

## WPŁYW CHLORKU WAPNIA NA ODWADNIANIE OSMOTYCZNE MARCHWI

Hanna Kowalska, Andrzej Lenart

*Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Streszczenie.** Celem pracy była analiza wpływu jonów wapnia na odwadnianie osmotyczne marchwi w kształcie walców o średnicy 8 mm i wysokości 10 mm. Zastosowano roztwory glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego w stężeniach odpowiadających aktywności wody 0,9. Temperatura procesu wynosiła 20°C. Marchew nasycano jonami wapnia w roztworze osmotycznym zawierającym 2% CaCl<sub>2</sub>. Obecność chlorku wapnia w roztworze osmotycznym tylko nieznacznie wpłynęła na odwadnianie osmotyczne marchwi w temperaturze 20°C. Stwierdzono mniejszą zawartość wody w marchwi odwadnianej w badanych roztworach osmotycznych zawierających jony wapnia w porównaniu z marchwią odwadnianą bez dodatku wapnia. Różnice istotne statystycznie dotyczyły ubytków wody i przyrostu masy suchej substancji w marchwi odwadnianej w roztworach zawierających wapń były średnio o 10% większe w porównaniu z odwadnianiem bez wapnia. Obecność jonów wapnia w badanych roztworach przyczyniła się do nieznacznego obniżenia aktywności wody odwadnianej marchwi. Nie zaobserwowano wpływu obecności jonów wapnia na twardość odwadnianej osmotycznie marchwi. Zawartość wapnia w marchwi zależała od czasu trwania procesu i rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Największą zawartość wapnia wykazano w marchwi odwadnianej w roztworze glukozy.

**Słowa kluczowe:** ubytki wody, przyrost masy suchej substancji, zawartość wapnia

### Wstęp

W procesach dyfuzyjnych surowce roślinne stanowią matrycę, która nie uczestniczy w wymianie masy, ale umożliwia przepływ określonych strumieni pomiędzy tkanką a otaczającym roztworem np. wody, cukrów, witamin, soli mineralnych. Szczególnie ważne staje się wykorzystanie produktów roślinnych do produkcji żywności mało przetworzonej, bogatej w naturalnie występujące składniki odżywcze do nasycania dodatkowymi substancjami i otrzymywania żywności o podwyższonej wartości żywieniowej i atrakcyjności dla konsumenta [Alzamora i in. 2005].

Wysycaniu tkanki roślinnej niektórymi związkami mineralnymi towarzyszy częściowe utrwalenie produktu poprzez obniżenie zawartości wody o około 20-30% w łagodnych warunkach odwadniania, tj. bez efektu termicznego, co stwarza możliwość zmniejszenia kosztów procesów, takich jak: pakowanie, magazynowanie, transport. Ważnym zadaniem jest również poprawa jakości produktu końcowego [Shi i Le Maguer 2002].

Grass i in. [2003] uznali, że wprowadzenie wapnia do warzyw podczas odwadniania osmotycznego pod obniżonym ciśnieniem jest alternatywą w rozwoju żywności funkcjonalnej. Jednocześnie obecność tego składnika powoduje określone zmiany właściwości strukturalnych i mechanicznych tkanki roślinnej.

W badaniach Rodrigues'a i in. [2003] stwierdzono, że dodatek soli wapnia najlepiej stosować do krótkotrwałych procesów osmotycznych, do 2 godzin, ponieważ po dłuższym czasie następuje zbytne ztwardnienie próbek. Natomiast mleczan sodu wykazuje działanie zapobiegawcze mięknięciu tkanek bez względu na czas trwania immersji w roztworze.

Nasycenie produktów mało przetworzonych składnikami odżywczymi, np. wapniem, witaminą C wpływa na poprawę tekstury i właściwości sensorycznych owoców i warzyw [Barrera i in. 2004; Uddin i in. 2004; Anino i in. 2006].

