Acta Agrophysica, 2007, 10(2), 445-453

WPŁYW TECHNIKI SUSZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE SUSZU JABŁKOWEGO

Małgorzata Rząca, Dorota Witrowa-Rajchert

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

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu parametrów suszenia konwekcyjno-mikrofalowego tj. mocy mikrofal i temperatury powietrza, na barwę tkanki jabłka. Wyniki porównywano z barwą suszu jabłkowego suszonego metodą konwekcyjną w temperaturze 70ºC. Zakres pracy obejmował pomiar parametrów barwy w układzie CIE Lab: L*, a*, b*, nasycenie C i bezwzględną różnicę barwy ΔE suszu jabłek. Uzyskane wyniki wskazują, że tkanka jabłka w czasie suszenia konwekcyjno-mikrofalowego jaśniała w porównaniu do tkanki nie suszonej. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza i mocy mikrofal jasność tkanki obniżała się, co potwierdzono w pomiarach potencjału brązowienia. Susz otrzymany przy niższej mocy mikrofal charakteryzował się większymi zmianami barwy w porównaniu z jabłkiem surowym.

Słowa kluczowe: suszenie konwekcyjno-mikrofalowe, suszenie konwekcyjne, barwa, potencjał brązowienia, jabłka

WSTĘP

Barwa suszonego produktu ma duży wpływ na akceptację produktu przez konsumenta, gdyż jakość oceniana jest również na podstawie wrażenia wizualnego. Na kształtowanie się barwy przetworzonych produktów roślinnych mają wpływ występujące w nich związki polifenolowe. Podczas suszenia owoców i warzyw enzym polifenolooksydaza powoduje utlenianie polifenoli, czego wynikiem jest brązowienie tkanki (Perera 2005). Ten sam efekt uzyskuje się również na skutek reakcji nieenzymatycznego brązowienia, czyli reakcji cukrów z aminokwasami, zachodzącymi z dużą szybkością w podwyższonej temperaturze i przy zawartości wody około 30% (Roos 2001).

W ostatnich latach obserwuje się tendencję do łączenia metody suszenia konwekcyjnego i mikrofalowego. Mikrofale łatwo przenikają przez produkt, ogrzewając go we wnętrzu, a nie na powierzchni, jak to ma miejsce przy suszeniu konwekcyjnym za pomocą gorącego powietrza (Giese 1992, Lewicki i in. 2001). Głównymi zaletami suszenia z wykorzystaniem mikrofal jest szybsza wymiana ciepła i masy, wzrost szybkości suszenia bez konieczności zwiększenia temperatury oraz uzyskiwanie produktów lepszej jakości. Suszenie z zastosowaniem mikrofal to nowy sposób suszenia żywności i do końca nie jest wyjaśnione, jakie zmiany zachodzą w materiale podczas usuwania wody tą metodą. W takich systemach czas suszenia jest krótszy, co obniża koszty procesu, przy zachowaniu wysokiej jakości produktów. Ponadto przyspieszenie procesu suszenia przez zastosowanie mikrofal wpływa na zmniejszenie negatywnych skutków przemian biochemicznych, ze względu na krótszy czas kontaktu materiału z tlenem (Kramkowski 2001). Ruiz i in. (2000) wykazali, że barwa plastrów pomarańczy, suszonych konwekcyjnie w 60ºC z wykorzystaniem mikrofal. Podobnie, przy zastosowaniu suszenia mikrofalowego lub mikrofalowego z wykorzystaniem lamp halogenowych barwa marchewki ulegała mniejszym zmianom niż surowca suszonego konwekcyjnie (Sumnu i in. 2005). Suszenie mikrofalowo-konwekcyjne czosnku daje jaśniejszy susz, w porównaniu z suszeniem tradycyjnym w temperaturze 60 i 70ºC (Sharma i Prasad 2001). Również badania dotyczące suszenia liści pokrzywy czy szpinaku wskazują na to, że zastosowanie wyższej mocy mikrofal powoduje mniejsze zmiany barwy niż suszenie konwekcyjne (Alibas i in. 2007, Alibas 2007).

