

ZMIANY ZAWARTOŚCI WITAMINY C I KAROTENOIDÓW W PRZECHOWYWANYCH SUSZACH MARCHWI I ZIEMNIAKA

*Małgorzata Nowacka, Dorota Witrowa-Rajchert, Wioleta Strachota,
Ewa Sobczak*

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa
e-mail: malgorzata_nowacka@sggw.pl

Streszczenie. W pracy określono wpływ czasu i temperatury przechowywania na zawartość witaminy C w ziemniaku i karotenoidów w marchwi uzyskanych na drodze suszenia promiennikowo-konwekcyjnego i konwekcyjnego. Wyznaczono stałe szybkości reakcji oraz energię aktywacji rozkładu witaminy C i karotenoidów podczas przechowywania warzyw. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania i temperatury następowało zwiększenie szybkości rozkładu witaminy C w suszach z ziemniaka. Karotenoidy w suszonej marchwi szybciej ulegały degradacji w wyższych temperaturach (25 i 40°C), w których stała szybkości reakcji była około 2-krotnie wyższa w porównaniu do stałej szybkości reakcji w niższej temperaturze przechowywania (4°C). Susz promiennikowo-konwekcyjny charakteryzował się niższą wartością bariery energetycznej, po której rozpoczynał się rozkład karotenoidów w marchwi i witaminy C w ziemniaku, w porównaniu z suszem konwekcyjnym.

Słowa kluczowe: suszone warzywa, przechowywanie, karotenoidy, witamina C

WSTĘP

Produkty suszone, ze względu na obniżoną zawartość wody, są bardzo trwałą formą żywności. Jednak podczas długotrwałego przechowywania suszy zachodzą procesy nieenzymatycznego brązowienia, utleniania (głównie witaminy C, związków tłuszczowych, karotenoidów) oraz niekorzystne zmiany tekstury (Stępień 2007, Pijanowski i in. 2004).

Stabilność przechowalnicza suszu zależy od końcowej wilgotności produktu i warunków przechowywania: temperatury, wilgotności, dostępu światła, rodzaju otaczającej atmosfery i opakowania. Podstawowym warunkiem zachowania trwałości i stabilności suszu jest zmniejszenie aktywności wody poniżej zawartości

wilgoci równej adsorpcji jednowarstwowej z izoterm sorpcji (Rahman 2005). Właściwości produktu w czasie przechowywania zależą w dużym stopniu również od zastosowanej metody suszenia. Agrest suszony konwekcyjnie z wcześniejszym odwadnianiem osmotycznym, w porównaniu z suszem otrzymanym w suszarni słonecznej oraz w warunkach konwekcji naturalnej, charakteryzuje się najwyższą zawartością kwasu askorbinowego bezpośrednio po procesie i po przechowywaniu (Pragati i in. 2003). Natomiast marchew suszoną fluidyzacyjnie (50 i 60°C) i przechowywaną przez 30 i 120 dni oceniano lepiej pod względem jakości sensorycznej, zdolności do rehydracji oraz zawartości β -karotenu niż susz mikrofalowy. Najgorszymi właściwościami charakteryzuje się susz otrzymany w suszarce słonecznej w temperaturze od 32-55°C (Perera 2005). Susz marchwiowy suszony fluidyzacyjnie wykazuje się intensywniejszą barwą niż konwekcyjny (Prakash i in. 2004). Natomiast w przypadku jabłkowego suszu promiennikowego, przechowywanego przez 6 miesięcy, otrzymano produkt o barwie jaśniejszej niż bezpośrednio po suszeniu, co mogło być spowodowane fizycznymi zmianami przechowanego materiału albo utlenieniem brązowych pigmentów tworzonych podczas suszenia (Nowak i Lewicki 2005). Liofilizowany proszek karotenoidowy wykazuje podczas przechowywania większą stabilność niż proszek uzyskany na drodze suszenia rozpyłowego. Tang i in. (2000) oceniali zmiany właściwości proszku karotenoidowego przechowywanego przez różne okresy czasu, bez dostępu światła w temperaturze 4, 25 i 45°C oraz z dostępem światła w temperaturze 25°C. Badania wykazały, że wraz z wydłużeniem czasu przechowywania i temperatury, maleje udział barwy żółtej i jasność produktu, ponieważ następuje degradacja karotenoidów.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury i czasu przechowywania na zawartości witaminy C w ziemniaku i karotenoidów w marchwi w suszach uzyskanych na drodze suszenia promiennikowo-konwekcyjnego i konwekcyjnego. Ponadto wyznaczono stałe szybkości reakcji oraz energię aktywacji rozkładu witamin i karotenoidów podczas przechowywania warzyw.