Do tej pory niewiele publikacji dotyczyło odwadniania osmotycznego owoców i warzyw w obecności dodatkowych składników. Z uwagi na właściwości tkanki marchwi oraz łatwość wprowadzania do niej określonych składników, celowym staje się próba zastosowania odwadniania osmotycznego marchwi w obecności jonów wapnia oraz analiza zmian zawartości wody, przyrostu masy suchej substancji, aktywności wody oraz właściwości mechanicznych i sensorycznych [Kowalska i Gierada 2005].

## **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było określenie zmian zachodzących w marchwi w wyniku usuwania wody i równoczesnego nasycania substancją osmotyczną i wapniem. Zakres pracy obejmował analizę zmian zawartości i ubytków wody, przyrostu masy suchej substancji podczas odwadniania osmotycznego marchwi w temperaturze 20°C. Ponadto określano zawartość wapnia oraz jego wpływ na właściwości mechaniczne marchwi na przykładzie testu ściskania.

## **Metodyka**

W badaniach użyto marchew odmiany Karotka, pochodzącą z Pól Doświadczalnych Katedry Sadownictwa SGGW. Surowiec do chwili wykorzystania na potrzeby doświadczenia przechowywany był bez dostępu światła w warunkach chłodniczych w temperaturze 4-5°C oraz wilgotności względnej powietrza 80-90% przez 2-3 miesiące. Marchew w kształcie walców o średnicy 8 mm wykrawano z całej powierzchni obranych krążków pociętych wcześniej na wysokość 10 mm. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w roztworze glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego w stężeniach odpowiadających aktywności wody 0,9. Temperatura procesu wynosiła 20°C. Marchew nasycano chlorkiem wapnia w ilości 2% w odniesieniu do roztworu osmotycznego.

W trakcie każdego eksperymentu po określonym czasie odwadniania oznaczano masę próbki, aktywność wody w aparacie AquaLab model CX-2, zawartość suchej substancji metodą suszarkową w suszarce komorowej typu KBC-65G (PN-90/A-75-75101/03) oraz właściwości mechaniczne w teksturometrze Texture Analyser TA-XT2. Badania właściwości mechanicznych wykonano przy zastosowaniu testu ściskania walców marchwi. Polegał

on na pomiarze czasu ściskania  $\tau_s$  potrzebnego do osiągnięcia siły 30N wzdłuż osi walca przy szybkości głowicy  $0,2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Oznaczenie zawartości wapnia w marchwi odwadnianej osmotycznie przeprowadzono metodą spalania na sucho w piecu muflowym CARBOLITE CSF 1200 w temperaturze  $550^\circ\text{C}$  przez 48 godzin w Zakładzie Analiz Fizykochemicznych SGGW. Oznaczenia wykonywane były według PN-90/A-75101.07.

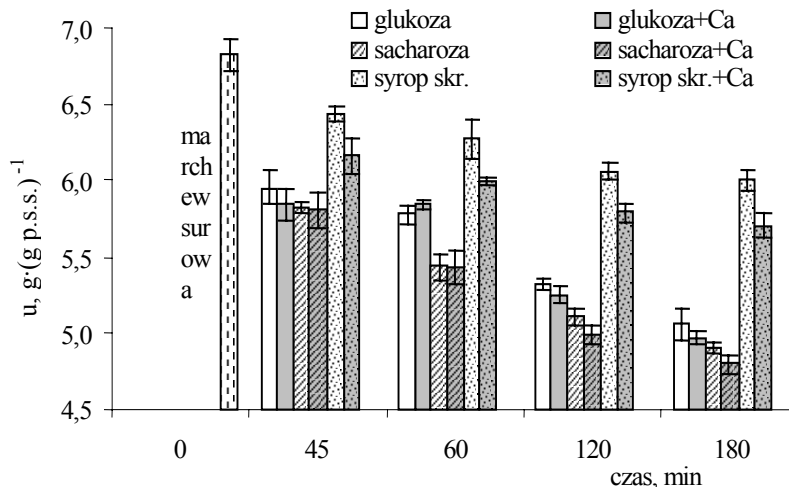
Do opisu procesów technologicznych korzystano z następujących wielkości:

- zawartość wody  $u$ ,  $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g p.s.m.})^{-1}$ ,
- przyrost masy suchej substancji  $\Delta s$ ,  $(\text{g}\cdot\text{g p.s.m.})^{-1}$ ,
- ubytki wody,  $\Delta u$   $(\text{gH}_2\text{O}\cdot\text{g p.s.m.})^{-1}$ ,
- stosunek ubytku wody do przyrostu masy suchej substancji,  $\Delta u/\Delta s$ ,
- zawartość wapnia  $Z_{Ca}$  pomniejszona o zawartość wapnia w surowcu  $\text{mg Ca}\cdot(100 \text{ g s.m.})^{-1}$ .