Celem pracy była analiza wpływu parametrów suszenia konwekcyjno-mikrofalowego tj. mocy mikrofal i temperatury powietrza, na barwę miękiszu jabłka. Zakres pracy obejmował pomiar parametrów barwy w układzie CIE L*, a*, b*, na podstawie których określono nasycenie C i bezwzględną różnicę barwy ΔE dla powierzchni zewnętrznej jabłek. Ponadto oznaczono potencjał brązowienia dla suszy uzyskanych metodą konwekcyjno-mikrofalową.

MATERIAŁ I METODY

Jabłka odmiany Idared krojono w plastry o średnicy 30 mm i grubości 5±0,5mm i poddawano suszeniu. Wybrano sześć różnych kombinacji suszenia mikrofalowego przy zastosowaniu dwóch poziomów mocy mikrofal: 150 i 300 W oraz trzech temperatur powietrza: 20, 30 i 40°C. Suszenie prowadzono w laboratoryjnej suszarce, umożliwiającej regulację temperatury powietrza, mocy mikrofal oraz pomiar zmian masy i temperatury materiału. Przepływ powietrza był prostopadły do warstwy materiału o prędkości około 3,5 $m \cdot s^{-1}$. Suszenie konwekcyjne prowadzono w suszarce laboratoryjnej w temp. powietrza 70ºC, stosując przepływ powietrza wzdłuż warstwy materiału o prędkości 1,5 $m \cdot s^{-1}$.

Barwę materiału surowego i suszonego określano za pomocą chromametru typu CR-300 firmy Minolta. Barwę mierzono w systemie CIE L*a*b* dla oświetlenia standardowego C. Dodatkowo obliczono:

nasycenie barwy: $C = \sqrt{a^2 + b^2}$ (1)

bezwzględną różnicę barwy: $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ (NBS), (2)

gdzie: ΔL, Δa, Δb – wskaźniki różnicy barw powierzchni porównywanych próbek, w odniesieniu do jabłka surowego. ΔE jest wyrażona w umownych jednostkach NBS, które zostały wprowadzone przez amerykańskie biuro normalizacyjne (Klepacka 2002, Mielicki 1997).

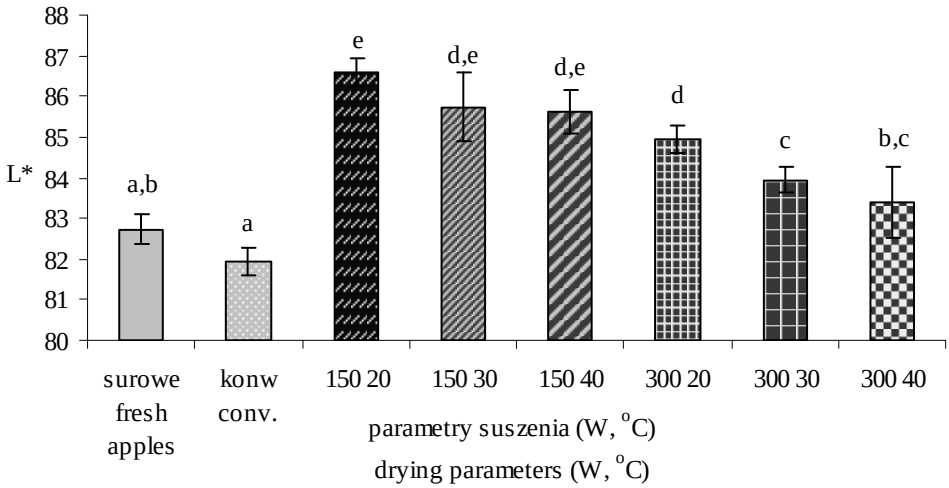
W celu oznaczenia potencjału brązowienia ekstrahowano z tkanki jabłka brązowe barwniki melaninowe, produkty reakcji enzymatycznego i nieenzymacztycznego brązowienia. Odważano 5 g rozdrobnionego miąższu surowych jabłek, rozdrabniano i dodawano 20 ml 95% etanolu. W przypadku suszu masę próbki potrzebną do analizy obliczano przy założeniu, że masa suchej substancji w suszu ma być równa masie suchej substancji zawartej w 5 g surowego jabłka. Do odważonego, rozdrobnionego suszu dodawano taką ilość wody, aby sumaryczna masa wynosiła 5g, a następnie 20 ml 95% etanolu. Próbę homogenizowano przez 3 min, a następnie pozostawiano pod przykryciem przez 60 minut. Tak przygotowany roztwór wirowano przez 30 minut w temperaturze 10ºC przy prędkości obrotowej 11500. Od osadu odsączano supernatant, wcześniej zwilżając sączek 95% etanolem i uzupełniano do objętości 25 ml. W ekstrakcie oznaczano potencjał brązowienia zgodnie z metodyką podaną przez Viña i Chaves (2006). Pomiar polegał na określeniu absorbancji uzyskanego ekstraktu przy długości fali 320 nm. Wynik wyrażono w jednostkach absorbancji ($AU \cdot g^{-1}$ surowego jabłka).