MATERIAŁ I METODY

Marchew odmiany Karotan, należąca do grupy odmian późnych o dużej przydatności do przetwórstwa, oraz ziemniaki odmiany Irga myto, obierano i krojono w plastry o średnicy i grubości w przypadku marchwi odpowiednio, $36,3 \pm 6,1$ i $6,0 \pm 0,6$ mm oraz ziemniaka odpowiednio, 30 i $2,5 \pm 0,1$ mm. Pokrojony materiał blanszowano 2 (ziemniak) i 3 minuty (marchew) w wodzie o temperaturze 95-100°C, po czym osuszano na bibule, układano w pojedynczej warstwie na płytach sitowych i suszono konwekcyjne oraz przy wykorzystaniu promieniowania podczerwonego. W przypadku suszenia konwekcyjnego surowca stosowano temperaturę powietrza 60°C (ziemniak) i 70°C (marchew) przy przepływie powietrza, równole-

głym do warstwy materiału, o prędkości $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Parametry suszenia promiennikowego dobrano w taki sposób, aby temperatura suszonego materiału była porównywalna do temperatury materiału suszonego metodą konwekcyjną. Stosowano przepływ nieogrzewanego powietrza o prędkości $1,0\text{-}1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, równoległy do warstwy materiału. Źródłem promieniowania podczerwonego było dziewięć lamp ustawionych szeregowo w trzech rzędach, o mocy 175 W każda i średnicy 125 mm . Odległość lamp od powierzchni suszonego materiału wynosiła 20 cm .

Susz otrzymany metodą konwekcyjną i metodą konwekcyjną wspomaganą promieniami podczerwonymi przechowywano w opakowaniach próżniowych z folii PP, bez dostępu światła, w trzech temperaturach $4, 25$ i 40°C . Susz ziemniaczany przechowywano przez okres $2, 12$ i 20 tygodni, a susz marchwiowy przez $2, 4, 6$ i 30 tygodnie. Wszystkie doświadczenia realizowano w dwóch powtórzeniach.

Zawartość kwasu L-askorbinowego (zgodnie z normą PN-A-04019/1998) i karotenoidów ogółem (zgodnie z normą PN-A-75101-12/1990) określono metodą spektrofotometryczną.

Na podstawie oznaczeń zawartości kwasu L-askorbinowego i karotenoidów, przy założeniu, że degradacja tych składników jest zgodna z kinetyką reakcji I rzędu, obliczono wartości stałych szybkości reakcji ich rozkładu podczas przechowywania oraz energię aktywacji.

Stałe szybkości reakcji rozkładu witaminy C i karotenoidów podczas przechowywania wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów, sporządzając wykres zależności:

$$f(t) = \ln\left(\frac{C_0}{C_t}\right) \quad (1)$$

gdzie: t – czas (s), C_0 – początkowa zawartość witaminy C/karotenoidów w suszach ($\text{g}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$), C_t – zawartość witaminy C/karotenoidów w suszach po czasie t ($\text{g}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$).

Współczynnik kierunkowy prostej regresji odpowiadał liczbowo wartości stałej szybkości reakcji k , przy założeniu, że reakcja przebiega zgodnie z kinetyką reakcji I rzędu. Czas półtrwania witaminy C/karotenoidów wyznaczono ze wzoru:

$$t_{1/2} = \ln\frac{2}{k} \quad (2)$$

Energię aktywacji wyznaczono z równania Arrheniusa:

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT} \quad (3)$$

gdzie: A – czynnik przedwykładniczy (częstości) (s^{-1}), E_a – energia aktywacji ($J \cdot mol^{-1}$), R – stała gazowa ($8,314 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$), T – temperatura przechowywania (K), k – stała szybkości reakcji (s^{-1}).

