

MAŁGORZATA RZĄCA, DOROTA WITROWA-RAJCHERT

## WPLYW PARAMETRÓW SUSZENIA KONWEKCYJNO- MIKROFALOWEGO NA AKTYWNOŚĆ PRZECIWRODNIKOWĄ JABŁEK

### Streszczenie

Celem pracy było porównanie wpływu suszenia konwekcyjno-mikrofalowego i konwekcyjnego (w temp. 70°C) na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w jabłkach. Suszenie z wykorzystaniem mikrofal skróciło czas suszenia nawet o 63%, w porównaniu z metodą konwekcyjną. W suszach otrzymanych przy zastosowaniu mikrofal o mocy 300 W zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniająca były na podobnym lub nawet wyższym poziomie niż w jabłkach surowych. Użycie mikrofal o mniejszej mocy (150 W) spowodowało istotne zmniejszenie aktywności przeciwutleniającej o 21-26% i zawartości polifenoli, ale był on i tak mniejszy niż w przypadku jabłek odwadnianych konwekcyjnie.

**Słowa kluczowe:** jabłka, suszenie mikrofalowe, suszenie konwekcyjne, aktywność przeciwrodnikowa, zawartość polifenoli

Suszenie konwekcyjne owoców i warzyw jest często stosowane w przemyśle, ze względu na prostotę budowy i łatwą eksploatację urządzeń. Długi czas suszenia oraz wysoka temperatura prowadzą jednak do wielu niekorzystnych zmian surowca m.in. tekstury, barwy, kurczenia się, strat wartości odżywczej, w tym również zmniejszenia zawartości polifenoli i utraty właściwości przeciwutleniających. Przewodniki zawarte w warzywach i owocach odgrywają istotną rolę w diecie człowieka. Wspomagają ochronę organizmu człowieka przed chorobami cywilizacyjnymi oraz procesem starzenia, wywołanych m.in. oddziaływaniem wolnych rodników na komórki [2].

Chęć uzyskania wyrobów o lepszej jakości spowodowała poszukiwanie nowych metod suszenia żywności, które nie tylko dają lepszy produkt, ale również charakteryzują się niższym kosztem wytwarzania. W ostatnich latach obserwuje się tendencję do łączenia metody suszenia konwencjonalnego i mikrofalowego. Mikrofałe łatwo wnika- ją do produktu oddając swoją energię ogrzewają go od wewnątrz, a nie tylko na po-

wierzchni, jak to ma miejsce przy suszeniu konwekcyjnym za pomocą gorącego powietrza [3, 7]. Tak więc brak naprężeń termicznych w materiale pozwala na uniknięcie powstawania utwardzonych struktur utrudniających rehydrację, a tym samym obniżających jakość suszu [15].

Aktywność przeciwutleniająca i zawartość polifenoli zależą m.in. od okresu zbioru, części surowca roślinnego, rodzaju i odmiany, czasu magazynowania [4, 6] oraz od metody i zastosowanych parametrów suszenia [13]. Ze względu na to, że konsumenci coraz częściej wybierają żywność wygodną i szybką w przygotowaniu, produkcja dań gotowych oraz produktów przeznaczonych do bezpośredniego spożycia dynamicznie się rozwija. Bardzo częstym składnikiem takiej żywności są suszone warzywa i owoce. Dlatego też ich produkcja stale wzrasta i w 2000 r. osiągnęła w Polsce 17,7 tys. ton, a w 2004 r. 27,9 tys. ton [11]. Jednocześnie informacje i doniesienia naukowe na temat aktywności przeciwutleniającej suszonej żywności są stosunkowo nieliczne, dlatego też istnieje potrzeba podjęcia badań w tym zakresie.

Celem pracy było określenie wpływu parametrów suszenia konwekcyjno-mikrofalowego, tj. mocy mikrofal i temperatury owiewającego powietrza, na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w tkance jabłek oraz porównanie uzyskanych rezultatów z wynikami dotyczącymi suszu otrzymanego metodą konwekcyjną w temp. 70°C.