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

WYNIKI I DYSKUSJA

W czasie suszenia następują zmiany barwy surowców roślinnych. Barwa suszu konwekcyjnego nie uległa statystycznie istotnej zmianie w stosunku do surowego miękiszu jabłka, choć można zauważyć tendencję do ciemnienia tkanki jabłka w czasie suszenia konwekcyjnego (rys. 1). Podobną zależność obserwował Sumnu i in. (2005) przy suszeniu konwekcyjnym marchwi. Natomiast zastosowanie mikrofal podczas suszenia, niezależnie od parametrów procesu, spowodowało wzrost wartości L* (rys. 1). Wyższa wartość parametru L* suszy mikrofalowych w porównaniu do surowego miękiszu jabłka wynika ze sposobu wykonania ozna-

czenia, który polega na odbiciu światła od powierzchni. Miąższ jabłka surowego zawiera dużo wody i światło odbija się od jego powierzchni inaczej niż od porowatej powierzchni suszu. Faktycznie oko ludzkie nie odbiera wrażenia rozjaśnienia materiału, co potwierdziły dalsze badania potencjału brązowienia.

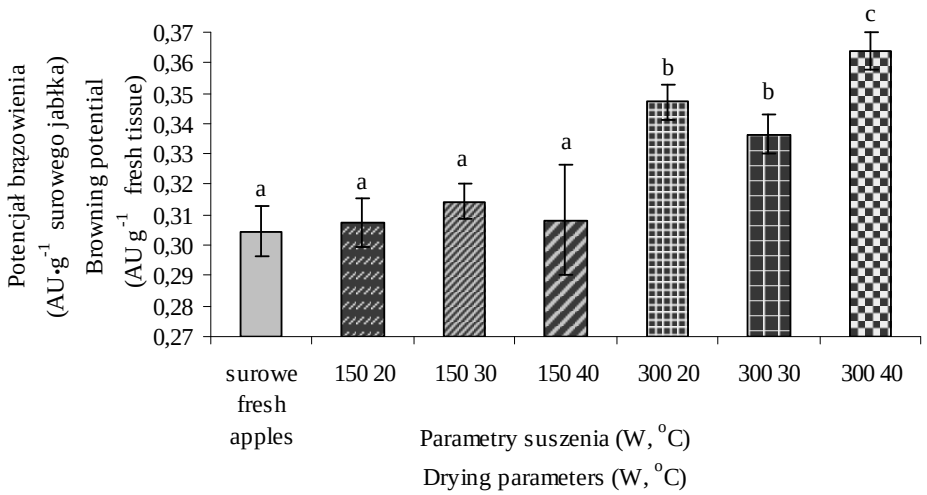


Rys. 1. Wartości parametru L* suszonych jabłek w zależności od parametrów suszenia. a, b, c, d, e – te same litery wskazują grupy jednorodne
Fig. 1. L* values of dried apples in dependence on drying parameters. a, b, c, d, e – the same letters show homogeneous groups

