

BOGUMIŁ KATULSKI, RENATA ZAWIRSKA-WOJTASIAK,  
ERWIN WĄSOWICZ

## ZACHOWANIE AROMATU, ZDOLNOŚĆ REHYDRATACYJNA I CECHY SENSORYCZNE SUSZÓW MARCHWI OTRZYMYWANYCH METODĄ MIKROFALOWO-PRÓŻNIOWĄ

### Streszczenie

Odpowiednie zachowanie aromatu, zdolność rehydracyjna oraz właściwości sensoryczne są cechami jakościowymi pozwalającymi zakwalifikować susz do zastosowania w koncentraty zup i mieszanek warzywnych. W opracowaniu porównano cechy jakościowe suszu mikrofalowo-próżniowego z suszem konwekcyjnym i liofilizatem. Susz otrzymany nową metodą mikrofalowo-próżniową charakteryzował się dobrą zdolnością rehydracyjną oraz wysokim stopniem zachowania związków lotnych, które są odpowiedzialne za aromat.

### Wstęp

Popularne metody suszenia, takie jak suszenie konwekcyjne czy nawet liofilizacja, nie zawsze spełniają oczekiwania przemysłu spożywczego. Wprowadzanie na rynek wielu nowych produktów pociąga za sobą konieczność otrzymywania suszu o lepszych cechach sensorycznych i rekonstrukcyjnych, a także skrócenia procesu odwadniania [9]. Jedną z metod, która może spełnić wymienione wymagania jest suszenie mikrofalowo-próżniowe.

Najważniejszymi cechami suszonych warzyw przyprawowych są: zdolność do szybkiej i całkowitej rehydracji oraz zachowanie aromatu surowca wyjściowego. Zależą one zarówno od rodzaju surowca, jak i metody obróbki technologicznej [7]. Konsekwencją obróbki technologicznej są nie tylko zmiany w składzie chemicznym materiału, ale również w jego strukturze. Suszenie konwekcyjne powoduje intensywne kurczenie się materiału – w około 75% jabłka i blisko w 85% marchwi [6] – oraz duże

straty aromatu (ponad 70% strat związków lotnych marchwi) [4, 5]. Metodą tą otrzymujemy produkt o dużej gęstości, świadczącej o ściślejszej nieporowatej strukturze. Alternatywą suszenia konwekcyjnego jest suszenie sublimacyjne, pozwalające otrzymać produkt o dużo wyższej porowatości i zdolności rekonstrykcyjnej. Wadą tej metody jest jednak duży koszt uzyskania suszu, a w niektórych przypadkach mała trwałość produktu, jak to ma miejsce w przypadku marchwi, w której następuje gwałtowne utlenianie karotenoidów [5].

Celem niniejszej pracy było porównanie suszu mikrofalowo-próżniowego, pod względem jego zdolności rehydracyjnych, zachowania aromatu oraz właściwości sensorycznych, z suszami otrzymanymi metodą konwekcyjną i sublimacyjną.

### **Materiał i metody badań**

Badano marchew odmiany Joba, o średniej wilgotności 89%, średniej długości korzenia 20-30 cm, wykopaną bezpośrednio z gruntu w okresie jesiennym. Przy zastosowaniu identycznej obróbki wstępnej przeprowadzono proces suszenia konwekcyjnego, liofilizacji, suszenia mikrofalowo-próżniowego i ocenę otrzymanego produktu. Marchew każdorazowo myto, obierano, krojono w kostkę o wymiarach 9×9×9 mm i odsiewano ręcznie na sitach 5×5 mm, w celu usunięcia drobnych kawałków powstałych w czasie krojenia. Kostkę przed suszeniem blanszowano w parze wodnej o temperaturze 95°C, przez 10 min.