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy zastosowaniu testu t-Studenta, dwuczynnikowej analizy wariancji i procedury Duncana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

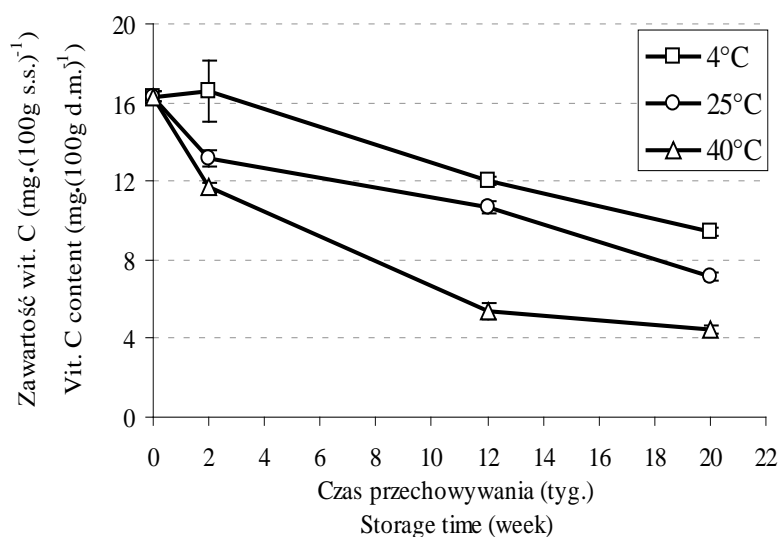
WYNIKI I DYSKUSJA

Utrata witamin w czasie przetwarzania żywności jest zjawiskiem niekorzystnym. Witaminy rozpuszczalne w wodzie są wrażliwe na działanie podwyższonej temperatury. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach ulegają degradacji w wyniku utleniania zachodzącego w trakcie suszenia (Sokhansanj i Jayas, 2006). Owoce i warzywa są głównym źródłem witamin w diecie człowieka. Podczas suszenia owoców i warzyw obniża się zawartość witamin rozpuszczalnych w wodzie, zwłaszcza witaminy C, zmienia się ich wartość odżywcza i sensoryczna, zachodzą reakcje brązowienia (Maniak i in. 2007). Podczas suszenia porzeczek w temperaturze $60^{\circ}C$ straty kwasu L-askorbinowego wynosiły aż 71%, a proces blanszowania stosowany przed suszeniem zwiększał straty witaminy C do 75% (Lis i Rudy 2000). Suszenie kapusty w temperaturze $65^{\circ}C$ również spowodowało obniżenie zawartości witaminy C o około 42% (Lis i Lisowa, 1998). W przypadku witamin rozpuszczalnych w tłuszczach jest podobnie. Podczas suszenia konwekcyjnego marchwi nastąpiły około 30% straty zawartości karotenów, natomiast susze mikrofalowe otrzymane pod zmniejszonym ciśnieniem wykazały niewielkie różnice, w stosunku do suszy sublimacyjnych (Cui i in. 2004). Natomiast Janus (2004) podaje, iż strata β -karotenu w czasie suszenia krajanki marchwiowej (4,1%) była w przybliżeniu równa stracie podczas blanszowania (4,3%). Zapoczątkowane w procesie suszenia zmiany fizykochemiczne w produkcie postępują w trakcie przechowywania.

Podczas suszenia konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego ziemniaków, w wyniku działania wysokiej temperatury oraz zachodzących procesów utleniania, nastąpiła wysoka degradacja witaminy C, wynosząca odpowiednio 55 i 48%, w stosunku do surowca przed suszeniem. Natomiast podczas suszenia promiennikowo-konwekcyjnego marchwi zawartość karotenoidów nie zmieniła się, w porównaniu z surowcem, a po suszeniu konwekcyjnym ich oznaczana zawartość wzrosła aż o 24% i był to wzrost statystycznie istotny. Według badań Regiera i in. (2005) podczas suszenia marchwi w temperaturze $70^{\circ}C$ lub niższej, ogólna zawartość karotenoidów pozostaje niezmienną, likopen jest stabilny aż do $90^{\circ}C$, podczas gdy β -karoten pozostaje stabilny tylko do $70^{\circ}C$. Stwierdzenie

większej zawartości karotenoidów w materiale po suszeniu niż przed suszeniem może być wynikiem zwiększenia się ich ekstrakcyjności na skutek obróbki cieplnej. Rozpuszczalność likopenu nagromadzonego w chromoplastach zwiększa się, jego kryształy uwalniają się i mogą podlegać ekstrakcji, wpływając tym samym na zwiększenie mierzonej zawartości karotenoidów (Regier i in. 2005).