Przy suszeniu konwekcyjno-mikrofalowym wzrost temperatury powietrza i użytej mocy mikrofal był przyczyną uzyskiwania suszu jabłkowego charakteryzującego się ciemniejszą barwą. Jaśniejsza barwa materiału przy niższej mocy mikrofal mogła być spowodowana niższą temperaturą materiału podczas procesu suszenia. Temperatura materiału pod koniec suszenia z wykorzystaniem mikrofal o mocy 150 W wynosiła około 50ºC, gdy temperatura powietrza była na poziomie 20 i 30ºC oraz 65ºC dla temperatury powietrza 40ºC. Natomiast przy mocy 300 W temperatura materiału na powierzchni miała wartość około 70ºC, bez względu na zastosowaną temperaturę powietrza suszącego. W porównaniu do suszu konwekcyjnego odnotowano istotny wzrost wartości parametru L* miąższu jabłka, dla wszystkich suszy uzyskanych z wykorzystaniem mikrofal.

Do oceny barwy przeprowadzono jednocześnie badania potencjału brązowienia, określające ilość związków o brązowej barwie, które są wynikiem enzymatycznego i nieenzymatycznego brązowienia. Wartość potencjału brązowienia dla surowych jabłek wynosiła 0,305±0,008 $AU \cdot g^{-1}$. Przy zastosowaniu suszenia z wykorzystaniem mocy mikrofali 150 W nie nastąpiły istotne zmiany potencjału w porównaniu do surowego jabłka (rys. 2). Natomiast wyższa moc mikrofal i wyższa temperatura powie-

trza suszącego spowodowała istotny wzrost ilości brązowych barwników powstających w czasie suszenia, co związane jest z mniejszą jasnością tych suszy (rys. 1).



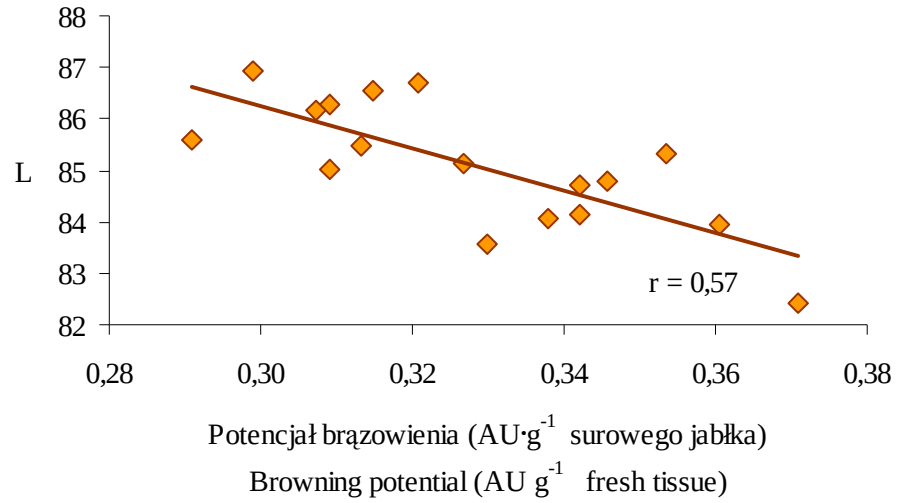
Rys. 2. Potencjał brązowienia jabłka w zależności od parametrów suszenia. a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne
Fig. 2. Browning potential of apples in dependence on drying parameters. a, b, c – the same letters show homogeneous groups

Na rysunku 3 przedstawiono zależność wartości parametru L* i potencjału brązowienia. Współczynnik korelacji, r = 0,57, większy od wartości tablicowej dla $\alpha = 0,05$, świadczy o słabej, chociaż istotnej zależności pomiędzy badanymi wartościami. W związku z czym zmniejszenie jasności badanych suszy można tłumaczyć powstawaniem brązowych barwników podczas suszenia tkanki owocu.

