

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI PROMIENNIKOWO-KONWEKCYJNYCH SUSZY MARCHWI I ZIEMNIAKA

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

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa
e-mail: małgorzata_nowacka@sggw.pl

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wybranych właściwości promiennikowo-konwekcyjnego suszu marchwi i ziemniaka, tj. zawartości suchej substancji, skurczu, gęstości, aktywności wody, właściwości higroskopijnych, barwy oraz zawartości witaminy C (ziemniak) i karotenoidów (marchew). Wyniki porównywano z otrzymanymi dla suszu konwekcyjnego. Suszenie spowodowało duży skurcz tkanki ziemniaka i marchwi oraz wzrost gęstości suszy, w porównaniu z materiałem przed suszeniem. Aktywność wody suszonego promiennikowo-konwekcyjnie ziemniaka i marchwi była niższa odpowiednio o 5,8 i 13% w stosunku do aktywności wody materiału bezpośrednio po suszeniu konwekcyjnym. Podczas suszenia ziemniaka, zarówno konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego, nastąpiło zmniejszenie jasności materiału. Susze uzyskane przy wykorzystaniu promieni podczerwonych charakteryzowały się znacznie większą zdolnością pochłaniania wody niż susze konwekcyjne, co było związane z mniejszym skurczem i mniejszą gęstością suszy. Zawartość witaminy C w ziemniaku suszonym promiennikowo-konwekcyjnie była istotnie wyższa (o 15%) niż zawartość w materiale suszonym konwekcyjnie. Natomiast odnotowano mniejszą o 19% zawartość karotenoidów w suszonej promiennikowo-konwekcyjnie marchwi, w porównaniu z suszem konwekcyjnym.

Słowa kluczowe: marchew, ziemniak, suszenie promiennikowo-konwekcyjne, suszenie konwekcyjne, skurcz, gęstość, właściwości higroskopijne, barwa, karotenoidy, witamina C

WSTĘP

Produkty suszone, ze względu na obniżoną zawartość wody, są bardzo trwałą formą żywności. Pomimo że ich trwałość jest dużo dłuższa niż produktów nieprzetworzonych, nie są one wolne od niekorzystnych zmian, które zachodzą w czasie procesu suszenia oraz przechowywania i prowadzą do zmniejszenia war-

tości odżywczej, zmian właściwości fizycznych i sensorycznych (Pijanowski i in. 2004). Suszenie powoduje brązowienie, szczególnie w przypadku owoców, zapiekanie powierzchni czy karmelizację cukrów, co może utrudnić ewentualne uwodnienie (Janowicz i Lenart 2003).

Skurcz jest jedną z głównych zmian fizycznych materiału zachodzących podczas suszenia. Zjawisko skurczu związane jest ze zmianą kształtu i wymiarów suszonego materiału. Teoretycznie wielkość skurczu powinna odpowiadać ilości odparowanej wody z produktu. W rzeczywistości, budowa komórkowa i tkankowa, a także wzrost wytrzymałości mechanicznej wraz z obniżeniem zawartości wody powoduje, że obserwowany skurcz jest najczęściej mniejszy niż przewidywany teoretycznie (Nowak i in. 1998). Skurcz suszonej żywności jest związany z jej gęstością (Funebo i in. 2000, Lewicki 1998). Równoczesna utrata wody i kurczenie się wywierają wpływ na gęstość materiału. W owocach i warzywach w czasie suszenia konwekcyjnego zmiany gęstości w szybko schnących obszarach są dużo większe niż średnie zmiany gęstości obserwowane w całym produkcie (Białobrzewski i Markowski 2004).