## Omówienie wyników

### Wpływ jonów wapnia na wymianę masy w czasie odwadniania osmotycznego marchwi

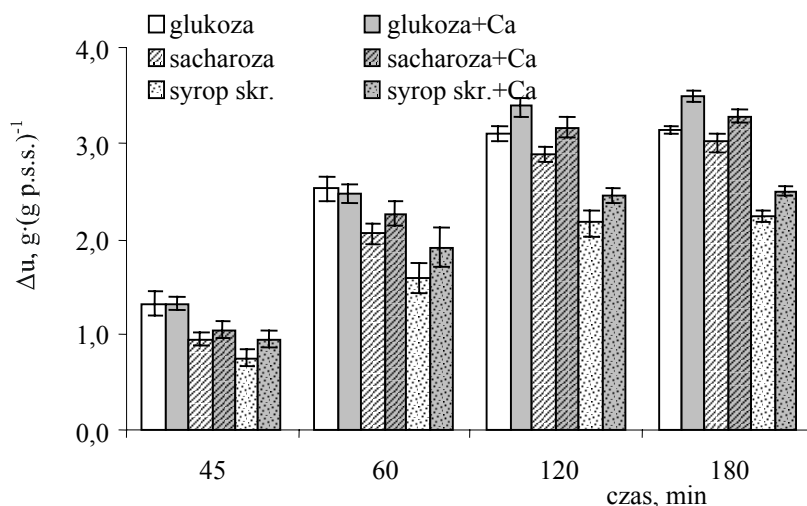
Obecność jonów wapnia w roztworach glukozy i sacharozy, stosowanych do odwadniania osmotycznego marchwi w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  w czasie do 180 minut, nie miała istotnego wpływu na obniżenie zawartości wody w marchwi w porównaniu z zastosowaniem roztworów bez jonów wapnia (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ jonów wapnia na zawartość wody  $u$  w marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze  $20^\circ\text{C}$

Fig. 1. The effect of calcium ions on water content  $u$  in osmodehydrated carrot at  $20^\circ\text{C}$  in glucose, sucrose and starch syrup solution

Statystycznie istotny wpływ jonów wapnia na zawartość wody w marchwi stwierdzono w przypadku zastosowania roztworu syropu skrobiowego. Jednak zawartość wody w badanych próbkach odwadnianych z udziałem wapnia była mniejsza tylko o około 5%. Nie stwierdzono również istotnego wpływu wapnia na ubytki wody z marchwi odwadnianej w krótkim czasie do 60 minut (rys. 2).



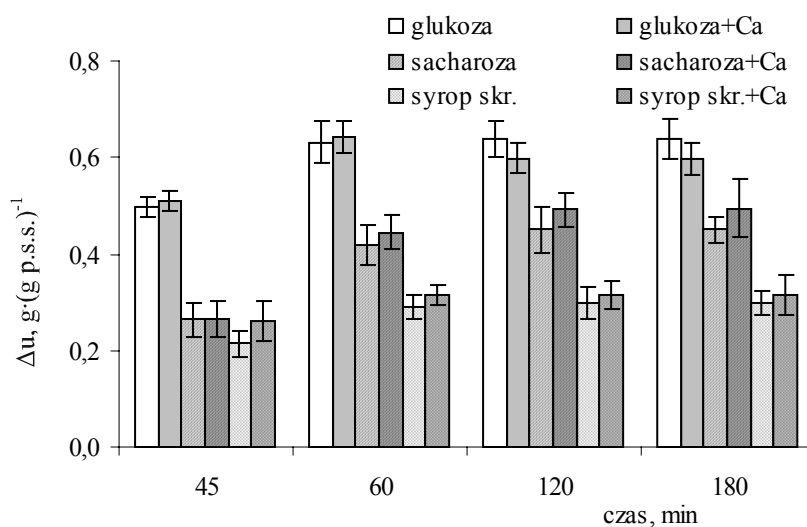
Rys. 2. Wpływ jonów wapnia na ubytki wody  $\Delta u$  z marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C w roztworach glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego

