and 1 h at 70°C) frozen and stored for one month at the temperature of -35°C and than also after thawing. It was found that the osmotic pre-treatment caused shortening of the total time of freezing – the shortest was the freezing time for apple after 1h of dehydration at the temperature of 70°C. The decrease in cryoscope temperature was also noticed. The total time of thawing was longer then the total time of freezing and the cryoscope temperature for that process was higher.

Key words: apples, osmotic dehydration, freezing, thawing ☒