### **Material i metody badań**

Do suszenia przeznaczono jabłka odmiany Idared, które krojono w plastry o średnicy 30 mm i grubości  $5 \pm 0,5$  mm. Wybrano sześć różnych kombinacji suszenia mikrofalowego przy zastosowaniu dwóch poziomów mocy mikrofal: 150 i 300 W oraz trzech temperatur powietrza owiewowego: 20, 30 i 40°C. Suszenie prowadzono w suszarce laboratoryjnej, umożliwiającej regulację temperatury powietrza, mocy mikrofal i pomiar zmian masy materiału. Przepływ powietrza był prostopadły do warstwy materiału o prędkości około 3,5 m/s. Wsad do suszarki wynosił 250 g. Suszenie konwekcyjne prowadzono w suszarce laboratoryjnej, stosując przepływ powietrza o prędkości 1,5 m/s i temp. 70°C wzdłuż warstwy materiału, a masa surowca wynosiła 250 g.

W materiale surowym oraz w suszu oznaczano zawartość suchej substancji zgodnie z PN-90/A-75101/03 [8].

Właściwości przeciwrodnikowe oznaczano metodą polegającą na określeniu stopnia wygaszania wolnych rodników DPPH<sup>\*</sup> przez przeciwutleniacze zawarte w surowych jabłkach i suszach. W celu sporządzenia ekstraktu do analiz odważano 5 g rozdrobnionego miąższu surowych jabłek i dodawano 50 ml 80% etanolu. W przypadku suszu stosowano naważkę równoważną 5 g jabłka surowego i dodawano do niej taką ilość wody, aby sumaryczna masa wynosiła 5 g. Po wprowadzeniu 50 ml 80% etanolu próbkę homogenizowano przez 10 min i gotowano pod chłodnicą zwrotną przez

15 min. Tak przygotowany roztwór sączono. W ekstrakcie oznaczano aktywność przeciwrodnikową zgodnie z metodyką podaną przez Brand-Williams i wsp. [1]. Pomiar polegał na określeniu absorbancji, przy długości fali 515 nm, sześciu roztworów zawierających taką samą objętość roztworu DPPH<sup>•</sup> w ilości 2 ml o stężeniu odpowiadającym absorbancji próby kontrolnej z zakresu 0,6-0,7 (próba kontrolna = 2 ml roztworu DPPH<sup>•</sup> + 2 ml 80% etanolu), przy wybranych objętościach ekstraktu z przedziału 0,02-0,20 ml. Pomiaru dokonywano 30 min po dodaniu roztworu DPPH<sup>•</sup>. Na tej podstawie wykreślono zależność liniową pomiędzy objętością ekstraktu a stopniem wygaszania rodników DPPH<sup>•</sup>. Z równania prostoliniowego obliczano objętość ekstraktu, powodującą 50% redukcję rodników. Wartość tę przeliczano na masę suchej substancji odpowiadającą danej objętości ekstraktu. Tak więc efektywność wygaszania wolnych rodników przez badane susze wyrażano w formie współczynnika IC<sub>50</sub>, określającego ilość potrzebnego suszu do 50% redukcji wolnych rodników DPPH<sup>•</sup>.

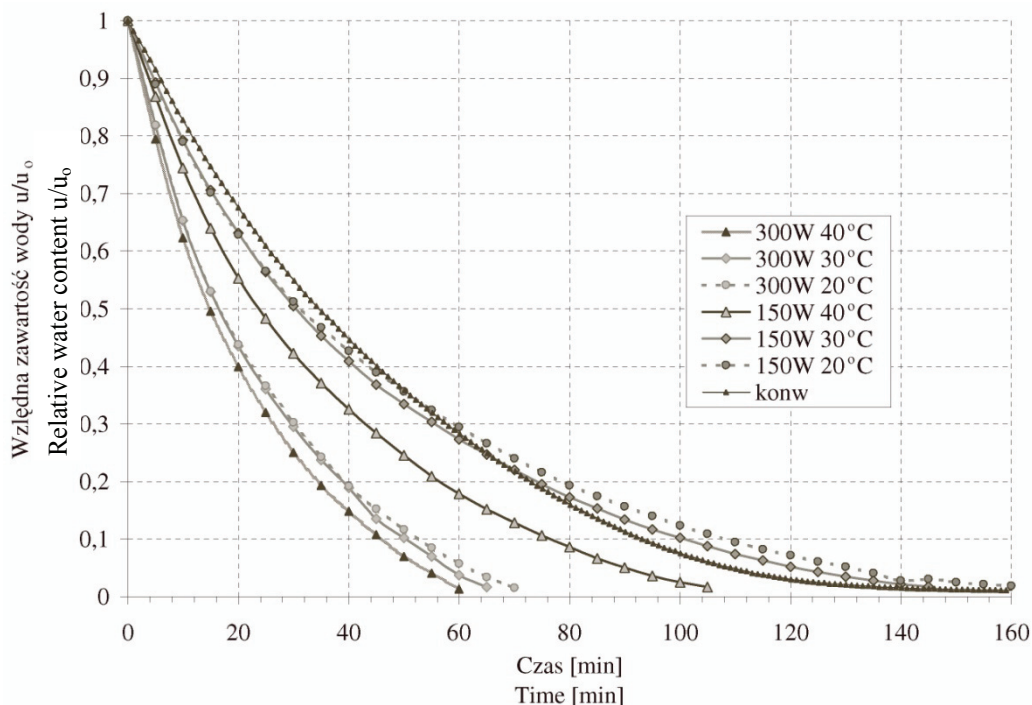
Zawartość związków polifenolowych oznaczano metodą Folina-Ciocalteu'a [14], stosując jako wzorzec kwas chlorogenowy. Do analiz wykorzystano ekstrakt przygotowany do oznaczania stopnia wygaszania wolnych rodników.

