

JOLANTA GAWAŁEK, PRZEMYSŁAW BARTCZAK

## WPLYW WARUNKÓW SUSZENIA ROZPYŁOWEGO SOKU BURAKA ĆWIKŁOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI OTRZYMYWANEGO PROSZKU

### Streszczenie

W pracy przeanalizowano proces suszenia rozpyłowego koncentratu soku buraka ćwikłowego na nośnikach maltodekstrynowych. Badania wykonano na stanowisku doświadczalnym, którego zasadniczym elementem była suszarka rozpyłowa Niro Atomizer FU 11 DA z rozpryskiem cieczy dokonywanym za pomocą wirującego dysku rozpyłowego. Przebadano wpływ wybranych parametrów procesowych, takich jak: udział nośnika w suchej masie produktu, stopień scukrzenia (DE) maltodekstryny zastosowanej jako nośnik, temperatura powietrza wlotowego do suszarki i prędkość obrotowa dysku rozpylającego na właściwości proszku z soku buraka. Analizowano rozmiar uzyskiwanych cząstek proszku, gęstość nasypową, sypkosć, rozpuszczalność w wodzie oraz zawartość barwników czerwonych. Stosowanie nośników o niskim DE umożliwiło uzyskanie dobrej sypkosći i wysokiego stopnia retencji barwników czerwonych w proszkach. Wzrost zawartości nośnika powodował mniejsze straty barwników czerwonych w trakcie suszenia i lepszą sypkosć proszków. Stosowanie wyższych temperatur wlotowych powietrza z jednej strony decydowało o zwiększeniu rozmiaru cząstek i poprawie sypkosći proszków, z drugiej zaś wpływało na obniżenie stopnia retencji barwników czerwonych. Z kolei zmniejszanie częstości obrotów dysku rozpyłowego przyczyniało się do zwiększania cząstek proszków i poprawę sypkosći, ale nie wpływało w sposób znaczący na stopień retencji barwników czerwonych.

**Słowa kluczowe:** proszek z soku buraka ćwikłowego, maltodekstryny, suszenie rozpyłowe, skład granulometryczny, gęstość, rozpuszczalność, barwniki betalainowe

### Wprowadzenie

Suszony sok z buraka ćwikłowego należy do tzw. produktów wygodnych, do szybkiego stosowania, a równocześnie zalicza się go do żywności funkcjonalnej. Wy-

---

*Dr inż. J. Gawalek, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, mgr inż. P. Bartczak, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydz. Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, pl. M. Skłodowskiej-Curie 2, 60-965 Poznań. Kontakt: jolgaw@up.poznan.pl*

stępuje jako główny składnik czerwonych barszczy błyskawicznych, ale coraz częściej stosowany jest jako naturalny barwnik wielu produktów spożywczych. Silne właściwości barwiące zawdzięcza barwnikom betalainowym znajdującym się w buraku ćwikłowym. W skład tych barwników wchodzi betacyjaniny o barwie fioletowo-czerwonej i betaksantyny o barwie żółtej [6, 9]. Barwniki te wykazują właściwości przeciwutleniające [6, 8], stąd ich spożywanie w konsekwencji obniża ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe oraz sercowo-naczyniowe [1, 6].

W związku z różnorodnym zastosowaniem i wymogami technologicznymi [2, 5] obserwuje się wzrost zapotrzebowania na suszony sok z buraka ćwikłowego o określonej jakości.