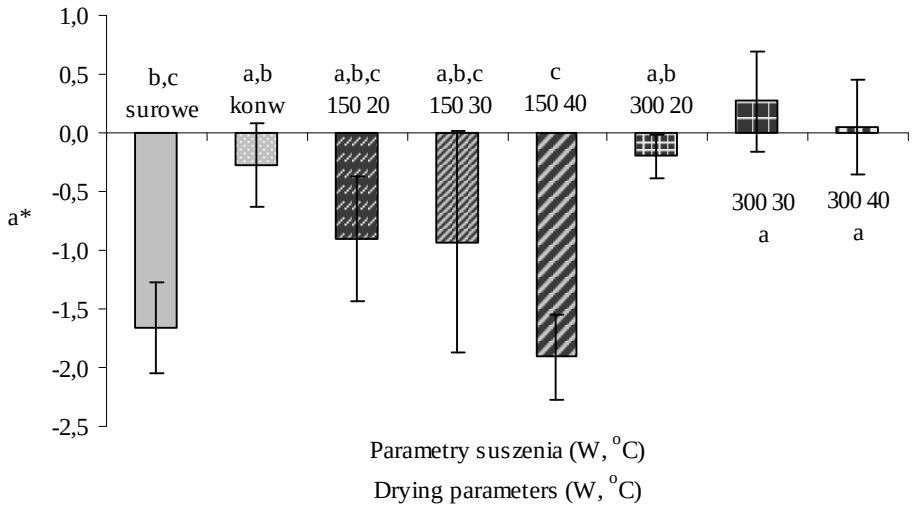
Wartość a*, odpowiedzialna za barwę czerwoną i zieloną, przy suszeniu miękiszu jabłek metodą konwekcyjno-mikrofalową uległa niewielkim zmianom. Suszenie przy mocy 300 W i przy wyższych temperaturach powietrza powodowało zwiększenie wartości a*, czyli obniżenie udziału barwy zielonej na korzyść barwy czerwonej (rys.4). Podobny wpływ na wartość parametru a* możemy zauważyć przy suszeniu konwekcyjnym. Natomiast w przypadku mocy mikrofal 150 W i niższych temperatur powietrza suszącego nie następuje istotna zmiana tego parametru w stosunku do suszu konwekcyjnego, jak i miękiszu jabłka świeżego, przy czym susze te charakteryzują się zdecydowanym udziałem barwy zielonej.

Za barwę żółtą odpowiada dodatnia wartość parametru b*, która charakteryzuje suszoną tkankę jabłka. Przy suszeniu z zastosowaniem wyższych mocy mikrofal, niezależnie od zastosowanej temperatury powietrza suszącego, nie następuje istotna zmiana wartości parametru b* oraz nasycenia barwy, w porównaniu do wyjściowego surowca (rys. 4 i 5). Natomiast przy niższej mocy mikrofal, wraz ze zwiększającą się

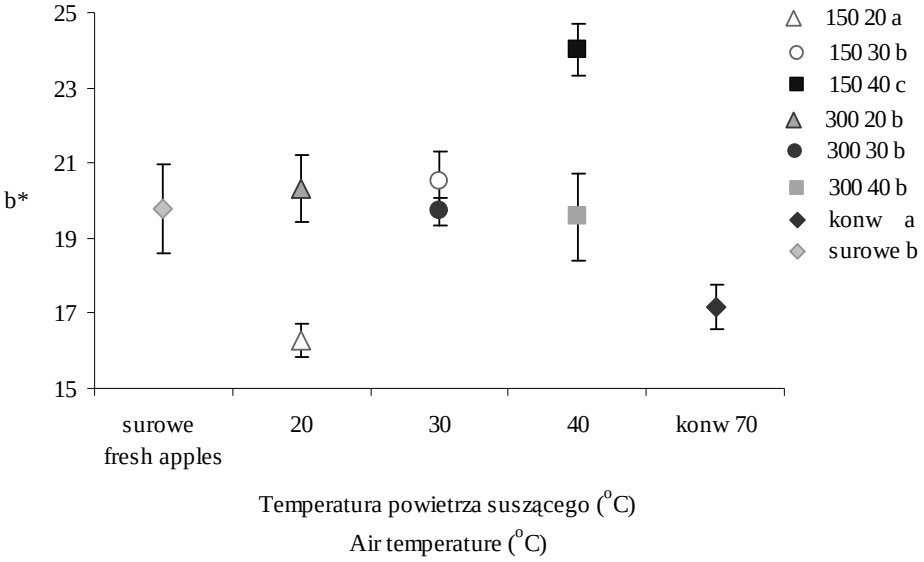
temperaturą powietrza suszącego, następuje wzrost wartości parametru b* oraz wzrasta nasycenie barwy.