W celu zbadania wpływu dwóch parametrów suszenia, tj. mocy mikrofal i temperatury powietrza, przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji bez powtórzeń. Za pomocą testu t-Studenta zbadano istotność różnic pomiędzy badanymi parametrami średnimi. Porównania wielokrotne (szczegółowe) umożliwiły uzyskanie podziału średnich na grupy jednorodne, czyli nieróżniące się istotnie w ujęciu statystycznym.

## Wyniki i dyskusja

Jakość suszonych surowców roślinnych w dużym stopniu zależy od warunków procesu. Czas potrzebny do wysuszenia plasterków jabłka do zawartości wody równej 0,1 kg H<sub>2</sub>O/kg s.s. wynosił 160 min w przypadku suszenia metodą konwekcyjną, natomiast suszenie przy użyciu mikrofal trwało od 60 do 160 min (rys. 1). Zawartość suchej substancji w suszu otrzymanym konwekcyjnie wynosiła 93%. Natomiast w suszu konwekcyjno-mikrofalowym, otrzymanym za pomocą mikrofal o mocy 150 W, wraz ze zmniejszającą się temperaturą zawartość suchej substancji wynosiła odpowiednio 90, 90 i 89%, a przy 300 W - 92, 90 i 91%. Suszenie z wykorzystaniem mikrofal skróciło czas suszenia kostek jabłka o 63%, przy zastosowanej mocy mikrofal równej 300 W i temp. 40°C, w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym. Im mniejszą moc mikrofal oraz niższą temperaturę powietrza suszącego zastosowano, tym czas suszenia był dłuższy; przy parametrach: 150 W i temp. 20 oraz 30°C był on porównywalny z czasem suszenia konwekcyjnego. Podobne wyniki, z zastosowaniem metody mikrofalowej, otrzymali Lewicki i wsp. [7], którzy uzyskali blisko 2 razy krótszy czas suszenia jabłek w kształcie kostki sześcienniej o boku 1 cm w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym w temp. 70°C. Również w przypadku marchwi stwierdzono skrócenie

czasu suszenia o 25-70%, w zależności od zastosowanej mocy mikrofal i temperatury powietrza suszącego [10].



Rys. 1. Kinetyka konwekcyjnego i konwekcyjno-mikrofalowego suszenia jabłek.

Fig. 1. Kinetics of convective and air-microwave drying of apples.

Podczas suszenia konwekcyjnego aktywność przeciwrodnikowa jabłek zmniejszyła się do około 70% aktywności surowca przed suszeniem, a zawartość polifenoli do 90% (tab. 1).