Duże znaczenie ma zjawisko sorpcji pary wodnej przez produkty żywnościowe i dotyczy ono procesów, podczas których następuje przenoszenie jednego lub więcej składników między fazami. Zagadnienia związane z właściwościami sorpcyjnymi (higroskopijnością) suszonej żywności mają duże znaczenie w suszarnictwie, ale przede wszystkim ogromne znaczenie praktyczne. Od właściwości tych zależy przebieg poszczególnych operacji, zarówno suszenia, jak i pakowania, przechowywania i konsumpcji. Wybór metody suszenia ma znaczący wpływ na właściwości higroskopijne suszu. Metoda suszenia decyduje o skurczu, gęstości i porowatości produktu. Niewielki skurcz suszu wiąże się z jego większą porowatością, a to prowadzi do szybszego chłonięcia pary wodnej (Fabisiak i in. 2003).

Ocenę jakości uzyskanego suszu najczęściej przeprowadza się na podstawie zmian zawartości składników labilnych, takich jak np. witaminy. Jakość wielu produktów spożywczych ulega degradacji już w temperaturze pokojowej, głównie pod wpływem działania tlenu atmosferycznego. Dodatkowe doprowadzenie ciepła i długi czas działania wpływa na większy stopień degradacji wartości odżywczej żywności (Chou i Chua 2001, Orsat i Raghavan 2007).

Witaminy rozpuszczalne w wodzie ulegają dużym stratom pod wpływem wysokiej temperatury, środowiska zasadowego czy tlenu. W obecności tlenu witamina C ulega nieodwracalnemu utlenieniu do produktów nieaktywnych biologicznie, zwłaszcza w obecności jonów metali miedzi i żelaza (Praca zbiorowa 1997). Dodatkowym czynnikiem, mającym znaczny wpływ na rozkład witaminy C, jest obecność enzymów utleniających (Praca zbiorowa 1995). Ogólnie, straty witaminy C w owocach i warzywach mogą dochodzić nawet do 90%, a ich po-

ziom zależy przede wszystkim od zastosowanej metody i parametrów suszenia (Orsat i Raghavan 2007, Sokhansanj i Jayas 2006).

Podobnie karotenoidy pod wpływem różnych procesów przetwarzania ulegają utlenianiu. Według Sokhansanj i Jayas (2006) suszenie marchwi powoduje utratę karotenoidów do około 30%, w zależności od metody suszenia. Strata jest tym większa, im większa jest powierzchnia produktu wyeksponowana na działanie powietrza. Blanszowanie także może powodować 5-13% straty karotenoidów, lecz oceniając końcową jakość suszu, proces ten ma korzystny wpływ na zachowanie karotenoidów, ze względu na inaktywację enzymów biorących udział w ich degradacji – lipoksygenazy i peroksydazy (Ukai i in. 1994).

Poprzez odpowiedni dobór metody i parametrów suszenia można kształtować w pewnym stopniu właściwości produktu. W porównywalnych warunkach temperaturowych suszenie z zastosowaniem promieniowania podczerwonego może być szybsze nawet o około 50% (Nowak i Lewicki 2004). Ponadto, niektóre źródła podają, że promienie podczerwone mogą oddziaływać na enzymy powodując korzystne zmiany smaku i zapachu produktu (Sawai i in. 2003).

Celem pracy było zbadanie wybranych właściwości konwekcyjno-promiennikowego suszu marchwi i ziemniaka, tj. zawartości suchej substancji, skurczu, gęstości, aktywności wody, właściwości higroskopijnych, barwy oraz zawartości witaminy C (ziemniak) i karotenoidów (marchew). Wyniki porównywano otrzymanymi dla suszu konwekcyjnego.

MATERIAŁ I METODY

Marchew odmiany Karotan, należąca do grupy odmian późnych o specjalnej 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 na płytach sitowych i suszono.

Zastosowano dwie metody suszenia: suszenie konwekcyjne i suszenie przy wykorzystaniu promieniowania podczerwonego. Procesy te przeprowadzono w suszarkach laboratoryjnych w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW. W przypadku suszenia konwekcyjnego surowiec układano na sicie w pojedynczej warstwie i suszono w temperaturze powietrza 60°C (ziemniak) i 70°C (marchew), stosując przepływ powietrza o prędkości $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ równoległy do warstwy materiału. Natomiast parametry suszenia promiennikowego tak dobrano, 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.

