

## WPŁYW MIKROFALOWO-PRÓŻNIOWEGO ODWADNIANIA KOSTKI ZIEMNIACZANEJ NA JAKOŚĆ SUSZU

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ dwóch metod suszenia: mikrofalowo-próżniowego oraz fontannowego na następujące wyróżniki jakości suszu ziemniaczanego: barwę, zawartość skrobi, cukrów ogółem oraz cukrów redukujących. Zbadano również kinetykę procesu suszenia. Okazało się, że czas suszenia w suszarce mikrofalowo-próżniowej był kilkunastokrotnie krótszy niż czas potrzebny do wysuszenia materiału w złożu fontannowym. Susz otrzymany metodą mikrofalowo-próżniową posiadał korzystniejszą barwę, niż susz otrzymany w złożu fontannowym. Skrobia oraz cukry ogółem uległy mniejszej degradacji w przypadku suszenia mikrofalowo-próżniowego.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, suszenie mikrofalowo-próżniowe, suszenie fontannowe, barwa, zawartość skrobi, zawartość cukrów

### Wprowadzenie

Jakość suszu w zasadniczy sposób zależy od wyboru metody realizacji procesu. Technika pozwalającą na poprawę jakości suszu w stosunku do suszenia konwencjonalnego jest suszenie mikrofalowe prowadzone pod obniżonym ciśnieniem.

Suszenie gorącym powietrzem jest metodą powszechnie stosowaną w przemyśle spożywczym. Jest ono jednak procesem energo- i czasochłonnym oraz w dużym stopniu pogarszającym jakość produktu. Mikrofałe są używane jako nośnik ciepła już od lat 40-tych [Mermelstein, 1997]. Technika ta jest coraz częściej wykorzystywana w przemyśle spożywczym [Ayappa, i in., 1991; Chatterje, i in., 1998]. Odwadnianie mikrofalowe jest alternatywną metodą suszenia żywności. Wynika to z krótkiego czasu suszenia oraz poprawy jakości suszu w porównaniu do tradycyjnych metod suszenia. Energia wytwarzana podczas procesu dociera do wszystkich partii materiału. Powoduje to skrócenie czasu obróbki i zmniejszenie intensywności przemian biologicznych w materiale [Datta i Peyre 1997, Turner i Jolly 1991].

## **Cel pracy**

Celem pracy było zbadanie wpływu metody suszenia mikrofalowo-próżniowego oraz fontannowego suszenia gorącym powietrzem na stopień zachowania składników materiału wyjściowego oraz barwę wysuszonych kostek. Ponadto zbadana została kinetyka suszenia dla poszczególnych metod.

## **Metodyka badań**

Do badań użyto bulw ziemniaka odmiany „Bryza” pochodzących z uprawy z roku 2003, z gospodarstwa rolnego we Wrocławiu. Ziemniaki były krojone w kostkę sześcienną o boku 10mm. Materiał suszono w złożu fontannowym, przy dwóch poziomach temperatury powietrza 50°C oraz 70°C i prędkości czynnika suszącego równej 4,5 m/s. Suszeniu poddano ziemniak świeży oraz blanszowany w temperaturze 95°C przez 4 minuty. Jako drugą metodę wykorzystano suszenie mikrofalowe pod obniżonym ciśnieniem. Zastosowano następujące zakresy ciśnień: 4-8 kPa, 10-14 kPa, 16-20 kPa, 22-26 kPa i 28-32 kPa. Moc mikrofal ustalono na poziomie 480 W. Eksperymenty suszenia mikrofalowo-próżniowego zrealizowano na stanowisku badawczym Instytutu Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu.

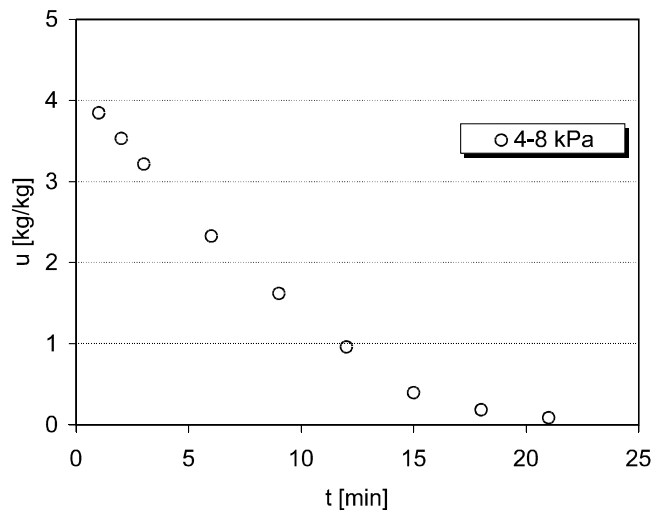
Surowcem do dalszych badań był otrzymany susz. Badane były takie wyróżniki jakości jak barwa oraz skład chemiczny: zawartość skrobi oraz cukrów ogółem i redukujących.