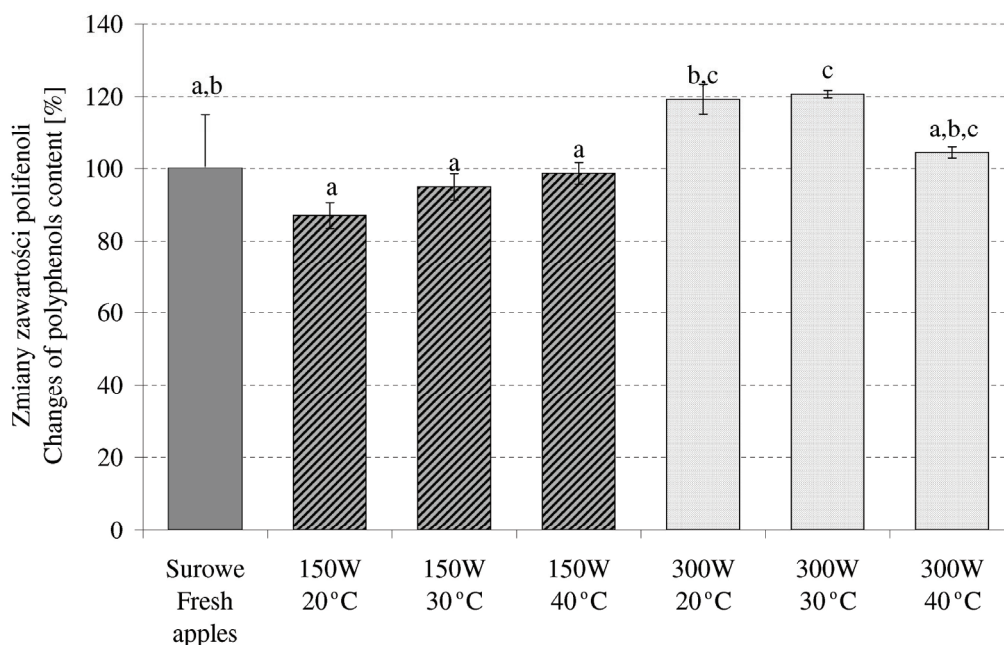
Tabela 1

Aktywność przeciwrodnikowa i zawartość polifenoli w jabłkach surowych oraz w suszu jabłkowym otrzymanym metodą konwekcyjną.

Radical scavenging activity and polyphenols content in raw and dried apples gained by convective method.

Rodzaj materiału Material type	Aktywność przeciwrodnikowa Radical scavenging activity	Zawartość polifenoli Polyphenols content
	[mg s.s.] [mg d.m.]	[mg kw chl./100g s.s.] [mg chl. acid/100g d.m]
Surowe jabłka Fresh apples	2,88 ± 0,45	1265 ± 190
Susz jabłkowy konwekcyjny Convective dried apples	3,74 ± 0,02	1134 ± 37

Zastosowanie mikrofal do suszenia owoców w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym wpływa na zmniejszenie negatywnych skutków przemian biochemicznych, prawdopodobnie ze względu na krótszy czas kontaktu materiału z tlenem [5]. W suszach otrzymanych przy zastosowaniu mikrofal o mocy 300 W zawartość polifenoli i aktywność przeciwrodnikowa, w porównaniu z surowym jabłkiem, były na podobnym lub wyższym poziomie (rys. 2 i 3). Na przykład w suszach owiewanych powietrzem o temp. 20 i 30°C i przy mocy mikrofal 300 W odnotowano znaczący wzrost zawartości polifenoli (rys. 2). Obserwacja ta jednak wynika z małej selektywności metody Folina-Ciocalteu'a, gdyż na wyniki oznaczenia może wpływać obecność w surowcu fruktozy, glukozy lub kwasu askorbinowego [9]. Bezdyskusyjny jest natomiast fakt, że aktywność przeciwutleniająca suszu była wyższa wówczas, gdy do ich otrzymania zastosowano wyższą temperaturę powietrza, a więc i krótszy czas (rys. 3).