Fig. 2. The effect of calcium ions on water loss  $\Delta u$  from osmodehydrated carrot at 20°C in glucose, sucrose and starch syrup solution

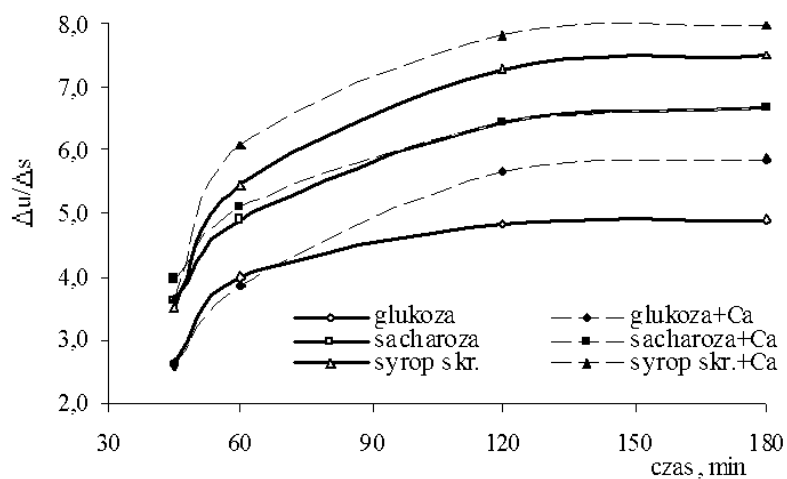
Zastosowanie dłuższego czasu odwadniania spowodowało, że ubytki wody z marchwi były do 10% większe, gdy roztwór osmotyczny zawierał jony wapnia. Przyrost masy suchej substancji był tylko nieznacznie, nieistotnie statystycznie, większy w marchwi odwadnianej w obecności wapnia (rys. 3).

Nie zaobserwowano istotnego wpływu wapnia na uzyskane wartości stosunku ubytków wody do przyrostu masy suchej substancji  $\Delta u/\Delta s$  w marchwi odwadnianej osmotycznie w roztworze sacharozy (rys. 4). Większy wskaźnik  $\Delta u/\Delta s$  uzyskano w marchwi odwadnianej w roztworze glukozy z jonami wapnia, ale w zakresie czasu odwadniania 120-180 minut. Natomiast największy wpływ wapnia na wartość  $\Delta u/\Delta s$  (siegnący 10%) miał miejsce przy zastosowaniu roztworu syropu skrobiowego.

Wprowadzenie do roztworu osmotycznego dodatkowej substancji,  $\text{CaCl}_2$ , powoduje nieznaczne zwiększenie różnicy ciśnienia pomiędzy roztworem osmotycznym a sokiem komórkowym, ale w większości przypadków nie miało to istotnego wpływu na przebieg odwadniania osmotycznego marchwi (rys. 1-3).



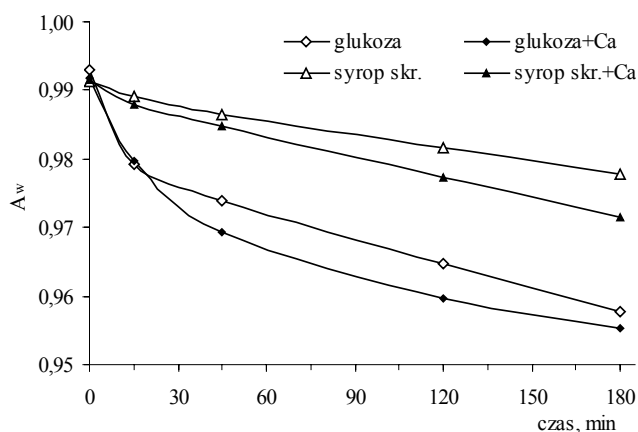
Rys. 3. Wpływ jonów wapnia na przyrost masy suchej substancji  $\Delta s$  w marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C w roztworach glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego  
 Fig. 3. The effect of calcium ions on solids gain  $\Delta s$  in osmodehydrated carrot at 20°C in glucose, sucrose and starch syrup solution