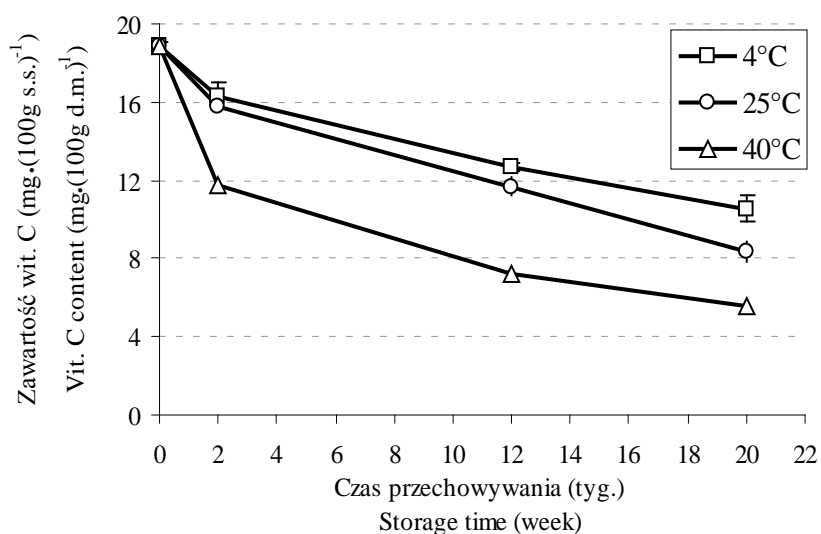
W przypadku przechowywania badanych suszy z ziemniaka statystycznie istotny wpływ na zawartości witaminy C miała zarówno temperatura jak i czas przechowywania. Wzrost czasu i temperatury przechowywania powodował zwiększenie ubytku witaminy C (rys. 1 i 2). Witamina C jest związkiem wrażliwym na temperaturę, dlatego też największa degradacja nastąpiła w temperaturze przechowywania wynoszącej 40°C, zarówno w przypadku suszu konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego. Natomiast najbardziej korzystną temperaturą przechowywania suszy, ze względu na małe straty witaminy C, okazała się temperatura 4°C. Ubytek witaminy C, w porównaniu do suszu bezpośrednio po procesie, po 20 tygodniach przechowywania suszu konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego w tej temperaturze wynosił odpowiednio, 42 i 44%.



Rys. 1. Zmiany zawartości witaminy C w przechowywanym ziemniaczanym suszu konwekcyjnym
Fig. 1. Vitamin C content changes in convective dried potato during storage

Największy ubytek witaminy C po 2 tygodniach nastąpił w suszach przechowywanych w 40°C i wynosił: 72 i 62% wartości początkowej odpowiednio dla suszu konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego. Dalsze przechowywanie

do 20 tygodni spowodowało zmniejszenie zawartości tej witaminy w suszu konwekcyjnym do poziomu 27% zawartości surowca oraz do 29% w suszu promiennikowo-konwekcyjnym.



Rys. 2. Zmiany zawartości witaminy C w przechowywanym ziemniaczanym suszu promiennikowo-konwekcyjnym

Fig. 2. Vitamin C content changes in infrared-convective dried potato during storage

Na podstawie oznaczeń zawartości witaminy C w czasie przechowywania obliczono wartości stałych szybkości reakcji jej rozkładu, czas półtrwania oraz energię aktywacji (tab. 1). Wraz ze wzrostem temperatury przechowywania następowało zwiększenie szybkości rozkładu kwasu L-askorbinowego. W przypadku przechowywania w temperaturze 4°C okres półtrwania witaminy C był najdłuższy i wynosił 24 i 25 tygodni (169 i 177 dni) odpowiednio w przypadku suszu konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego. W temperaturze 40°C następował szybszy rozkład witaminy C w suszu konwekcyjnym w porównaniu do suszu promiennikowo-konwekcyjnego. Natomiast susz promiennikowo-konwekcyjny charakteryzował się niższą wartością energii aktywacji, w porównaniu z suszem konwekcyjnym, czyli do zainicjowania procesu degradacji potrzebna była mniejsza ilość energii.