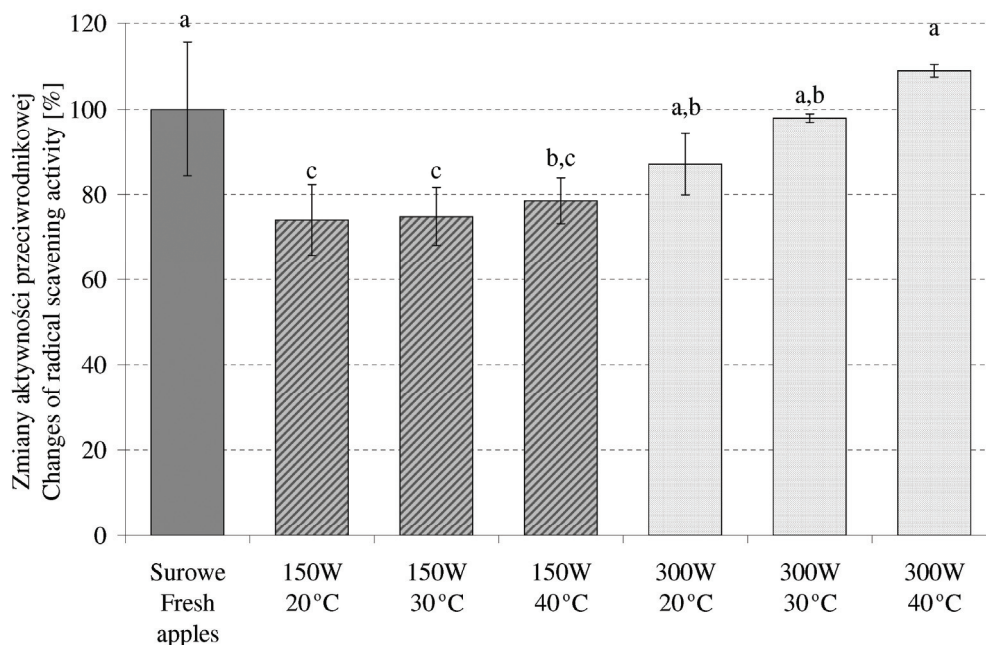


Objaśnienie: / Explanatory notes:

zawartość polifenoli w surowych jabłkach przyjęto jako 100% / polyphenols content in raw apples set as 100%

Rys. 2. Zmiany zawartości polifenoli w suszach jabłkowych.

Fig. 2. Changes of polyphenols content in dried apples.



Objaśnienia jak na rys. 2. / Explanatory notes as in Fig. 2.

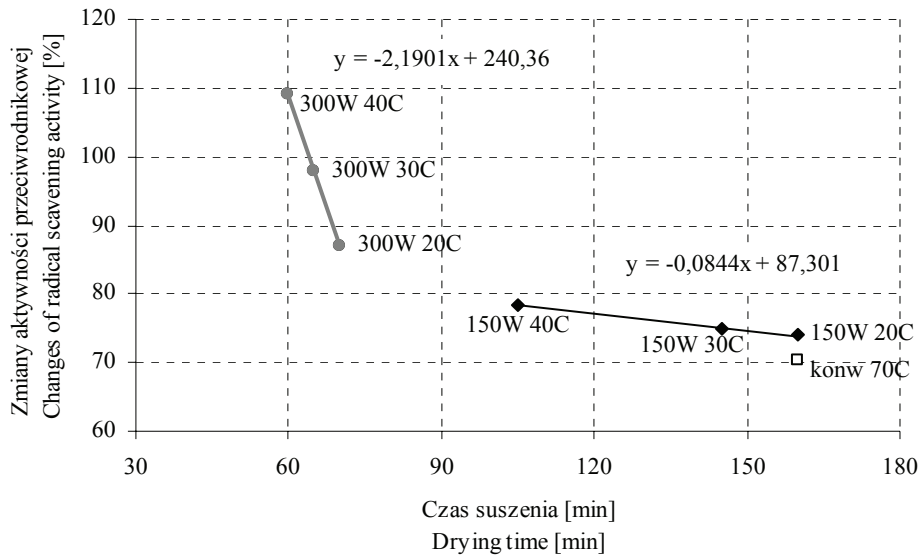
Rys. 3. Zmiany aktywności przeciwrodnikowej suszonych jabłek.

Fig. 3. Changes of radical scavenging activity of dried apples.

Użycie mniejszej mocy mikrofal spowodowało statystycznie istotne zmniejszenie aktywności przeciwutleniającej o 21-26% w stosunku do jabłek surowych (rys. 3), ale były to wartości mniejsze niż odnoszące się do jabłek suszonych konwekcyjnie (30%). W tym przypadku spadek aktywności przeciwrodnikowej można tłumaczyć dłuższym czasem suszenia. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych zmian zawartości polifenoli w czasie suszenia z zastosowaniem mniejszej mocy mikrofal w porównaniu z surowymi jabłkami (rys. 2).