Rys. 4. Wpływ jonów wapnia na stosunek ubytków wody do przyrostu masy suchej substancji w marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C  
 Fig. 4. The effect of calcium ions on water loss to solids gain ratio in osmodehydrated carrot at 20°C in glucose, sucrose and starch syrup solution

### Wpływ jonów wapnia na aktywność wody marchwi odwadnianej osmotycznie

Na aktywność wody odwadnianej marchwi miał wpływ rodzaj zastosowanej substancji osmotycznej przy znacznie mniejszym wpływie obecności jonów wapnia (rys. 5). Największe obniżenie aktywności wody marchwi zaobserwowano przy użyciu roztworu glukozy, a najmniejsze w roztworze syropu skrobiowego.



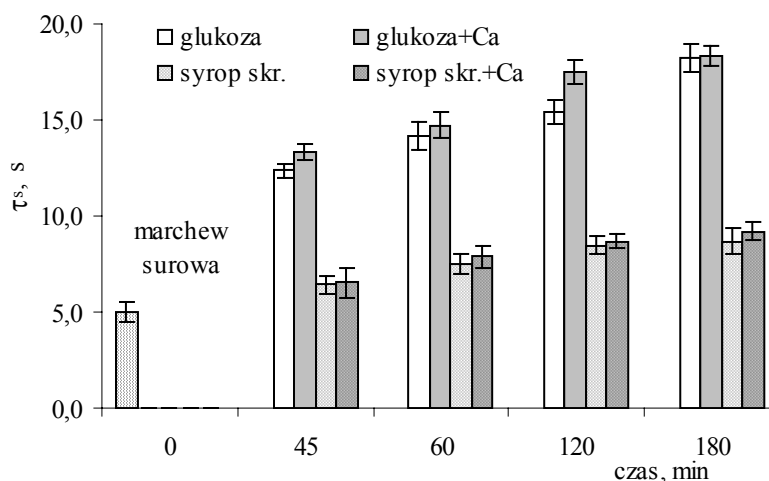
Rys. 5. Wpływ jonów wapnia na aktywność wody  $A_w$  marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C w roztworze glukozy i syropu skrobiowego

Fig. 5. The effect of calcium ions on water activity  $A_w$  of osmodehydrated carrot at 20°C in glucose and starch syrup solution

Obecność jonów wapnia w badanych roztworach w czasie odwadniania osmotycznego marchwi przyczyniła się do nieznacznego obniżenia aktywności wody. Początkowa aktywność wody w surowcu wynosiła około 0,993 zaś największe obniżenie aktywności wody w marchwi odwadnianej przez 45 minut w temperaturze 20°C odnotowano w roztworze glukozy z dodatkiem jonów wapnia tj. do około 0,970 (rys. 5). W przypadku roztworu sacharozy i syropu skrobiowego aktywność wody w marchwi odwadnianej w obecności jonów wapnia była tylko o około 1-2% mniejsza w porównaniu z marchwią odwadnianą bez udziału jonów wapnia.

### Wpływ jonów wapnia na właściwości mechaniczne marchwi odwadnianej osmotycznie

Właściwości mechaniczne, analizowane na podstawie czasu potrzebnego do osiągnięcia siły ściskania 30N, w marchwi odwadnianej osmotycznie były w niewielkim stopniu zależne od obecności jonów wapnia w roztworze oraz w znacznie większym stopniu od zastosowanej substancji osmotycznej i czasu odwadniania (rys. 6). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu obecności jonów wapnia w roztworach stosowanych do odwadniania marchwi na właściwości mechaniczne badanych próbek.