Oznaczenie objętości wykonano metodą toluenową (Mazza 1983). Na podstawie pomiarów objętości materiału określono skurcz, a pomiar masy próbek umożliwił obliczenie gęstości. Zawartość suchej substancji oznaczano zgodnie z normą PN-90/A-75101/03.

Pomiar aktywności wody wykonywano w materiale surowym i bezpośrednio po suszeniu w higrometrze ROTRONIK, w temperaturze 25°C.

W celu określenia właściwości higroskopijnych, materiał po suszeniu ważono na wadze analitycznej i umieszczano w eksykatorze w środowisku o $a_w = 1$ i ponownie ważono po czasie 1, 3, 5, 24 i 48 h.

Barwę materiału surowego i bezpośrednio po suszeniu oznaczano za pomocą chromometru CR-300 firmy Minolta, stosując system pomiaru barwy Y, x, y.

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.

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

WYNIKI I DYSKUSJA

Usuwanie wody w procesie suszenia powoduje zmiany objętości (Karathanos i in. 1993), gęstości (Lewicki 1998) i porowatości materiału (Andrés i in. 2004). Zawartość suchej substancji, aktywność wody, gęstość oraz skurcz suszu przedstawiono w tabeli 1. Suszenie spowodowało duży skurcz tkanki warzyw oraz związany z nim wzrost gęstości suszu. Pomiedzy skurczem marchwi suszonej konwekcyjnie i promiennikowo-konwekcyjnie nie odnotowano istotnej statystycznie różnicy. Podobnie w przypadku ziemniaka, nie stwierdzono zróżnicowania skurczu. Gęstość surowej tkanki ziemniaka i marchwi wynosiła odpowiednio 1,06 i 0,99 g·cm⁻³. Podczas suszenia gęstość tkanki ziemniaka i marchwi zwiększała się i pod koniec procesu suszenia konwekcyjnego osiągnęła wartość odpowiednio 1,47 i 1,07 g·cm⁻³, natomiast po suszeniu promiennikowo-konwekcyjnym wielkości te wynosiły odpowiednio 1,46 i 1,01 g·cm⁻³.

Zawartość suchej substancji materiału suszonego promiennikowo-konwekcyjnie w obu przypadkach była o około 2 punkty procentowe wyższa niż zawartość suchej substancji materiału suszonego konwekcyjnie i była to różnica statystycznie istotna. W badaniach przeprowadzanych przez Baysala i in. (2003), zawartość suchej substancji bezpośrednio po suszeniu promiennikowym marchwi

była również o około 2 punkty procentowe wyższa niż po suszeniu konwekcyjnym. Podobnie, aktywność wody marchwi suszonej z zastosowaniem podczernieni była o ponad 14% niższa niż marchwi suszonej konwekcyjnie. W prezentowanych w artykule wynikach aktywność wody suszonego promiennikowo-konwekcyjnie ziemniaka i marchwi była niższa odpowiednio o 5,8 i 13%, w stosunku do aktywności wody materiału bezpośrednio po suszeniu konwekcyjnym, przy czym były to różnice statystycznie istotne.

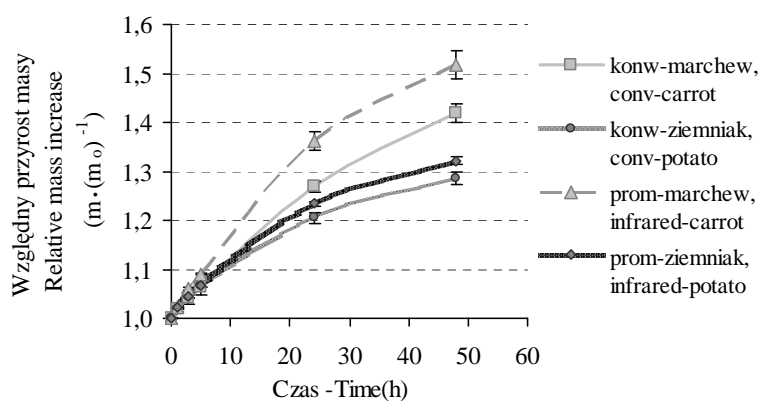
Tabela 1. Właściwości fizyczne badanych suszy
Table 1. Physical properties of studied dried vegetables