#### *Proces suszenia mikrofalowo-próżniowego*

Do procesu użyto dwóch suszarek: fluidalnej i mikrofalowo-próżniowej firmy Plazmatronika. Zastosowano trzy etapy suszenia. Pierwszy etap prowadzono do uzyskania wilgotności względnej około 35–40%, w suszarce fluidalnej w temperaturze 60°C, przez 80 min. W drugim etapie produkt był poddawany suszeniu mikrofalowo-próżniowemu (częstotliwość 2450 MHz, max. moc 2,5 KW, ciśnienie 30 hPa). Stosowano moc mikrofal: 0,8 kW przez 3 min. Wilgotność produktu na tym etapie spadała do około 20%. W trzecim etapie marchew dosuszano, podobnie jak w etapie pierwszym, w suszarce fluidalnej, do wilgotności względnej poniżej 10%. Czas dosuszania w temperaturze 60°C wynosił 60 min.

#### *Suszenie konwekcyjne*

Produkt suszono do wilgotności poniżej 10% w suszarce fluidalnej firmy Plazmatronika, w temperaturze 70°C, przy przepływie powietrza 2,4 m/s, przez 200 min. W celu wyznaczenia końca procesu, przeprowadzano równoległe pomiary wilgotności w wagosuszarce po czasie: 120, 180 i 200 min.

### *Suszenie liofilizacyjne*

Przed rozpoczęciem procesu, marchew zamrażano w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Suszenie prowadzono w liofilizatorze firmy Heto Lab Equipment, na pięciu tacach, przy ciśnieniu ok. 10 hPa. Proces suszenia 1 kg świeżej, kostkowanej marchwi trwał 38 godzin.

### *Analiza zdolności rehydracyjnej marchwi suszonej*

Zdolność rehydracyjną suszów marchwi oznaczano w 5 g próby, którą zalewano  $100\text{ cm}^3$  wrzącej wody. Próbkę ważono po czasie: 1, 2, 3, 4, 5 i 6 min. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach ( $n = 3$ ). Współczynnik rehydracji R wyliczano ze wzoru:

$$R = \text{masa próbki po rehydratacji} / \text{masa próbki przed rehydratacją.}$$

### *Analiza związków lotnych marchwi suszonej*

Do izolacji lotnych, zapachowych związków marchwi zastosowano destylację z parą wodną w aparacie Likensa-Nickersona (czas destylacji 180 min, mieszanina ekstrakcyjna-pentan:eter, 1:1) [1].

Substancje lotne odpowiedzialne za aromat marchwi oznaczano jakościowo metodą GC-MS w aparacie GC5890, z selektywnym detektorem masowym MSD5971 na kolumnie MDN5 ( $30\text{ m} \times 0,25\text{ mm} \times 0,25\text{ }\mu\text{m}$ ); temperatura inżektora  $210^{\circ}\text{C}$ , nastrzyk w trybie splitless w zadanym programie temperaturowym: zwłoka 5 min po nastrzyku,  $40^{\circ}\text{C}$  utrzymywane przez 3 min, z przyrostem  $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$  do temperatury  $220^{\circ}\text{C}$ , którą pozostawiano przez 4 min. Związki lotne w destylatach oznaczano ilościowo metodą GC (w aparacie HP6890), z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID), na kolumnie HP-5 90091J-430 ( $30\text{ m} \times 0,33\text{ mm} \times 0,25\text{ }\mu\text{m}$ ) [8]. Całkowitą ilość związków lotnych w badanych próbach wyliczano z powierzchni piku standardu wewnętrznego – tetradekanu, dodawanego do prób przed procesem izolacji. Jako gaz nośny, w analizie chromatograficznej, stosowano hel z przepływem  $1\text{ cm}^3/\text{min}$ , nastrzyk w trybie splitless, temperatura inżektora  $210^{\circ}\text{C}$ , programowana temperatura kolumny:  $40^{\circ}\text{C}$ , z przyrostem  $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$  do  $240^{\circ}\text{C}$ , którą utrzymywano przez 3 min. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach ( $n = 3$ ). Do interpretacji statystycznej zastosowano jednokierunkowy test analizy wariancji oraz statystykę o rozkładzie t-Studenta, na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