Celem pracy było określenie wpływu warunków suszenia rozpyłowego koncentratu soku z buraka ćwikłowego na wybrane właściwości fizykochemiczne oraz zawartość betalainowych barwników czerwonych, które są wrażliwe na działanie wysokiej temperatury.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto koncentratu buraka ćwikłowego wyprodukowanego przez firmę SVZ International B.V. (Holandia) o zawartości ekstraktu 64 Brix i zawartości czerwonych barwników betalainowych – 0,49 %. Ze względu na niską temperaturę przemiany szklistej  $T_g$  suchej substancji soku buraka, co w trakcie suszenia rozpyłowego prowadziło do oklejania się suszarki i przypalania proszku, w procesie suszenia zastosowano wysokocząsteczkowe nośniki podwyższające  $T_g$ , co w konsekwencji umożliwiło wyeliminowanie powyższych zjawisk i uzyskanie proszku o pożądanej jakości. Wyboru nośnika dokonano na podstawie analizy danych literaturowych [7, 16]. Zastosowano maltodekstryny firmy Roquette Freres (Francja) o różnym stopniu scukrzenia (DE): 8, 11, 14, 19, 22. Roztwór surówki do suszenia przygotowywano w mieszalniku z mieszadłem turbinowym wytwarzającym w osi mieszalnika cyrkulację cieczy w górę [13]. Przygotowywano roztwory o różnych proporcjach koncentratu soku buraka do maltodekstryny, tak aby uzyskać udział suchej masy koncentratu soku w gotowym proszku na poziomie [%]: 30, 35, 40, 45 i 50. Wszystkie roztwory do suszenia rozcieńczano wodą do uzyskania 33 % zawartości suchej masy w roztworze.

Procesy suszenia przeprowadzono w suszarce rozpyłowej Niro Atomizer, typ FU 11 DA, o średnicy 1,2 m, wysokości części walcowej – 0,9 m i wysokości dna stożkowego – 0,95 m. Rozprysk cieczy dokonywany był za pomocą wirującego dysku rozpyłowego. Proces suszenia prowadzono przy zmiennych parametrach temperatury wlotowej powietrza w zakresie 160 ÷ 180 °C oraz zmiennej częstości obrotów dysku rozpyłowego w zakresie 11000 ÷ 19000 obr./min. Temperaturę wylotową powietrza we wszystkich eksperymentach utrzymywano na poziomie 88 ÷ 90 °C, regulując natężenie przepływu surówki do suszarki w zakresie 10 ÷ 15 l/min. W każdym ekspery-

mencie analizowano wpływ jednego z rozważanych parametrów przy utrzymaniu stałych wartości pozostałych, które w poszczególnych przypadkach były przyjmowane na poziomie: temp. powietrza wlotowego – 170 °C, częstość obrotów dysku rozpyłowego – 13000 obr./min, stopień scukrzenia maltodekstryny (DE) – 8, udział maltodekstryny – 70 % s.m.

Wszystkie eksperymentalne procesy suszenia, przy uwzględnieniu poszczególnych parametrów, wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Analiza właściwości fizykochemicznych proszków uzyskanych z odtworzonego soku buraka ćwikłowego obejmowała parametry:

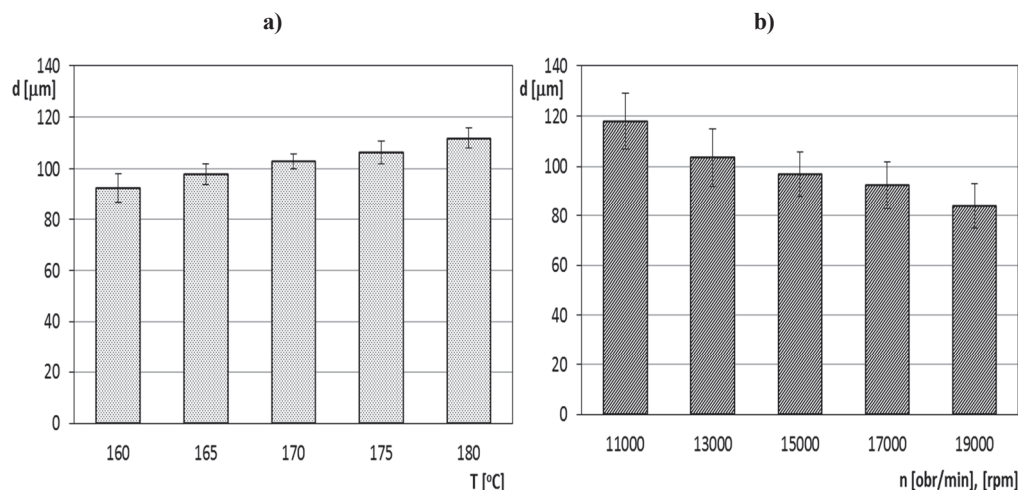
- skład granulometryczny – oznaczano metodą analizy sitowej za pomocą sita o rozmiarach: 45, 63, 125, 250, 400 [ $\mu\text{m}$ ], średni rozmiar cząstek obliczano metodą średniej ważonej [14];
- gęstość nasypową swobodną (luźną), gęstość nasypową ubitą (utręśioną), współczynnik Hausnera – oznaczano zgodnie z normą PN-ISO-8460:1999 [10];
- kąt usypu – oznaczano zgodnie z normą PN-Z-04002-07:1974 [11];
- zawartość wody – oznaczano metodą suszarkową w temp. 105 °C;
- rozpuszczalność – oznaczano jako czas całkowitego rozpuszczenia 10 g proszku w 100 ml wody destylowanej o temp. 50 °C przy powtarzalnych warunkach mieszania mechanicznego;
- zawartość czerwonych barwników betalainowych – oznaczano metodą Nillsona [9] przy użyciu spektrofotometru Shimadzu UV-2401 PC.