Właściwości fizyczne Physical properties	Rodzaj suszu – Dried material			
	Ziemniak – Potato		Marchew – Carrot	
	Metoda suszenia – Drying method			
	Konwekcyjna Convective	Promiennikowo-konwekcyjna Infrared-convective	Konwekcyjna Convective	Promiennikowo-konwekcyjna Infrared-convective
Skurcz Shrinkage(%)	88,9±0,86 a	88,7±1,34 a	86,0±0,10 b	85,8±0,09 b
Gęstość Density(g·cm ⁻³)	1,47±0,02 a	1,46±0,04 a	1,07±0,03 b	1,01±0,01 b
Zawartość suchej substancji Dry matter content(%)	90,32±0,32 b	92,32±0,07 a	88,31±0,32 c	90,53±0,01 b
Aktywność wody Water activity(-)	0,27±0,003 a	0,26±0,001 b	0,46±0,010 d	0,40±0,020 c

a, b, c, d – te same litery wskazują grupy jednorodne – the same letters show homogeneous groups.

Zdolność sorpcji pary wodnej z otoczenia jest cechą charakterystyczną danego produktu i zależy od jego budowy i składu chemicznego, przebiegu reakcji chemicznych i enzymatycznych oraz rozwoju drobnoustrojów (Lenart 1991). Właściwości higroskopijne suszonych produktów mogą być wskaźnikiem zmian, zachodzących w surowcu w czasie suszenia. Susze konwekcyjne i promiennikowo-konwekcyjne bezpośrednio po procesie suszenia, umieszczone w środowisku o aktywności wody $a_w = 1$, absorbowały parę wodną z otoczenia (rys. 1). Po 48 godzinach susze konwekcyjne ziemniaka i marchwi, chłonąc parę wodną, zwiększały swoją masę odpowiednio o około 28 i 40%, zaś dla suszy promiennikowo-

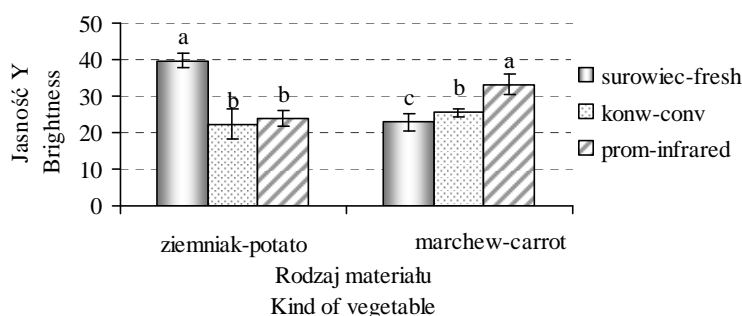
konwekcyjnych wzrost ten wynosił odpowiednio 39 i 50%. Różnica pomiędzy zdolnością chłonięcia pary wodnej przez susze otrzymane różnymi metodami, statystycznie istotna dla 48 godziny procesu, mogła wynikać ze zróżnicowanych zmian w strukturze związków odpowiedzialnych za wchłanianie wody, będących następstwem innego sposobu dostarczania ciepła do materiału w czasie jego suszenia. Wartości te mogą wskazywać również, że w czasie suszenia konwekcyjnego nastąpiło większe uszkodzenie tkanki roślinnej, w wyniku czego została obniżona zdolność wiązania wody. Natomiast wyższa higroskopijność suszonej marchwi niż suszonego ziemniaka wynika z mniejszej gęstości, a więc większej porowatości suszy marchwiowych (tab. 1).