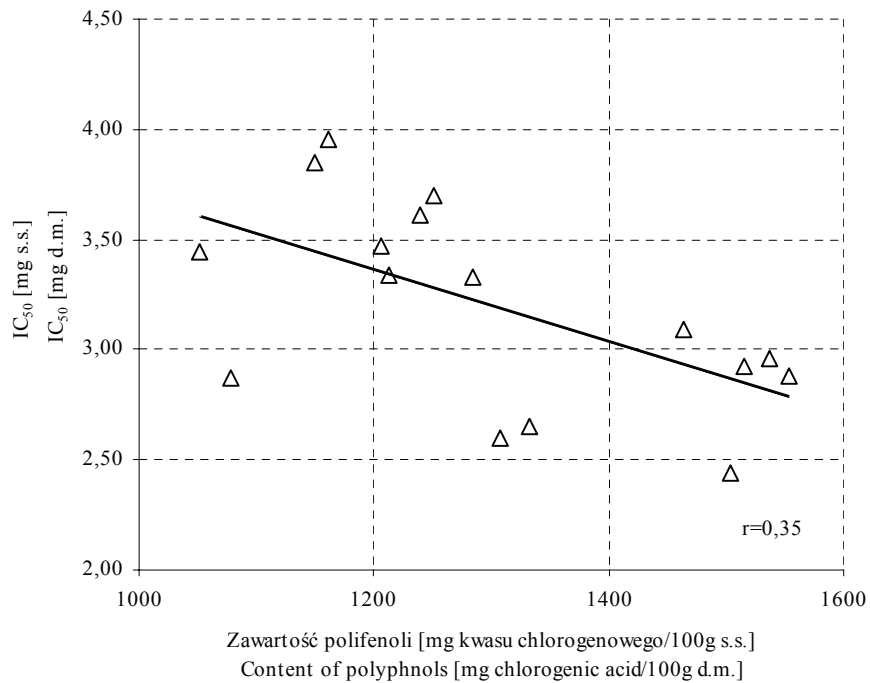
Czas suszenia skraca się wraz z zastosowaniem wyższej mocy mikrofal i wyższej temperatury. Stwierdzono zależność, że im dłuższy czas suszenia i im niższa temperatura powietrza suszącego, tym zawartość polifenoli i aktywność przeciwrodnikowa były mniejsze, zarówno w suszeniu mikrofalowym przy mocy mikrofal 150 W, jak i 300 W (rys. 4). Aktywność przeciwrodnikowa jest odwrotnie proporcjonalna do czasu suszenia mikrofalowego, ale w różnym stopniu, w zależności od mocy mikrofal. Przy niższej mocy mikrofal następował mniejszy spadek aktywności przeciwrodnikowej wraz z wydłużeniem czasu suszenia. Przy zastosowaniu mikrofal o mocy 150 W wydłużenie czasu suszenia o 10 min powodowało zmniejszenie aktywności przeciwrodnikowej o ok. 1%, natomiast przy 300 W spadek ten był znacznie szybszy i wyniósł





Rys. 4. Zmiany aktywności przeciwrodnikowej jabłek suszonych mikrofalowo w zależności od czasu suszenia.

Fig. 4. Changes of radical scavenging activity of microwave dried apples depending on drying time.



Rys. 5. Zależność między współczynnikiem IC<sub>50</sub> i zawartością polifenoli.

Fig. 5. Dependence between coefficient IC<sub>50</sub> and polyphenols content.

aż 22%. Wyniki te znalazły potwierdzenie w przeprowadzonej analizie wariancji, która wykazała, że na aktywność przeciwrodnikową większy wpływ miała, ściśle skorelowana z czasem suszenia, temperatura powietrza suszącego niż moc mikrofal.

Na rys. 5. przedstawiono zależność aktywności przeciwrodnikowej i zawartości polifenoli. Wartość współczynnika korelacji,  $r = 0,35$ , mniejsza od wartości tablicowej dla  $\alpha=0,05$ , świadczy o braku zależności liniowej pomiędzy badanymi wartościami. Zwiększenie zawartości polifenoli wpływa jedynie nieznacznie na wzrost aktywności przeciwrodnikowej badanych suszy. Poza polifenolami na aktywność przeciwrodnikową składają się także inne związki, np. witaminy czy barwniki. Podczas suszenia mikrofalowego mogą one ulegać niewielkim zmianom, mogą też tworzyć się nowe związki, mające charakter przeciwutleniaczy.