### *Analiza sensoryczna zapachu marchwi suszonej po rehydratacji*

Ocenę sensoryczną zapachu suszów marchwi wykonano metodą profilową. W tym celu opracowano arbitralnie leksykon wyróżników zapachu, jakie mogą być wyczuwane w różnych próbach marchwi suszonej. Określenia wyróżników dobierano

opierając się o „Podstawowy słownik określeń opisujących cechy smakowo-zapachowe” – „Basic Flavour Descriptive Language” [3]. Poszczególne wyróżniki zapachu oceniano pod względem ich intensywności, a oceny odnotowywano na skali graficznej 0–10 cm, o oznaczonych miejscach brzegowych jako „niewyczuwalny” albo „bardzo intensywny”. Leksykon składał się z siedmiu wyróżników: owocowy, kwiatowy, sianowy, słodki, ziemisty, ziołowy, kartonowy. Oceny dokonywał zespół dziesięciu osób. Oceniającym prezentowano zakodowane próby po rehydratacji, przeprowadzanej w zamkniętych naczyniach o pojemności 100 cm<sup>3</sup>, do których odważano po 2 g suszu i które zalewano 50 cm<sup>3</sup> gorącej wody o temperaturze 95°C, na 2 min. Wszystkie próby przed oceną ogrzewano w łaźni wodnej o temperaturze 40°C, w celu zgromadzenia się oparów. Ocenę wykonano w 3 sesjach, uzyskując w ten sposób 30 powtórzeń każdego wyróżnika. Uzyskane dane przedstawiono w postaci histogramu [3]. Wyniki poddano jednokierunkowej analizie wariancji. Do określenia różnic między średnimi rehydratacji suszów zastosowano statystykę o rozkładzie t-Studenta na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

#### *Analiza sensoryczna tekstury suszów po rehydratacji*

Sensoryczną ocenę tekstury suszów marchwiowych wykonano, podobnie jak ocenę zapachu, metodą profilową. Opracowany leksykon składał się z pięciu wyróżników tekstury: miękka, gąbczasta, gumista, mazista, włóknista. Oceny wyróżników również zaznaczono na skali graficznej 0–10 cm, przyjmując określenie miejsc brzegowych jako „cecha niewyczuwalna” i „cecha bardzo wyraźna”. Oceny dokonał zespół 10 osobowy. Próby suszów do oceny przygotowano w zamkniętych naczyniach o pojemności 100 cm<sup>3</sup> po rehydratacji (2 g suszu zalewano 50 cm<sup>3</sup> wrzącej wody i przetrzymywano przez 2 min). Dane z 30 powtórzeń, uzyskanych w trzech sesjach oceny, przedstawiono w postaci histogramu.

## **Wyniki i dyskusja**

### *Zdolność rehydracyjna suszonej marchwi*

Wyniki przeprowadzonych pomiarów współczynnika rehydratacji  $R$ , jako średnie z trzech powtórzeń badanych suszów, przedstawiono w tab. 1. Najwyższą zdolnością rehydracyjną charakteryzowała się marchew liofilizowana, a najniższą susz otrzymany metodą konwekcyjną. Współczynnik rehydratacji suszu uzyskanego metodą mikrofalowo-próżniową był bardzo zbliżony do współczynnika rehydratacji marchwi liofilizowanej.