Rys. 1. Względny przyrost masy próbki absorbującej parę wodną z otoczenia przez 48 h
Fig. 1. Relative mass increase of dried vegetables absorbing water vapour for 48 h

Barwa jest ważnym, najczęściej stosowanym przez konsumentów wskaźnikiem jakości, zarówno świeżych jak i przetworzonych produktów żywnościowych. W czasie suszenia następują zmiany barwy surowców roślinnych. Na rysunku 2 przedstawiono jasność suszu konwekcyjnego i promiennikowo-konwekcyjnego. Podczas suszenia ziemniaka, zarówno konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego, nastąpiło istotne zmniejszenie jasności materiału. Pociemnienie to mogło być spowodowane niecałkowitym zniszczeniem enzymów podczas procesów blanszowania i suszenia oraz zachodzącym brązowieniem enzymatycznym oraz nieenzymatycznym. Susz ziemniaczany uzyskany metodą konwekcyjną był ciemniejszy od surowca o 16 punktów procentowych, a susz promiennikowo-konwekcyjny o 17 punktów procentowych. W marchwi, podczas suszenia konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego, nastąpiła istotna statystycznie zmiana jasności materiału, ale o innym charakterze. Susz konwekcyjny był jaśniejszy od surowca o 2,6 punkty procentowe, a susz promiennikowo-konwekcyjny o 10,4 punktów procentowych

(rys. 2), przy czym różnice między suszami były istotne statystycznie. Natomiast Baysal i in. (2003) po suszeniu konwekcyjnym i promiennikowym nie zaobserwowali statystycznie istotnych różnic w jasności suszy marchwiowych. Według Nowak i Lewickiego (2005), jasność jabłka podczas procesu suszenia w temperaturze powyżej 70°C maleje, natomiast gdy proces prowadzony jest w temperaturze poniżej 70°C, jasność może wzrastać. Autorzy tłumaczą ten efekt zastąpieniem wody powietrzem i porowatą strukturą. Absorpcja i rozproszenie światła przez materiał porowaty są inne niż przez materiał wilgotny i dlatego susz może charakteryzować się większą jasnością. Takiego efektu nie obserwowano podczas suszenia ziemniaka, prawdopodobnie z uwagi na jego znacznie mniejszą porowatość.



Rys. 2. Zmiany jasności suszy promiennikowo-konwekcyjnych w porównaniu do surowej tkanki i suszy konwekcyjnych

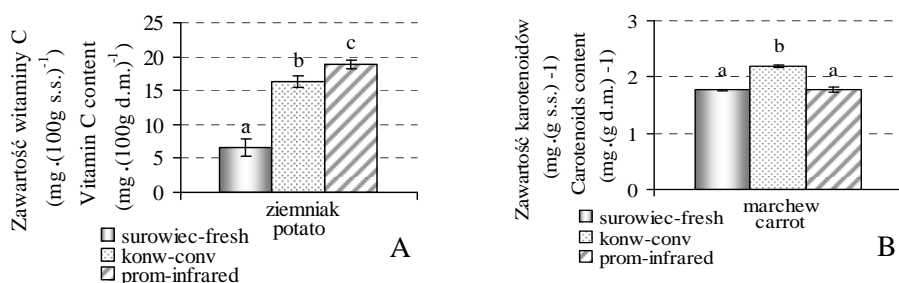
Fig. 2. Changes of brightness of infrared-convective dried vegetables compared to fresh and convective dried material

a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne

a, b, c – the same letters show homogeneous groups

Zawartość witamin w surowcach i produktach żywnościowych jest ważnym wyróżnikiem ich jakości i wartości odżywczej oraz prawidłowości stosowanych zabiegów technologicznych. Większość witamin jest bardzo wrażliwa na działanie różnych czynników fizycznych i chemicznych. Witamina C jest substancją bardzo labilną, mało odporną na procesy utleniania i działanie wysokiej temperatury. Zarówno podczas suszenia konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego, 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 (rys. 3). Zawartość witaminy C ziemniaka suszonego promiennikowo-konwekcyjnie była istotnie wyższa (o 15%) niż zawartość witaminy C materiału suszonego konwekcyjnie. Natomiast zawartość karotenoidów w marchwi po procesie suszenia nie zmieniała się lub ulegała zwiększeniu. Podczas suszenia z wykorzystaniem promieniowania podczerwone-