Instrumentalny pomiar barwy przeprowadzony został z wykorzystaniem spektrofotometru MiniScan XE Plus firmy HunterLab dla obserwatora 10°, światła znormalizowanego D65 oraz przesłony 8°. Pomiar przeprowadzono na 30 losowo wybranych kostkach dla różnych parametrów procesu. Barwę produktu opisano za pomocą współrzędnych w przestrzeni barw: L\*(jasność), a\*(czerwonosć), b\*(żółtość).

Zawartość skrobi w poszczególnych próbach oznaczono metodą polarymetryczną (AOAC, 1975). Oznaczenie zawartości cukrów ogółem i cukrów redukujących wykonano metodą Lane-Eynona (PN – 90/A – 75101).

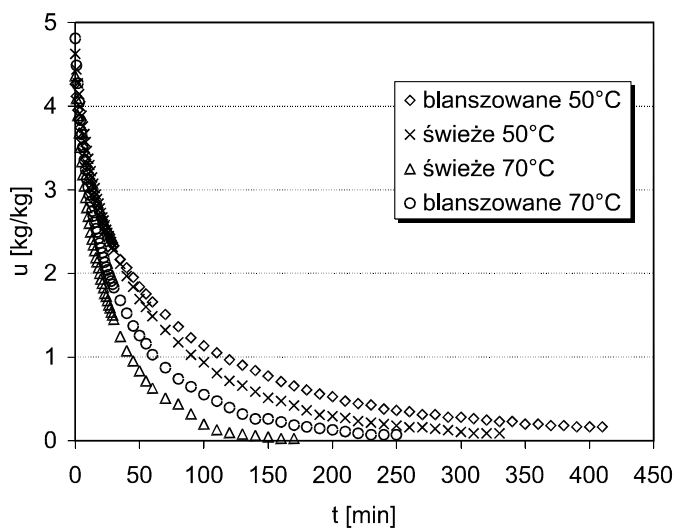
## **Wyniki pomiarów**

Na rys. 1 przedstawiono zmiany zawartości wody w czasie suszenia krajanki ziemniaczanej metodą mikrofalowo-próżniową. Suszenie trwało 21 minut. Rys. 2 przedstawia zmiany zawartości wody podczas suszenia fontannowego kostki blanszowanej i nieblanszowanej.



Rys 1. Kinetyka suszenia mikrofalowo-próżniowego kostki ziemniaczanej w zakresie podciśnienia 4-8 kPa

Fig. 1. Microwave and vacuum dehydration kinetics of potato cubes in negative pressure range 4-8 kPa



Rys 2. Kinetyka fontannowego suszenia w temperaturach 50°C i 70°C kostki ziemniaczanej blanszowanej oraz nieblanszowanej

Fig. 2. Fountain bed dehydration kinetics in temperatures 50°C and 70°C for potato cubes, blanched and unblanched

W tabeli 1 przedstawiono wartości parametrów  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  dla obu metod suszenia. Okazało się, że parametr  $L^*$  (jasność) rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia panującego w komorze suszarniczej. W porównaniu z suszeniem fontannowym, produkt okazał się jaśniejszy. Wartości parametru  $a^*$  (czerwoność) utrzymują się na poziomie bliskim zeru. Parametr  $b^*$  (żółtość) maleje wraz ze wzrostem ciśnienia w komorze suszarniczej. Proces blanszowania spowodował wzrost wartości żółtości ( $b^*$ ).