Wyniki oznaczeń współczynnika rehydratacji  $R$  (tab. 1), poddano jednokierunkowej analizie wariancji. Na poziomie istotności  $p = 0,05$  stwierdzono, że średnie współczynników rehydratacji poszczególnych suszów są istotnie różne. Następnie

przystąpiono do porównania średnich rehydratacji suszów. Stosując statystykę o rozkładzie t-Studenta stwierdzono, na poziomie istotności  $p = 0,05$ , brak różnic między średnimi współczynnika rehydratacji suszu mikrofalowo-próżniowego i liofilizatu oraz, że średnia współczynnika rehydratacji suszu konwekcyjnego jest mniejsza od średniej suszu mikrofalowo-próżniowego. Oznacza to, że suszenie mikrofalowo-próżniowe umożliwia otrzymanie produktu o zdolności rehydratacji zbliżonej do liofilizatu i znacznie lepszej od suszu otrzymanego konwekcyjnie.

Tabela 1

Współczynnik rehydratacji R marchwi suszonej różnymi metodami.

Rehydration coefficient (R) determined for carrots dried using various methods.

Rodzaj suszu Type of dried product	Średnie współczynniki rehydratacji (n = 3) (po czasie w min.) ± odchylenie standardowe Rehydration coefficient (n = 3) (time in minutes) ± standard deviation						
	0,5	1	2	3	4	5	6
Susz konwekcyjny Convectionally dried product	1,58±0,04	1,66±0,05	1,90±0,04	2,05±0,05	2,24±0,03	2,39±0,07	2,59±0,09
Susz mikrofalowo-próżniowy Microwave-vacuum dried product	1,95±0,07	2,13±0,05	2,72±0,13	3,19±0,06	3,41±0,06	3,61±0,10	3,79±0,09
Liofilizat Freezing dried product	2,71±0,12	2,80±0,15	3,34±0,16	3,27±0,18	3,83±0,23	3,92±0,30	3,99±0,39

### Analiza związków lotnych marchwi

#### Identyfikacja jakościowa związków lotnych marchwi

Z marchwi świeżej, używanej do otrzymania suszów doświadczalnych, wyizolowano związki lotne w aparacie Likensa-Nickersona. Za pomocą analizy GC-MS zidentyfikowano 15 związków lotnych: ( $\alpha$ -pinen (Rt.9,15),  $\beta$ -pinen (Rt.10,19), kampfen (Rt.9,54),  $\beta$ -myrcen (Rt.10,41),  $\alpha$ -felandren (Rt.10,82), limonen (Rt.11,32),  $\alpha$ -terpinen (Rt.11,97), terpinolen (Rt.12,65), octan bornylu (Rt.16,32), trans-kariofylen (Rt.18,79), trans-bergamoten (Rt.18,83),  $\beta$ -farnezen (Rt.19,08),  $\alpha$ -humulen (Rt.19,3),  $\beta$ -bisabolen (Rt.20,01),  $\gamma$ -bisabolene (Rt.20,43)). Potwierdzają one obecność w marchwi monoterpenów i sesquiterpenów odpowiedzialnych za aromat marchwi [1, 2, 4]. Te same związki zidentyfikowano w suszach.

### Identyfikacja ilościowa związków lotnych w marchwi suszonej

Wyniki całkowitej zawartości (w ppm s.m.) związków lotnych oraz sześciu wybranych istotnych składników aromatu marchwi [1, 2, 4, 10], wyizolowanych z marchwi suszonej konwekcyjnie, liofilizowanej i suszonej mikrofalowo-próżniowo, przedstawiono w tab. 2. Największą zawartość związków lotnych ogółem oznaczono w marchwi suszonej mikrofalowo-próżniowo. Także, wybrane związki lotne wykazywały najwyższą koncentrację w suszu mikrofalowo-próżniowym. Wyjątek stanowiły: trans-kariofyllen i myrcen, których koncentracja w marchwi liofilizowanej była wyższa od zawartości oznaczonej w suszu mikrofalowo-próżniowym. Najniższe ilości związków lotnych stwierdzono w suszu konwekcyjnym (tab. 2).

Tabela 2

Zawartość wybranych związków oraz sumy substancji lotnych w badanych suszach marchwi wyrażona w ppm s.m..