go zawartość karotenoidów nie zmieniała się w stosunku do surowca, a po suszeniu konwekcyjnym ich zawartość wzrosła aż o 24% i był to wzrost statystycznie istotny. Według badań Regiera i in. (2005) podczas suszenia marchwi w temperaturze 70°C lub niższej, ogólna zawartość karotenoidów pozostaje niezmienną, likopen jest stabilny aż do 90°C, podczas gdy β -karoten pozostaje stabilny tylko do 70°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).



Rys. 3. Zawartość witaminy C w ziemniakach (a) i karotenoidów w marchwi (b)

Fig. 3. Vitamin C content in potato (a) and carotenoids content in carrot (b)

a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne – the same letters show homogeneous groups

WNIOSKI

1. Suszenie spowodowało duży skurcz tkanki ziemniaka i marchwi oraz wzrost gęstości suszy w porównaniu z materiałem przed suszeniem, przy czym suszona marchew charakteryzowała się mniejszą gęstością niż suszony ziemniak.

2. Aktywność wody suszonego promiennikowo-konwekcyjnie ziemniaka i marchwi była niższa odpowiednio o 5,8 i 13% w stosunku do aktywności wody materiału bezpośrednio po suszeniu konwekcyjnym.

3. Podczas suszenia ziemniaka, zarówno konwekcyjnego jak i promiennikowo-konwekcyjnego, nastąpiło zmniejszenie jasności materiału. Susz promiennikowo-konwekcyjny był nieznacznie ciemniejszy od suszu konwekcyjnego. Natomiast w marchwi nastąpiło zwiększenie jasności materiału, niezależnie od zastosowanej metody suszenia.

4. Susze uzyskane przy wykorzystaniu promieni podczerwonych charakteryzowały się znacznie większą zdolnością pochłaniania wody niż susze konwekcyjne, co było związane z mniejszym skurczem i mniejszą gęstością suszy.

5. Zawartość witaminy C w ziemniaku suszonym promiennikowo-konwekcyjnie była istotnie wyższa (o 15%) niż w materiale suszonym konwekcyjnie. Natomiast w suszonej promiennikowo-konwekcyjnie marchwi odnotowano mniejszą o 23% zawartość karotenoidów, w porównaniu z suszem konwekcyjnym, ale nie uległa ona zmianie w porównaniu z surową tkanką.