Tabela 1. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji dla parametrów  $L^*$ ,  $a^*$  oraz  $b^*$  – test Duncana,  $p=0,05$

Table 1. Results of single-index variance analysis for the following parameters  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  – Duncan test

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
świeże	72,41 ± 1,88 <sup>a</sup>	-0,62 ± 0,11 <sup>b</sup>	32,87 ± 1,00 <sup>f</sup>
świeże <sup>B</sup>	88,46 ± 0,60 <sup>g</sup>	-3,59 ± 0,16 <sup>a</sup>	46,75 ± 2,26 <sup>h</sup>
70°C	86,06 ± 1,34 <sup>e</sup>	1,46 ± 0,69 <sup>ef</sup>	20,37 ± 2,58 <sup>b</sup>
50°C	84,16 ± 3,04 <sup>d</sup>	1,70 ± 0,71 <sup>f</sup>	24,24 ± 3,08 <sup>de</sup>
70°C <sup>B</sup>	79,69 ± 2,42 <sup>b</sup>	2,84 ± 1,00 <sup>g</sup>	48,21 ± 4,05 <sup>h</sup>
50°C <sup>B</sup>	81,67 ± 1,72 <sup>c</sup>	1,05 ± 0,86 <sup>d</sup>	43,37 ± 6,09 <sup>g</sup>
4 - 8 kPa	85,65 ± 0,95 <sup>e</sup>	1,49 ± 0,53 <sup>f</sup>	22,89 ± 2,09 <sup>cd</sup>
10 - 14 kPa	86,18 ± 0,96 <sup>e</sup>	1,12 ± 0,55 <sup>de</sup>	23,75 ± 2,18 <sup>de</sup>
16 - 20 kPa	85,42 ± 1,24 <sup>e</sup>	1,82 ± 0,76 <sup>f</sup>	25,18 ± 2,97 <sup>e</sup>
22 - 26 kPa	87,08 ± 1,16 <sup>f</sup>	0,08 ± 0,97 <sup>c</sup>	21,62 ± 2,71 <sup>bc</sup>
28 - 32 kPa	89,77 ± 0,88 <sup>h</sup>	-0,80 ± 0,38 <sup>b</sup>	18,64 ± 1,75 <sup>a</sup>

wartość średnia ± odchylenie standardowe

małe litery alfabetu przypisano kolejno wg rosnących wartości dla kolejnych zmiennych

B – blanszowane

Wykonano obliczenia statystyczne wykorzystując wielokrotny test rozstępów Duncana. Badania wykazały, że dla wszystkich parametrów ich wielkości dla suszu różnią się statystycznie istotnie na poziomie 0.05 od materiału świeżego. W przypadku parametru  $L^*$  nie występują statystycznie istotne różnice pomiędzy kostką wysuszoną w zakresach ciśnień: 4-8 kPa, 10-14 kPa i 16-20 kPa oraz kostką nieblanszowaną, suszoną w temperaturze 70°C. Brak statystycznie istotnych różnic zauważamy również dla parametru  $a^*$  w zakresach ciśnień 4-8 kPa, 16-20 kPa oraz dla ziemniaków nieblanszowanych suszonych w temperaturach zarówno 50°C jak i 70°C. Wartości parametru  $b^*$  nie wykazują statystycznie istotnych różnic pomiędzy zakresami 4-8 kPa, 10-14 kPa, 16-20 kPa i kostką suszoną fontannowo w temperaturze 50°C.

Badania wykazały, iż proces suszenia fontannowego kostki ziemniaczanej nieblanszowanej spowodował zachowanie skrobi na poziomie 90 - 93%, a blanszowanej

w 83 - 88%. Suszenie mikrofalowo-próżniowe pozwala na zachowanie 95% skrobi w stosunku do materiału wyjściowego.

Zawartość zachowanych cukrów ogółem w ziemniakach suszonych metodą konwencjonalną kształtowała się na poziomie 84 – 90%, natomiast mikrofalowo-próżniową 88-100%. Mniejsze ubytki skrobi oraz cukrów ogółem podczas suszenia mikrofalowo-próżniowego potwierdzają tezę o wysokim stopniu zachowania składników materiału wyjściowego przy wykorzystaniu tej metody. Stopień zachowania cukrów redukujących w przypadku obu metod kształtuje się na poziomie 85-97%.

Obliczenia statystyczne dla zawartości cukrów i skrobi wykonano wykorzystując wielokrotny test rozstępów Duncana (Tabela 2.). Brak statystycznie istotnych różnic w zawartości cukrów redukujących zarejestrowano jedynie w przypadku suszenia fontannowego kostki nieblanszowanej. W zakresach ciśnień 10-14 kPa, 16-20 kPa i kostki blanszowanej suszonej w temperaturze 70°C zauważony został także brak statystycznie istotnych różnic. Zawartość cukrów ogółem nie różni się statystycznie istotnie dla materiału bez obróbki wstępnej, suszonego w temperaturze 50°C, blanszowanego i poddanego suszeniu w obu temperaturach, jak i poddanego nagrzewaniu mikrofalowemu w zakresie ciśnień 22-26 kPa.