Wszystkie oznaczenia fizykochemiczne wykonywano minimum w trzech powtórzeniach.

## Wyniki i dyskusja

Rozmiary cząstek suszonego soku buraka, uzyskiwanych w procesie suszenia rozpyłowego, są parametrem warunkującym wiele ważnych właściwości fizycznych. Na rys. 1. przedstawiono wpływ bezpośrednich warunków suszenia rozpyłowego na średni rozmiar cząstek.

Ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego wzrastał rozmiar uzyskiwanych cząstek, natomiast ze wzrostem częstości obrotów dysku rozpyłowego rozmiar cząstek malał. Uzyskana tendencja zmian w przypadku temperatury związana była z gwałtowniejszym odparowywaniem wody z rozpylonej kropli roztworu przy wyższej temperaturze wlotowej, co w konsekwencji prowadziło do uzyskania większej cząstki, natomiast w przypadku wzrostu częstości obrotów dysku rozpyłowego uzyskiwano mniejsze krople roztworu, co z kolei prowadziło do uzyskania mniejszych cząstek proszku.



Rys. 1. Wpływ temperatury wlotowej powietrza  $T$  (dla  $n = 13000$  obr/min) – (a) i częstości obrotów dysku rozpyłowego  $n$  (dla  $T = 170^{\circ}\text{C}$ ) – (b) na średni rozmiar uzyskiwanych cząstek proszku  $d$  w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wylotowego:  $88 - 90^{\circ}\text{C}$ , natężenie przepływu surówki do suszarki:  $10 - 15$  l/min, DE maltodekstryny:  $8$ , udział maltodekstryny:  $70\%$  s.m.).

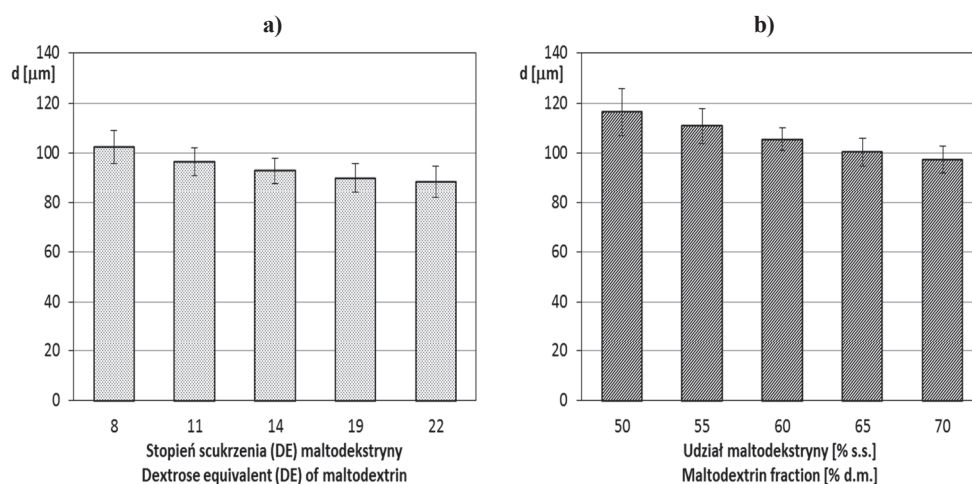
Fig. 1. Effect of  $T$  air inlet temperature (for  $n = 13000$  rpm) – (a) and of  $n$  rotational speed of rotary atomizer (for  $T = 170^{\circ}\text{C}$ ) – (b) on  $d$  mean size of powder particles produced during spray drying process of red beet juice (outlet air temperature:  $88 - 90^{\circ}\text{C}$ ; flow rate of raw material into dryer:  $10 - 15$  l/min; DE of maltodextrins:  $8$ , mass fraction of maltodextrin:  $70\%$  d.m.).