Contents of selected compounds and total volatile compounds in dried carrots in ppm (d.m.).

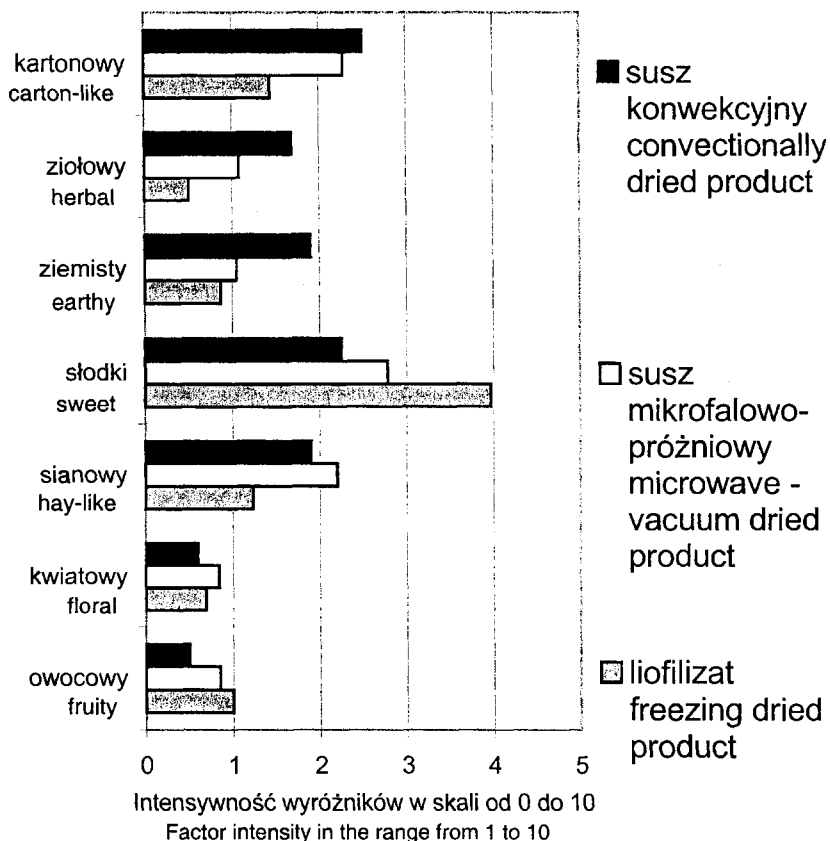
Związki lotne marchwi Volatile compounds of carrot	Zawartość związków lotnych (n = 3) [ppm s.m.] ± odchylenie standardowe Content of volatile compounds (n = 3) [ppm d.m.] ± standard deviation		
	susz mikrofalowo-próżniowy microwave-vacuum dried carrot	liofilizat freezing dried carrot	susz konwekcyjny convectionally dried carrot
a-pinen	7,3±0,87	1,5±0,24	0,14±0,02
myrcen	2,8±0,23	4,6±0,80	2,9±0,44
limonen	4,1±0,39	0,7±0,1	0,7±0,15
g-terpinen	9,8±1,21	2,1±0,28	2,3±0,34
terpinolen	20,2±1,39	8,7±0,91	4,5±0,79
trans-kariofyllen	7,5±0,54	9,5±0,79	5,9±0,32
suma związków	119,2±14,3	75,8±6,13	63,3±11,39

Przeprowadzając test jednokierunkowy analizy wariancji potwierdzono na poziomie istotności  $p = 0,05$ , że średnie ilości związków lotnych w badanych suszach (w odniesieniu do całkowitej ilości związków lotnych) są istotnie różne. Stosując statystykę o rozkładzie t-Studenta stwierdzono, na poziomie istotności  $p = 0,05$ , różnice między średnimi ilościami w przypadku suszenia mikrofalowo-próżniowego i konwekcyjnego oraz, że średnia ilość związków lotnych liofilizatu jest mniejsza od średniej wartości suszu mikrofalowo-próżniowego.