Tabela 1. Parametry rozkładu witaminy C w czasie przechowywania ziemniaczanych suszy konwekcyjnych i promiennikowo-konwekcyjnych**Table 1.** Parameters of vitamin C degradation during storage of convective and infrared-convective dried potato

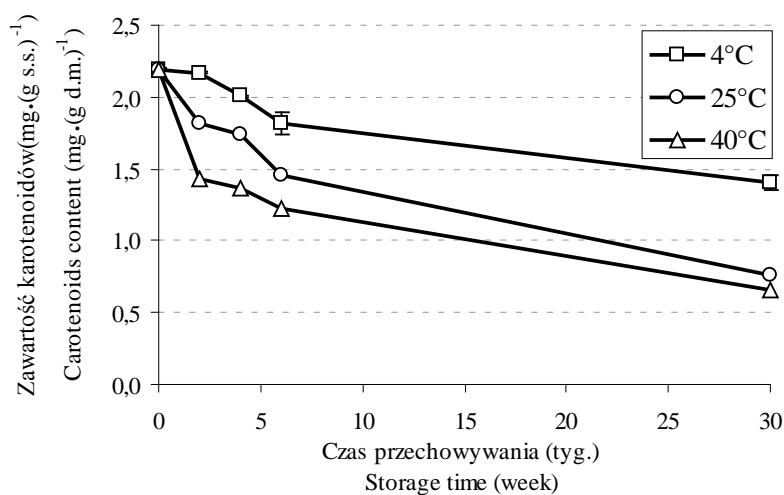
| Rodzaj suszu Kind of dried material | Temperatura Temperature (°C) | Stała szybkości reakcji k (tydzień ⁻¹) Reaction rate constant k (week ⁻¹) | Czas półtrwania t _{1/2} , tydzień Half-life t _{1/2} , week | Energia aktywacji Activation energy E _a , (kJ·mol ⁻¹) |
|--|------------------------------------|---|---|--|
| konwekcyjny convective | 4 | 0,029 | 24,1 | 15,3 |
| | 25 | 0,037 | 18,9 | |
| | 40 | 0,064 | 10,8 | |
| promiennikowo- konwekcyjny infrared- convective | 4 | 0,027 | 25,3 | 13,8 |
| | 25 | 0,038 | 18,3 | |
| | 40 | 0,056 | 12,5 | |

Również w czasie przechowywania suszy marchwiowych czas i temperatura powodowały istotny spadek ogólnej zawartości karotenoidów (rys. 3 i 4). Największa zawartość karotenoidów występowała w suszach przechowywanych w temperaturze 4°C, a najmniejsza w 40°C. Według Sikorskiego (1994) reakcje utleniania karotenoidów mają charakter rodnikowy i mogą zachodzić nie tylko bezpośrednio z udziałem tlenu, ale również pośrednio w wyniku reakcji z produktami autooksydacji tłuszczu.

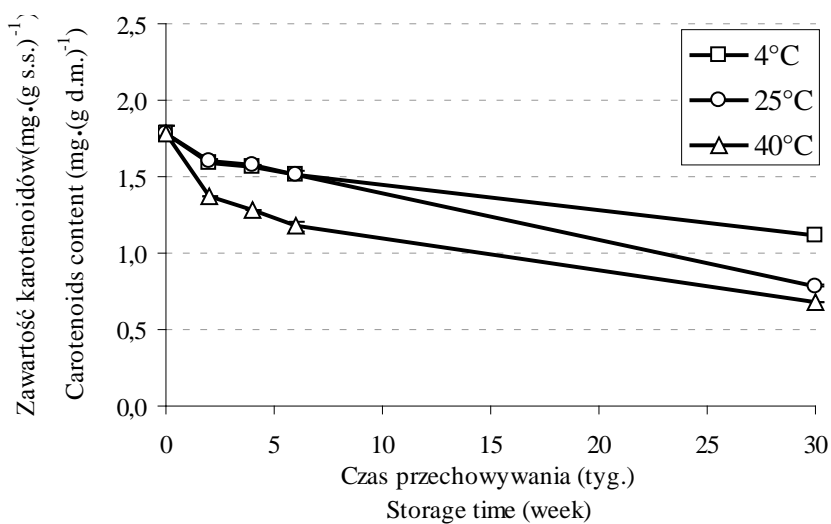
Proces degradacji karotenoidów zachodził najwolniej w temperaturze 4°C, a czas 50%-owej ich redukcji w tej temperaturze w suszu konwekcyjnym wynosił 48 tygodni (336 dni) i 41 tygodni (287) w promiennikowo-konwekcyjnym. Po 20 tygodniach przechowywania zawartość karotenoidów zmniejszyła się o 36 i 38% odpowiednio w przypadku suszu konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego.