Rys. 6. Wpływ jonów wapnia na właściwości mechaniczne marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C w roztworze glukozy i syropu skrobiowego

Fig. 6. The effect of calcium ions on mechanical properties of osmodehydrated carrot at 20°C in glucose and starch syrup solution

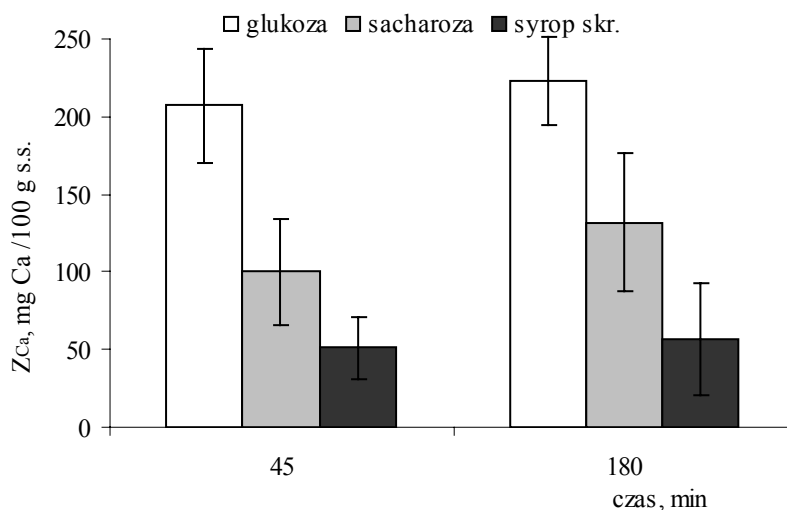
W wyniku odwadniania osmotycznego marchwi przez 180 minut nastąpiło wydłużenie o około 20-27% czasu potrzebnego do zgniecenia marchwi odwadnianej w obu roztworach. Dodatek jonów wapnia przyczynił się do skrócenia czasu potrzebnego do ściśnięcia marchwi odwodnionej osmotycznie średnio o około 7% w stosunku do roztworów bez jonów wapnia.

W przypadku marchwi odwadnianej przez 45 minut w temperaturze 20°C w roztworze syropu skrobiowego czas potrzebny do zgniecenia próbki był o około 45% mniejszy w stosunku do odwadniania w roztworze glukozy. Dodatek jonów wapnia do roztworu syropu skrobiowego spowodował, że czas potrzebny do zgniecenia próbki był o około 5% krótszy.

#### **Analiza zawartości jonów wapnia w marchwi odwadnianej osmotycznie**

Zawartość wapnia w marchwi zależała od czasu trwania procesu i rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego (rys. 7).

Największą zawartością wapnia odznaczała się marchew odwadniana w roztworze glukozy i wynosiła około  $210 \text{ mg Ca} \cdot (100 \text{ g s.s.})^{-1}$  po 45 minutach odwadniania. Marchew odwadniana w roztworze sacharozy zawierała około 2-krotnie, a w roztworze syropu skrobiowego uzyskano około 4-krotnie mniejszą zawartość wapnia w porównaniu z marchwią odwadnianą w roztworze glukozy. Odwadnianie marchwi prowadzone w dłuższym czasie 180 minut spowodowało uzyskanie większych zawartości wapnia w marchwi odwadnianej w roztworze glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego odpowiednio o około 7, 32 i 12%.



Rys. 7. Zawartość jonów wapnia  $Z_{Ca}$  w marchwi odwadnianej osmotycznie w temperaturze 20°C w roztworze glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego

Fig. 7. Calcium ions content  $Z_{Ca}$  in osmodehydrated carrot at 20°C in glucose, sucrose and starch syrup solution