### Wyniki oceny sensorycznej zapachu i struktury badanych suszów

Otrzymane, w wyniku oceny profilowej, dane przedstawiono w postaci histogramów na rys. 1. – w odniesieniu do zapachu i rys. 2. – w odniesieniu do tekstury. Za-

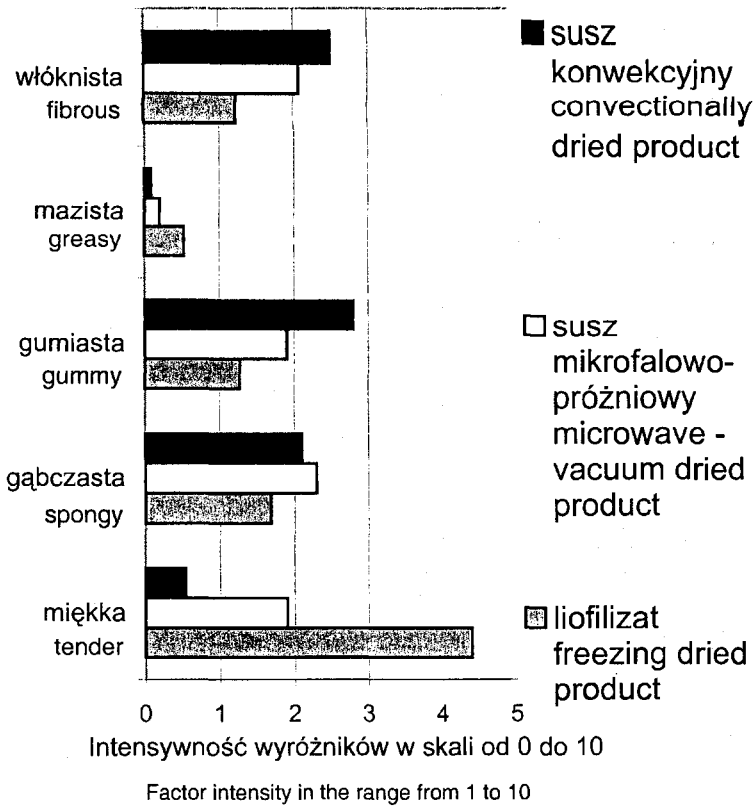
równy zapach, jak i tekstura trzech badanych próbek suszów marchwi wykazywały duże zróżnicowanie. Pod względem zapachu najbardziej odmienny był susz liofilizowany, który charakteryzował się aromatem o najwyższej nocie wyróżnika „słodki”. Pozostałe dwa susze różniły się głównie tym, iż susz konwekcyjny posiadał wyraźnie większą intensywność noty ziemistej i ziołowej.



Rys. 1. Profile sensoryczne zapachu suszów po rehydratacji.

Fig. 1. Sensory profiles of flavour of dried carrots after rehydration.

Zachowanie związków lotnych, odpowiedzialnych za aromat, jest dużo wyższe przy suszeniu mikrofalowo-próżniowym, niż przy zastosowaniu innych metod. Analizując poszczególne związki lotne należy zwrócić uwagę na wyższą koncentrację trans-kariofylenu w liofilizacie niż w suszu mikrofalowo-próżniowym (tab. 2). Fakt ten znajduje również odzwierciedlenie w ocenie sensorycznej (rys. 1), gdzie wyróżnik słodki, ściśle związany z zapachem trans-kariofylenu, został najwyżej oceniony w liofilizacie [1].



Rys. 2. Profile sensoryczne tekstury suszów po rehydratacji.

Fig. 2. Sensory profiles of texture of dried carrots after rehydration.