Do suszenia soku odtworzonego z koncentratu buraka zastosowano nośniki maltodekstrynowe, stąd analizie poddano wpływ stopnia scukrzenia maltodekstryny (DE) i jej udziału na wielkość uzyskiwanych cząstek proszku (rys. 2).

Zarówno zastosowanie maltodekstryn o wyższym DE, jak i zwiększanie udziału nośnika maltodekstrynowego w procesie suszenia rozpyłowego powodowały uzyskiwanie mniejszych cząstek proszku.

Jedną z najważniejszych właściwości proszków jest sypkość, która warunkuje zachowanie proszku w procesach transportu, mieszania i dozowania. W tab. 1. zestawiono gęstości usypowe swobodne i utręzione oraz obliczone na ich podstawie współczynniki Hausnera, będące miarą sypkości [3, 15]. Analiza odchyłek standardowych uzyskanych wyników gęstości wykazała maksymalne wartości na poziomie  $\sigma_{\max} = 4 \text{ kg/m}^3$ . Gęstość nasypowa proszków zależy m.in. od wielkości cząstek oraz zawartości wody [4], stąd w analizie tego parametru wyeliminowano wpływ jednej zmiennej: zawartości wody. Tak sterowano procesem suszenia rozpyłowego (natężeniem przepływu surówki w korelacji z temperaturą powietrza wylotowego), aby uzyskać porównywalną zawartość wody we wszystkich suszonych sokach z buraka – uzyskano zróżnicowanie w zakresie od  $0,98 \pm 0,04\%$  do  $1,25 \pm 0,04\%$  zawartości wody. Wzrost

temperatury powietrza wlotowego do suszarki powodował zmniejszenie gęstości usypowej zarówno swobodnej, jak i utrząsionej, co korelowało z otrzymaną zależnością wpływu tego parametru na uzyskiwane rozmiary cząstek, tzn. że w przypadku większych cząstek obserwowano mniejszą gęstość usypową. Podobną zgodność obserwowano również w przypadku częstości obrotów dysku rozpyłowego. W tym przypadku zależność była odwrotnie proporcjonalna, tzn. ze wzrostem obrotów rozmiary uzyskiwanych cząstek malały, a gęstość usypowa wzrastała.



Rys. 2. Wpływ stopnia scukrzenia DE (dla udziału maltodekstryny: 70 % s.m.) – (a) i udziału zastosowanej maltodekstryny jako nośnika (dla DE maltodekstryny: 8) – (b) na średni rozmiar cząstek proszku  $d$  w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wlotowego: 170 °C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90 °C, częstości obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10 - 15 l/min).

Fig. 2. Effect of  $DE$  dextrose equivalent (for maltodextrin fraction: 70 % d.m.) – (a) and of maltodextrin fraction used as carrier (for DE of maltodextrin: 8) – (b) on  $d$  mean size of powder particles obtained during spray drying process of red beet juice (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min).

W przypadku wpływu wartości DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego na gęstość usypową swobodną i utrząsioną obserwowano wzrost obu gęstości wraz ze wzrostem wartości DE, natomiast wzrost udziału nośnika powodował zmniejszenie analizowanych gęstości. Porównując te zależności z tendencjami zmian wielkości cząstek obserwowano zgodność w przypadku wartości DE, tzn. mniejszy rozmiar cząstek powodował większą gęstość usypową. Natomiast w przypadku udziału nośnika było odwrotnie, co mogło być spowodowane dodatkowym wpływem udziału nośnika na strukturę wewnętrzną cząstek.

Tabela 1. Zestawienie gęstości: usypowej swobodnej i utręsionej, współczynników Hausnera oraz kąta usypu proszków uzyskanych z soku buraka ćwikłowego.

Table 1. Specification of loose and tapped bulk density, Hausner ratios, and angle of repose for obtained powders from red beet juice.