Tabela 2. Jednoczynnikowa analiza wariancji dla zawartości cukrów ogółem i redukujących oraz skrobi (% s.m.) w ziemniaku odmiany „Bryza” – test Duncana ( $p=0,05$ )

Table 2. Single-index variance analysis for total sugar contents and reducing sugar contents as well as starch (% of dry mass) in „Bryza” variety potato

	skrobia	cukry redukujące	cukry ogółem
świeże	74,96 ± 0,02 <sup>g</sup>	2,95 ± 0,02 <sup>e</sup>	6,73 ± 0,02 <sup>e</sup>
świeże <sup>B</sup>	81,42 ± 0,03 <sup>i</sup>	–	–
70°C	67,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,61 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,67 ± 0,01 <sup>a</sup>
50°C	69,42 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,61 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,03 ± 0,01 <sup>c</sup>
70°C <sup>B</sup>	67,62 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,89 ± 0,03 <sup>d</sup>	6,10 ± 0,07 <sup>c</sup>
50°C <sup>B</sup>	71,93 ± 0,00 <sup>f</sup>	2,71 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,03 ± 0,07 <sup>c</sup>
4 - 8 kPa	71,45 ± 0,39 <sup>de</sup>	2,53 ± 0,03 <sup>a</sup>	5,92 ± 0,05 <sup>b</sup>
10 - 14 kPa	71,23 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,89 ± 0,01 <sup>d</sup>	6,73 ± 0,05 <sup>e</sup>
16 - 20 kPa	71,82 ± 0,02 <sup>f</sup>	2,85 ± 0,00 <sup>d</sup>	6,52 ± 0,00 <sup>d</sup>
22 - 26 kPa	71,53 ± 0,01 <sup>e</sup>	2,74 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,06 ± 0,07 <sup>c</sup>
28 - 32 kPa	75,69 ± 0,03 <sup>h</sup>	–	–

wartość średnia ± odchylenie standardowe

małe litery alfabetu przypisano kolejno wg rosnących wartości dla kolejnych zmiennych

B – blanszowane

Autorzy pracy składają podziękowania Instytutowi Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu za udostępnienie stanowiska badawczego.

## **Wnioski**

W oparciu o uzyskane wyniki sformułowane zostały następujące wnioski:

1. Czas suszenia kostki z ziemniaka w suszarce mikrofalowo-próżniowej był kilkunastokrotnie krótszy niż czas potrzebny do wysuszenia materiału w złożu fontannowym.
2. Susz otrzymany metodą mikrofalowo-próżniową posiada korzystniejszą barwę, niż susz otrzymany w złożu fontannowym.
3. Zawartość skrobi oraz cukrów ogółem w suszu ziemniaczanym uległa mniejszej degradacji w przypadku suszenia mikrofalowo-próżniowego w porównaniu z suszem uzyskanym metodą suszenia fontannowego gorącym powietrzem.

## **Bibliografia**

Ayappa, K. G., Davis, H. T., Davis, E. A., & Gordon, J. (1991) Analysis of microwave heating of materials with temperature dependent properties. *AIChE Journal*, 37(3), 313-322.

Chatterjee, A., Basak, T., & Ayappa, K. G., (1998). Analysis of microwave sintering of ceramics. *AIChE Journal*, 44(10), 2302-2311.

Datta A., Peyre F., 1997, Electromagnetic modeling microwave heating patterns: focussing and exponential decay as affected by food dielectric properties. *Engineering & Food*. Sheffield Academic Press 1997. Vol. 1 pp C45-C48

Mermelstein, N. H. (1997). How food technology covered microwaves over the years. *Food Technology*, 51(5), 82-84.

Turner I., Jolly P. (1991). Combined microwave convective drying porous media, *Drying Technology*, 9 (5) 1209–1269.

## **INFLUENCE OF THE MICROWAVE AND VACUUM POTATO DEHYDRATION ON THE DRIED VEGETABLES QUALITY**

### **Summary**

The work presents the influence of two dehydration methods: microwave and vacuum as well as fountain drying on the following distinguishing features of dried potatoes: color, starch contents, total sugar and reducing sugar. The dehydration process kinetics was also examined. It turned out that the dehydration process in the microwave and vacuum dryer was a dozen or so shorter than the time needed to dehydrate the material in the fountain bed. Dehydrated material obtained through the microwave and vacuum process had better color than the dried vegetables from the fountain bed. Starch and total sugar were degraded to a smaller degree than in the case of drying in the microwave and vacuum system.

**Key words:** potato, microwave and vacuum dehydration, fountain bed dehydration, color, starch contents, sugar contents