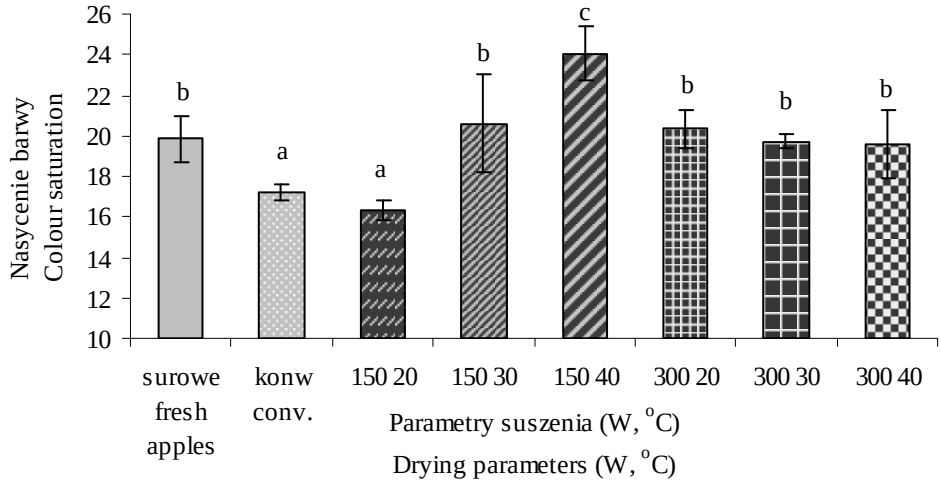
Rys. 3. Zależność między wartością parametru L* i potencjałem brązowienia jabłka
Fig. 3. Dependence between the L* value and browning potential of apples



Rys. 4. Wartości parametru a* suszonych jabłek w zależności od parametrów suszenia. a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne
Fig. 4. a* values of dried apples in dependence on drying parameters. a, b, c – the same letters show homogeneous groups



Rys. 5. Wartości parametru b* suszonych jabłek w zależności od parametrów suszenia. a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne
Fig. 5. b* values of dried apples in dependence on drying parameters. a, b, c – the same letters show homogeneous groups



Rys. 6. Nasycenie barwy suszonych jabłek w zależności od parametrów suszenia. a, b, c – te same litery wskazują grupy jednorodne
Fig. 6. Colour saturation of dried apples in dependence on drying parameters. a, b, c – the same letters show homogeneous groups

Analizując wartości bezwzględnej różnicy barwy można stwierdzić, że najbardziej zbliżoną wartość do materiału wyjściowego prezentowała próba wysuszona w temperaturze powietrza 40ºC i przy mocy 300 W (tab. 1). Zauważono, że im mniejsza temperatura przy mocy mikrofal 300 W tym różnica barwy jest bardziej zauważalna. Natomiast bardziej widoczną zmianą barwy charakteryzował się susz uzyskany przy mocy mikrofal 150 W, a szczególnie w temperaturze 20 i 40ºC. Im bardziej jasność (L*) i barwa żółta (b*) produktu końcowego odbiegały od surowego jabłka, tym większa była bezwzględna różnica barwy.