### Wnioski

1. Suszenie konwekcyjno-mikrofalowe w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym znacząco skraca czas suszenia jabłek.
2. Aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość polifenoli w suszach jabłkowych zależą od stosowanej metody i parametrów suszenia, przy czym wyższe wartości otrzymuje się dla produktu traktowanego mikrofalami o większej mocy.
3. Im dłuższy czas suszenia i niższa temperatura owiewającego powietrza, tym mniejsza zawartość polifenoli i aktywność przeciwrodnikowa.
4. Zaobserwowano tendencję, że wraz ze wzrostem zawartości polifenoli wzrasta aktywność przeciwrodnikowa suszy konwekcyjno-mikrofalowych, jednak zależność ta nie została potwierdzona statystycznie.

*Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.*

### Literatura

- [1] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. U.-Techn.*, 1995, **28**, 25-30.
- [2] Dietrych-Szóstak D., Burda S.: Występowanie i rola przeciwutleniaczy w żywności. *Biul. Inform. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy*, 1999, **11**, 18-22.
- [3] Giese J.: Advances in microwave food processing. *Food Technol.*, 1992, **46**, 118-123.
- [4] Kondo S., Tsuda K., Muto N., Ueda J.: Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 2002, **96 (1-4)**, 177-185.
- [5] Kramkowski R.: Ocena jakości suszu z produktów spożywczych. *Maszyny Przetwórstwa Płodów Rolnych, Pleszew*, 2001, s. 111-112.



- [6] Łata B., Przeradzka M.: Changes of antioxidant content in fruit peel and flesh of selected apple cultivars during storage. *J. Fruit Ornam. Plant Res.*, 2002, **10**, 5-13.
- [7] Lewicki P.P., Witrowa-Rajchert D., Sawczuk A.: Suszenie konwekcyjne jabłek i marchwi wspomagane mikrofalami. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **2 (27)**, 28-42.
- [8] PN-90/A-75101/03 Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.
- [9] Polovka M., Brezova V., Stasko A.: Antioxidant properties of tea investigated by EPR spectroscopy, *Biophysical Chemistry*, 2003, **106**, 39-56.
- [10] Prabhanjan D.G., Ramaswamy H.S., Raghavan G.S.V.: Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *J. Food Engin.*, 1995, **25**, 283-293.
- [11] Raport o stanie i perspektywach przemysłu rolno-spożywczego. Rada Gospodarki Żywnościowej przy Ministrze Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Warszawa, maj 2006, s. 81-124.
- [12] Ruiz G., Martinez-Monzó J., Barat J.M., Chiralt A., Fito P.: Applying microwaves in drying of orange slices. *XII Int. Drying Symp.*, 2000, pp. 239-241.
- [13] Rząca M., Witrowa-Rajchert D.: Aktywność przeciwrodnikowa związków fenolowych zawartych w suszu jabłkowym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2 (47)**, 280-289.
- [14] Sluis A., Dekker M., Skrede G., Jongen W.: Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. Effect of existing production methods. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50 (25)**, 7211-7214.
- [15] Szarysz M.: Matematyczne modelowanie mikrofalowo-konwekcyjnego suszenia surowców rolniczych na przykładzie jabłek. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, 2001, **420**, 7-15, 71.

#### INFLUENCE OF CONVECTIVE-MICROWAVE DRYING PARAMETERS ON RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF DRIED APPLES

##### Summary

The aim of the research was comparison of microwave-convective and convective (at temp. 70°C) drying influence on radical scavenging activity and polyphenols content of dried apples. Microwave drying shortened the time of drying even of 63% in comparison to convective drying. Radical scavenging activity and polyphenols content in the dried material, received with the use of 300 W microwave power, were similar or even higher level than in the raw apple. Significant decrease of the radical scavenging activity of 21-26% and polyphenols content was caused by the use of lower microwave power (150 W), but the value was quite lower than in case of apples received by the convective drying.

**Key words:** apples, microwave drying, convective drying, antiradical activity 