Karotenoidy zdecydowanie szybciej ulegały degradacji w wyższych temperaturach, w których stała szybkości reakcji była około 2-krotnie wyższa w porównaniu do stałej szybkości w temperaturze przechowywania wynoszącej 4°C. W temperaturze 25°C proces degradacji był bardzo szybki, tak iż po 20 tygodniach przechowywania zawartość karotenoidów zmniejszyła się o 65 i 56% odpowiednio w suszu konwekcyjnym i promiennikowo-konwekcyjnym. Podobny spadek zawartości karotenoidów w suszu marchwiowym następował w temperaturze 40°C i pod koniec przechowywania w suszach konwekcyjnych i promiennikowo-konwekcyjnych pozostało odpowiednio, 30 i 38% wartości przed przechowywaniem. Susz promiennikowo-konwekcyjny charakteryzował się niższą warto-

ścią bariery energetycznej, po której rozpoczynał się rozkład karotenoidów, w porównaniu z suszem konwekcyjnym.



Rys. 3. Zmiany zawartości karotenoidów w przechowywanym marchwiowym suszu konwekcyjnym
Fig. 3. Carotenoids content changes in convective dried carrot during storage



Rys. 4. Zmiany zawartości karotenoidów w przechowywanym marchwiowym suszu promienniko-
 wo-konwekcyjnego

Fig. 4. Carotenoids content changes in infrared-convective dried carrot during storage

Tabela 2. Parametry rozkładu karotenoidów w czasie przechowywania marchwiowych suszy konwekcyjnych i promiennikowo-konwekcyjnych**Table 2.** Parameters of carotenoids degradation during storage of convective and infrared-convective dried carrot

| Rodzaj suszu Kind of dried material | Temperatura Temperature (°C) | Stała szybkości reakcji k (tydzień ⁻¹) Reaction rate constant k (week ⁻¹) | Czas półtrwania t _{1/2} , tydzień Half-life t _{1/2} , week | Energia aktywacji Activation energy E _a (kJ·mol ⁻¹) |
|--|------------------------------------|---|---|--|
| konwekcyjny convective | 4 | 0,015 | 47,8 | 17,2 |
| | 25 | 0,032 | 21,4 | |
| | 40 | 0,033 | 21,2 | |
| promiennikowo- konwekcyjny infrared- convective | 4 | 0,017 | 41,0 | 12,5 |
| | 25 | 0,030 | 23,5 | |
| | 40 | 0,031 | 22,7 | |

WNIOSKI

1. Suszenie spowodowało zmniejszenie zawartości witaminy C w ziemniaku suszonym konwekcyjnie i promiennikowo-konwekcyjnie odpowiednio o 55 i 48%. W przypadku suszenia promiennikowo-konwekcyjnego marchwi nie nastąpiły istotne zmiany zawartości karotenoidów, natomiast po suszeniu konwekcyjnym nastąpił wzrost ich oznaczonej zawartości o 24% w stosunku do surowca przed suszeniem.

2. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania i temperatury następowało zwiększenie szybkości rozkładu witaminy C w suszach z ziemniaka i karotenoidów w suszach z marchwi.

3. Proces degradacji kwasu L-askorbinowego w suszach ziemniaczanych oraz karotenoidów w suszonej marchwi zachodził najwolniej w temperaturze przechowywania 4°C, w związku z czym, ze względu na stabilność składników termolabilnych jest to najbardziej korzystna temperatura przechowywania suszy.