Tabela 1. Bezwzględna różnica barwy ΔE względem barwy surowego jabłka, dla zastosowanych parametrów suszenia konwekcyjnego i konwekcyjno-mikrofalowego
Table 1. Total colour difference ΔE with regard of colour of fresh apple for applied convective drying and air-microwave drying parameters

Parametry suszenia – Drying parameters							
Metoda suszenia Drying method	Suszenie konwekcyjne Convective drying	Suszenie konwekcyjno-mikrofalowe Air-microwave drying					
Moc mikrofal Microwave power (W)	–	150			300		
Temperatura Temperature (ºC)	70	20	30	40	20	30	40
ΔE	3,1	5,2	3,2	5,1	2,7	2,3	1,8

WNIOSKI

1. Suszenie konwekcyjno-mikrofalowe powoduje wzrost jasności suszu wraz ze zmniejszeniem mocy mikrofal i temperatury powietrza suszącego, co zostało potwierdzone malejącymi wartościami potencjału brązowienia.
2. Stwierdzono istnienie ujemnej korelacji liniowej pomiędzy jasnością suszu i wartościami potencjału brązowienia.
3. Wartości parametrów a* i b* przy mocy mikrofal 300 W nie uległy statystycznie istotnym zmianom, natomiast wzrost temperatury powietrza suszącego przy mocy 150 W powodował spadek wartości parametru a* (zwiększenie udziału barwy zielonej) i wzrost wartości parametru b*(zwiększenie udziału barwy żółtej) oraz nasycenia barwy.
4. Barwa suszu, uzyskanego przy parametrach suszenia 300 W i 40ºC, w najmniejszym stopniu różniła się od materiału wyjściowego. Zdecydowanie większe różnice barwy stwierdzono, stosując moc mikrofal 150 W.

PIŚMIENNICTWO

Alibas I.O., Akbudak B., Akbudak N., 2007. Microwave drying characteristics of spinach, Journal of Food Engineering, 78 (2), 557-583.

Alibas I., 2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying, Biosystems Engineering, 96 (4), 495-502.

Giese J., 1992. Advances in microwave food processing, Food Technology, 46, 118-123.

Klepacka M., 2002. Analiza żywności, Wydawnictwo Fundacja "Rozwój SGGW", Warszawa.

Kramkowski R., 2001. Ocena jakości suszu z produktów spożywczych, Maszyny Przetwórstwa Płodów Rolnych, Pleszew, 111-112.

Lewicki P.P., Witrowa-Rajchert D., Sawczuk A., 2001. Szuszenie konwekcyjne jabłek i marchwi wspomagane mikrofalami, Żywność, 2(27), 28-42.

Mielicki J., 1997. Zarys wiadomości o barwie. Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź.

Perera C.O., 2005. Selected Quality Attributes of Dried Foods, Drying Technology, 23(4), 717-730.

Roos Y.H., 2001. Water Activity, Food shelf life stability, Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes (ed. M. Eskin), CRC Press, London, 3-36.

Ruiz G., Martinez-Monzó J., Barat J.M., Chiralt A., Fito P., 2000. Applying microwaves in drying of orange slices, XII International Drying Symposium, 239-241.

Sharma G.P., Prasad S. 2001. Drying of garlic (Pallium sativum) cloves by microwave-hot air combination, Journal of Food Engineering, 50, 99-105.

Sumnu G., Turabi E., Oztop M., 2005. Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination movens, LWT, 38, 549-553.

Viña S.Z., Chaves A.R., 2006. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage, Food Chemistry, 94, 68-74.

INFLUECE OF DRYING TECHNIQUE ON OPTICAL PROPERTIES OF DRIED APPLE SLICES

Małgorzata Rząca, Dorota Witrowa-Rajchert

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

Abstract. The aim of this study was investigation of the influence of convective-microwave drying parameters, like microwave power and air temperature, on colour of dried apple slices. The results were compared with convective dried apples, dried at 70ºC temperature. The range of the study comprised the measurement of colour parameters in Lab system: L*, a*, b*, saturation (C) and total colour difference (ΔE) for external surface of apple tissue. Achieved results indicated that dried apple tissue lightened during convective-microwave drying in comparison with raw apples. While the air temperature and microwave power increased, the tissue lightness decreased and it was confirmed in the measurement of the browning potential. Dried material obtained with lower microwave power had bigger colour differences in comparison with raw apples.

Keywords: microwave-convective drying, convective drying, colour, browning potential, apples