Warunki procesu suszenia Spray drying conditions		Gęstość usypowa swobodna Loose bulk density [kg/m <sup>3</sup> ]	Gęstość usypowa utręsiona Tapped bulk density [kg/m <sup>3</sup> ]	Współczynnik Hausnera $I_H$ Hausner ratio	Kąt usypu Angle of repose [°]
Temperatura powietrza wlotowego Inlet air temperature [°C]	160	633	716	1,13	38
	165	628	715	1,14	35
	170	626	712	1,14	35
	175	620	701	1,13	33
	180	616	692	1,12	31
Częstość obrotów dysku rozpyłowego [obr./min] Rotational speed of rotary atomizer [rpm]	11000	624	714	1,14	31
	13000	626	712	1,14	35
	15000	629	763	1,22	43
	17000	636	787	1,24	48
	19000	645	809	1,25	55
DE zastosowanej maltodekstryny DE of maltodextrin applied	8	626	712	1,14	35
	11	637	753	1,18	36
	14	653	804	1,23	39
	19	674	882	1,31	42
	22	698	938	1,34	45
Udział maltodekstryny w proszku Maltodextrin fraction in powder [%]	50	664	903	1,36	46
	55	655	810	1,24	42
	60	652	793	1,22	41
	65	641	742	1,16	38
	70	626	712	1,14	35

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Przy zmienności jednego parametru pozostałe były stałe (temp. powietrza wlotowego: 170 °C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90 °C, częstość obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10 - 15 l/min, DE maltodekstryny: 8, udział maltodekstryny: 70 % s.m.) / Only one parameter varied, all other parameters were constant (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min; DE of maltodextrin: 8; mass fraction of maltodextrin: 70 % d.m.).

Obliczone wartości współczynnika Hausnera  $I_H$ , będącego stosunkiem gęstości usypowej utręsionej do gęstości usypowej swobodnej, w większości przypadków były mniejsze od 1,25, co dowodzi dobrej sypkości proszków [4, 12]. Wyższe wartości współczynnika Hausnera, a tym samym mniejszą sypkość, utrudniającą proces technologiczny, stwierdzono w przypadku proszków, których składnikiem były maltodekstryny o wyższym stopniu scukrzenia (DE > 14) oraz przy mniejszym udziale maltodekstryny (w przypadku maltodekstryny o DE = 8 granicą jest zawartość ok. 55 %

tego składnika w suchej masie – poniżej tej wartości mogą pojawiać się zakłócenia związane z transportem, mieszaniem, dozowaniem). Nie stwierdzono istotnego użytkowo wpływu bezpośrednich parametrów suszenia rozpyłowego, jak temperatura wlotowa powietrza i częstość obrotów dysku rozpyłowego na sypkość proszku. Jedynie w przypadku wyższych częstości obrotów obserwowano nieznacznie większe wartości  $I_H$ , ale nadal charakteryzujące dobrą sypkość (związane jest to ze wzrostem liczby drobniejszych cząstek przy wzroście częstości obrotów).

Innym parametrem opisującym sypkość uzyskiwanych proszków jest kąt usypu, którego wyznaczone wartości również zestawiono w tab. 1. Im niższy kąt usypu, tym lepsza sypkość proszku. Uzyskane wartości w zasadzie potwierdziły wyznaczone tendencje zmian w trakcie analizy współczynników Hausnera, przy czym z wartości kąta usypu wynika zdecydowanie większy wpływ częstości obrotów na sypkość proszku. Przy najwyższych prędkościach obrotowych dysku odnotowano największe kąty usypu spośród wszystkich badanych proszków, natomiast analiza współczynników Hausnera wykazała najmniejszą sypkość dla najmniejszego udziału nośnika i najwyższego DE zastosowanej maltodekstryny.