4. Susz promiennikowo-konwekcyjny charakteryzował się niższą wartością bariery energetycznej, po której rozpoczynał się rozkład karotenoidów w marchwi i witaminy C w ziemniaku, w porównaniu z suszem konwekcyjnym.

PIŚMIENNICTWO

- Cui Z.W., Xu S.Y., Sun D. W., 2004. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves. *Drying Technol.*, 22(3), 563-575.
- Janus P., 2004. Szybkość suszenia korzeni marchwi w przemysłowej suszarce trójtasmowej. *Przem. Ferm. Ow.-Warz.*, 9, 22-23.
- Lis H., Rudy S., 2000. Wpływ sposobu blanszowania czarnej porzeczki na cechy jakościowe suszu i czas konwekcyjnego suszenia. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 75-82.
- Lis T., Lisowa H., 1998. Wpływ warunków suszenia warzyw liściastych na przebieg procesu i cechy jakościowe suszu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 431-460.
- Maniak B., Wójcik W., Dobrzański Jr. B., Rybczyński R., 2007. Powłoki chitozanowe w produkcji suszu jabłkowego. Właściwości Fizyczne Suszonych Surowców i Produktów Spożywczych, Komitet Agrofi-zyki PAN, Wyd. Naukowe FRNA, 2007, Lublin, 15-33.
- Nowak D., Lewicki P.P., 2005. Quality of infrared dried apple slices. *Drying Technol.*, 23(4), 831-846.
- Perera C.O., 2005. Selected quality attributes of dried foods. *Drying Technol.*, 23(4), 717-730.
- Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A., 2004. *Ogólna Technologia Żywności*. WNT, Warszawa.
- PN-A-04019/1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- PN-A-75101-12/1990. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości sumy karotenoidów i beta-karotenu.
- Pragati, Dahiya S., Hawan S.S., 2003. Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis Garten*) during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 1-9.
- Prakash S., Jha S.K., Datta N., 2004. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different dries. *J. Food Eng.*, 62, 305-313.
- Rahman S.M., 2005. Dried food properties: challenges ahead. *Drying Technol.*, 23(4), 705-711.
- Regier, M., Mayer-Miebach, E., Behnsilian, D., Neff, E. i Schuchmann, H.P., 2005. Influences of drying and storage of lycopene-rich carrots on the carotenoid content. *Drying Technol.*, 23, 989-998.
- Sikorski Z., 1994. Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności. WNT, 404-405.
- Sokhansanj S., Jayas D.S., 2006. Drying of Foodstuffs. *Handbook of Industrial Drying* (ed. A.S. Mujum-dar), CRC, New York, 539-544.
- Stępień B., 2007. Impact of the drying method on the process of carrot cutting. *Acta Agrophysica*, 9(1), 255-267.
- Tang Y.C., Chen B.H., 2000. Pigment change of freeze-dried carotenoid powder during storage. *Food Chem.*, 69, 11-17.

CHANGES IN THE CONTENT OF VITAMIN C AND CAROTENOIDS
DURING DRIED CARROT AND POTATO STORAGE

*Małgorzata Nowacka, Dorota Witrowa-Rajchert, Wioleta Strachota,
Ewa Sobczak*

Faculty of Food Engineering and Production Organisation, Department of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences – SGGW
ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa
e-mail: malgorzata_nowacka@sggw.pl

Abstract. The aim of this study was to examine the influence of storage time and conditions on the content of vitamin C (potato) and carotenoids (carrots) in dried carrots and potatoes obtained by infrared-convective and convective drying. Reaction rate constants and activation energy of vitamins and carotenoids degradation were specified during storage of dried vegetables. With increase of storage time and temperature there was an increase in the speed of vitamin C degradation in dried potato. In dried carrot, carotenoids decrease at higher temperatures (25 and 40°C) and the reaction rate constant were about twice higher from the reaction rate constant at lower temperature of storage (4°C). Infrared-convective dried material was characterised by lower values of the activation energy, after which the degradation of carotenoids in carrots and vitamin C in potatoes began, compared to convective drying.

Key words: dried vegetables, storage, carotenoids, vitamin C