## Wnioski

1. Obecność jonów wapnia w roztworze osmotycznym w nieznacznym stopniu wpłynęła na wymianę masy w marchwi odwadnianej w temperaturze 20°C. Statystycznie istotny wpływ jonów wapnia na zawartość wody w marchwi stwierdzono w marchwi odwadnianej w roztworze syropu skrobiowego. Zaobserwowano, że zawartość i ubytek wody oraz przyrost masy suchej substancji w marchwi w większym stopniu zależały od czasu odwadniania osmotycznego, a w mniejszym od obecności jonów wapnia w roztworach.
2. Nie zaobserwowano istotnego wpływu wapnia na stosunek ubytków wody do przyrostu masy suchej substancji w marchwi odwadnianej osmotycznie w roztworze sacharozy. Natomiast wpływ wapnia na wartość tego wskaźnika (sięgający 10%) miał miejsce przy zastosowaniu roztworu syropu skrobiowego oraz w marchwi odwadnianej w roztworze glukozy w czasie 120-180 minut.
3. Obecność wapnia w roztworze osmotycznym przyczyniła się do nieznacznego obniżenia aktywności wody marchwi. Nie zaobserwowano wpływu obecności jonów wapnia na twardość odwadnianej osmotycznie marchwi przy zastosowaniu badanych roztworów osmotycznych.
4. Zawartość wapnia w marchwi zależała od czasu trwania procesu i rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Największą, tj. około 2- i 4-większą w porównaniu z innymi roztworami, zawartość wapnia wykazano w marchwi odwadnianej w roztworze glukozy.



## Bibliografia

- Alzamora S.M., Salvatori D., Tapia M.S., López-Malo A., Welti-Chanes J., Fito P.** 2005. Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *J.Food Eng.* 67. s. 205-214.
- Anino S. V., Daniela M. Salvatori D.M., Alzamora S.M.** 2006. Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts. *Food Research International* 39. s.154-164.
- Barrera C., Betoret N., Fito P.** 2004. Ca<sup>2+</sup> and Fe<sup>2+</sup> influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith). *J. Food Eng.* 65. s. 9-14.
- Grass, M.L., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A., Fito, P.** 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. Interactions with cellular matrix. *J.Food Eng.* 56. s. 279-284.
- Kowalska H., Gierada K.** 2005. Modelowanie cukrów i witaminy C w jabłkach minimalnie przetworzonych. Materiały Konferencji Naukowej „Żywnienie a zdrowie – interakcje” PTTŻ, AR Kraków. s. 59-65.
- Rodrigues A.C.C., Cunha R.L., Hubinger M.D.** 2003. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *J. Food Eng.* 59. s. 129-135.
- Shi J., Le Maguer M.** 2002. Mass transfer in cellular material at solid-liquid contacting interface. *Food Sci. Technol.* 35. s. 357-372.
- Uddin B.M., Ainsworth P., İbanoğlu S.** 2004. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *J. Food Eng.* 65. s. 473-477.

## OSMOTIC DEHYDRATION OF CARROT WITH IMPREGNATION OF CALCIUM CHLORIDE

**Summary.** The purpose of the work was the analysis of effect of calcium ions on osmotic dehydration of carrot in form of cylinders with a diameter of 8mm and height of 10 mm. Solutions of glucose, sucrose and starch syrup were used with concentration corresponding to water activity of 0.9. The process temperature was 20°C. Carrot was saturated with calcium ions in osmotic solution containing 2% of CaCl<sub>2</sub>. The presence of calcium chloride in the osmotic solution had only minor effect on osmotic dehydration of carrot at 20°C. Smaller water content was found in carrot dehydrated in the tested osmotic solutions containing calcium ions compared with carrot dehydrated without addition of calcium. Statistically relevant differences referred to water loss and increase of dry mass of substance in carrot dehydrated in solutions containing calcium were greater on the average by 10% when compared to dehydration without calcium. Presence of calcium ions in the tested solutions contributed to slight decrease of water activity of dehydrated carrot. No influence of calcium ion presence on hardness of osmotic dehydrated carrot was observed. Calcium content in carrot depended on the process duration time and type of osmotic solution used. The largest calcium content was showed in carrot dehydrated in glucose solution.

**Key words:** Water loss, increase of substance dry mass, calcium content

**Adres do korespondencji:**

Hanna Kowalska; e-mail: [hanna\\_kowalska@sggw.pl](mailto:hanna_kowalska@sggw.pl)  
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159C  
02-787 Warszawa