PIŚMIENNICTWO

- Andrés A., Bilbao C., Fito P., 2004. Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air-microwave dehydration. *J. Food Eng.*, 63(1), 71-78.
- Baysal T., Icier F., Ersus S., Yildiz H., 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *E. Food Res. Technol.*, 218, 68-73.
- Białobrzewski I., Markowski M., 2004. Mass transfer in the celery slice: effects of temperature, moisture content and density on water diffusivity. *Drying Technol.*, 22, 1777-1789.
- Chou S.K., Chua K.J., 2001. New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends Food Sci. Technol.*, 12(10), 359-369.
- Fabisiak A., Witrowa-Rajchert D., Głuszko J., 2003. Wpływ temperatury na wybrane właściwości jabłek suszonych konwekcyjnie i sublimacyjnie. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 2(35) Supl., 19-27.
- Funebo T., Ahrné L., Kidman S., Langton M., Skjöldebrand C., 2000. Microwave heat treatment of apple before air dehydration – effects on physical properties and microstructure. *J. Food Eng.*, 46, 173-182.
- Janowicz M., Lenart A., 2003. Znaczenie suszenia owoców i warzyw. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 1, 28-32.
- Karathanos V.T., Anglea S., Karel M., 1993. Collapse of structure during drying of celery. *Drying Technol.*, 11, 1005-1023.
- Lenart A., 1991. Charakterystyka właściwości sorpcyjnych odwadnianej żywności. *Przem. Ferm. i Ow.-Warz.*, 2, 1-4.
- Lewicki P.P., 1998. Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: a review. *Int. J. Food Prop.*, 1(1), 1-22.
- Mazza G., 1983. Dehydration of carrots: effect of predrying treatments on moisture transport and product quality. *J. Food Technol.*, 18, 113-123.
- Nowak D., Danak A., Lewicki P.P., Lenart A., 1998. Zmiany właściwości rekonstrykcyjnych jabłek suszonych sposobem osmotyczno-konwekcyjnym w czasie przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 501-505.
- Nowak D., Lewicki P.P., 2004. Infrared drying of apple slices. In: *Food Sci. Eng. Technol.*, 5, 353-360.
- Nowak D., Lewicki P.P., 2005. Quality of Infrared Dried Apple Slices. *Drying Technol.*, 23, 831-846.
- Orsat V., Raghavan G.S.V., 2007. Dehydration Technologies to Retain Bioactive Components. *Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies* (ed. J. Shi), CRC Press, Boca Raton, FL, 173-191.
- Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A., 2004. *Ogólna Technologia Żywności*. WNT, Warszawa.
- PN-90/A-75101/03. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczenie zawartości suchej masy metodą wagową.
- PN-A-04019/1998. Produkty spożywcze. Oznaczenie zawartości witaminy C.
- PN-A-75101-12/1990. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości sumy karotenoidów i beta-karotenu.

- Praca zbiorowa 1995. Materiały do ćwiczeń z biochemii (red. M. Toczko, i A. Grzesińska). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Praca zbiorowa 1997. Analiza żywności (red. M. Klepacka). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Regier M., Mayer-Miebach E., Behnsilian D., Neff E., Schuchmann H.P., 2005. Influences of drying and storage of lycopene-rich carrots on the carotenoid content. *Drying Technol.*, 23, 989-998.
- Sawai J., Sagara K., Hashimoto A., Igarashi H., Shimizu M., 2003. Inactivation characteristics shown by enzymes and bacteria treated with far-infrared radiative heating. In. *J. Food Sci. Technol.*, 38, 661-667.
- Sokhansanj S., Jayas D.S., 2006. Drying of Foodstuffs. *Handbook of Industrial Drying* (ed. A.S. Mujumdar), CRC, New York, 539-544.
- Ukai N., Lu Y., Etoh H., Yagi A., Ina K., Oshima S., Ojima F., Sakamoto H., Ishiguro Y., 1994. Photosensitized oxygenation of lycopene, *Bioscience, Biotechnol Biochem.*, 58(9), 1718-1719.

SELECTED PROPERTIES OF INFRARED-CONVECTIVE DRIED CARROT AND POTATO

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

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

Abstract. The aim of this study was investigation of selected properties of infrared-convective dried carrots and potatoes, i.e. dry matter content, shrinkage, density, water activity, hygroscopic properties, colour, vitamin C (potato) and carotenoids content (carrots). The results were compared with those obtained for convective-dried material. It was observed that the infrared-convective drying caused large tissue shrinkage for both potato and carrot material. What is more, the mentioned deformation caused an increase of the density of the final dried product. It was compared with the density of the raw material measured just before starting the infrared-convective drying process. Water activity of infrared-convective dried potatoes and carrots was lower than the water activity of convective dried material by 5.8 and 13%, respectively. Brightness of potatoes decreased in both drying processes applied. The infrared-convective method helped to produce dried material with much better ability to absorb water and also with lower shrinkage and density than those derived with the convective drying method. Vitamin C content in infrared-convective dried potato was significantly higher (by 15%) than that observed in the material dried by convection. A different situation was observed for the carotenoids content – 19% decrease in comparison with convective dried material.

Keywords: infrared-convective drying, convective drying, shrinkage, density, hygroscopic properties, colour, carotenoids, vitamin C, carrot, potato