Wysoka retencja związków lotnych suszu mikrofalowo-próżniowego może wynikać ze skrócenia czasu suszenia z 200 min do 143 min i niższej temperatury produktu przez obniżenie ciśnienia do 30 hPa.

W odniesieniu do profilu tekstury można stwierdzić, że marchew liofilizowana po rehydratacji była najbardziej miękka i tym różniła się głównie od dwóch pozostałych prób, z których jednak znacznie korzystniej pod tym względem oceniono susz mikrofalowo-próżniowy. Poza tym marchew po suszeniu konwekcyjnym, w porównaniu z suszem mikrofalowo-próżniowym, wykazywała istotnie wyższą intensywność niekorzystnych cech jakimi są gummiastość i włóknistość.



**Wnioski**

1. Stosując metodę mikrofalowo-próżniową otrzymano susz marchwi o istotnie intensywniejszym aromacie, korzystniejszych cechach sensorycznych i zdolnościach rehydracyjnych, w porównaniu z suszem konwekcyjnym.
2. Susz mikrofalowo-próżniowy ustępował tylko nieznacznie stopniem rehydratacji i aromatem liofilizatowi, co jednak stwarza możliwość częściowego zastępowania liofilizatu nowym suszem w przemyśle koncentratów spożywczych.

*Autorzy składają podziękowanie firmie Paula z Kalisza za umożliwienie przeprowadzenia prób suszarniczych wykorzystanych w niniejszej pracy.*

**LITERATURA**

- [1] Alasalvar C., Grigor J. M., Quantick P.C.: Method for the static headspace analysis of carrot volatiles. *J. Food Chem.*, **65**, 1999, 391.
- [2] Buttery R.G., Seifert R.M., Guadagni D.R., Black D.R., Ling L.C.: Characterisation of some volatile constituents of carrots. *J. Agriculture Food Chem.*, 1968, 1009.
- [3] Chantal R.S.K.: Ujednoczenie słownictwa sensorycznego definicji wyróżników sensorycznych. *Przem. Spoż.*, **4**, 1998, 36.
- [4] Heatherbell D. A., Wrolstad R. E., Libbey L. M.: Carrot volatiles. 1. Characterisation and effects of canning and freeze drying. *J. Food Sci.*, **36**, 1971, 219.
- [5] Kamiński E., Wąsowicz E., Zawirska R., Wower M.: The effect of drying and storage of dried carrots on sensory characteristics and volatile constituents. *Die Nahrung* **30** (8), 1986, 819.
- [6] Lenart A., Iwaniuk B.: Właściwości rekonstrycyjne owoców i warzyw suszonych sposobem osmotyczno-konwekcyjnym. *Przem. Spoż.*, **1**, 1993, 93.
- [7] Lenart A., Łakomiec D.: Najnowsze kierunki zastosowania mikrofal w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, **5**, 1995, 283.
- [8] Mawele S., Timothy D., Benoit G.: Water blanching effect on headspace volatiles and sensory attributes of carrots. *J. Food Sci.*, **6**, 1996, 1191.
- [9] Nijhuis H.H., Torringa H.M., Muresan S., Yuksel D., Leguijt C., Kloek W.: Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, **9**, 1998, 13.
- [10] Simon P.W.: Genetic variation for volatile terpenoids in roots of carrots, *Daucus carota*, inbreds and F1 hybrids. *Phytochemistry*, **21**, 1982 a, 875.

**FLAVOUR RETENTION, REHYDRATION CAPACITY AND SENSORY ATTRIBUTES OF DRIED PRODUCT OBTAINED BY MICROWAVE-VACUUM METHOD****S u m m a r y**

Flavour keeping, rehydration capacity and sensory attributes are quality properties, which allowed to qualify dried product for using in powdered soup and concentrate of vegetables mix. The article compares quality properties of microwave-vacuum dried and conventionally dried and also freezeing dried product. Dried product received new microwave-vacuum method is characterized by good flavour volatiles keeping and good rehydration capacity. ☒