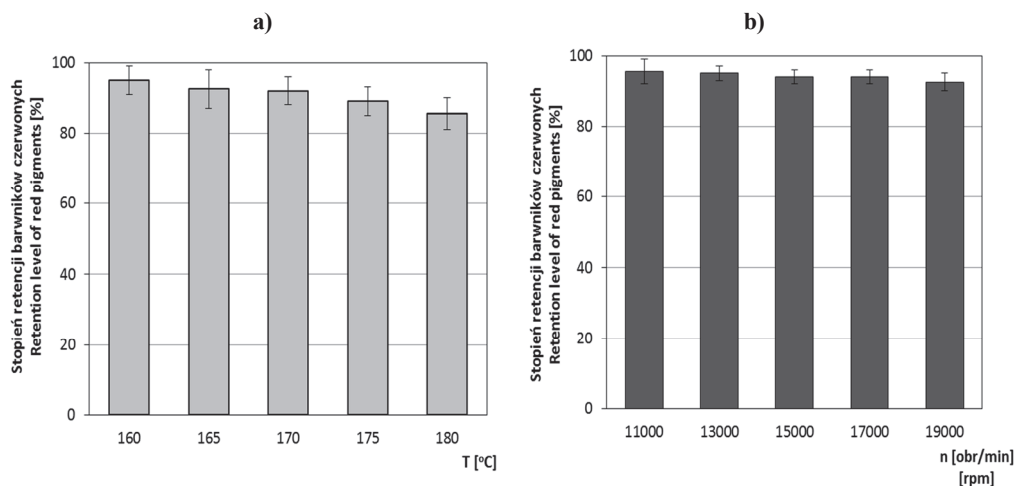
Kolejnym wyróżnikiem użytkowym proszków z soku buraka jest rozpuszczalność – bardzo ważny parametr technologiczny. Analiza wyznaczonych wartości rozpuszczalności, jako czasów rozpuszczania cząstek wysuszonego soku z buraka w powtarzalnych warunkach, nie wykazała technologicznie istotnych różnic pomiędzy proszkami. Uzyskane wyniki zawierały się w granicach od  $32 \pm 3$  do  $45 \pm 4$  s, co pod względem technologicznym uznano za zadowalającą szybkość rozpuszczania proszków.

Szerokie zastosowanie suszonego soku z buraka jako naturalnego barwnika w przemyśle spożywczym powoduje, że jednym z najważniejszych wyróżników jakości proszków staje się tzw. siła barwienia, która jest bezpośrednio skorelowana z zawartością barwników. Przeanalizowano wpływ warunków suszenia rozpyłowego na zawartość czerwonych barwników betalainowych i uzyskano wartości w zakresie od  $196 \pm 10$  do  $333 \pm 23$  mg/100 g, przy zawartości barwników czerwonych w koncentracji soku buraka na poziomie 490 mg/100 g. Uzyskano stopień retencji barwników czerwonych w procesie suszenia rozpyłowego w stosunku do wartości wyjściowej w zakresie  $85,5 \div 95,5$  %.

Wpływ warunków suszenia na stopień retencji barwników czerwonych przedstawiono na rys. 3. i 4. Wzrost temperatury wlotowej powietrza suszącego powodował obniżenie stopnia retencji badanych barwników (rys. 3a), natomiast wpływ prędkości obrotowej dysku rozpyłowego na poziom barwników był nieznaczny (rys. 3b). Uzyskane zależności związane są z degradacją termiczną betacyjanin.

Wzrost udziału nośnika w suszonym soku buraka powodował wyższy stopień retencji barwników czerwonych (rys. 4b), natomiast wyższy stopień scukrzenia DE za-

stosowanego nośnika maltodekstrynowego skutkowało niższym stopniem retencji barwników (rys. 4a).



Rys. 3. Wpływ temperatury wlotowej powietrza  $T$  (dla  $n = 13000$  obr/min) – (a) i częstości obrotów dysku rozpyłowego  $n$  (dla  $T = 170$  °C) – (b) na stopień retencji barwników czerwonych w wysuszonym rozpyłowo soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wylotowego: 88 - 90°C, natężenie przepływu surowki do suszarki: 10 - 15 l/min, DE maltodekstryny: 8, udział maltodekstryny: 70 % s.m.).

Fig. 3. Effect of  $T$  air inlet temperature (for  $n = 13000$  rpm) – (a) and  $n$  rotational speed of rotary atomizer (for  $T = 170$  °C) – (b) on retention level of red pigments in spray dried juice from red beets (outlet air temperature: 88 - 90 °C; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min; DE of maltodextrin: 8; mass fraction of maltodextrin: 70 % d.m.).

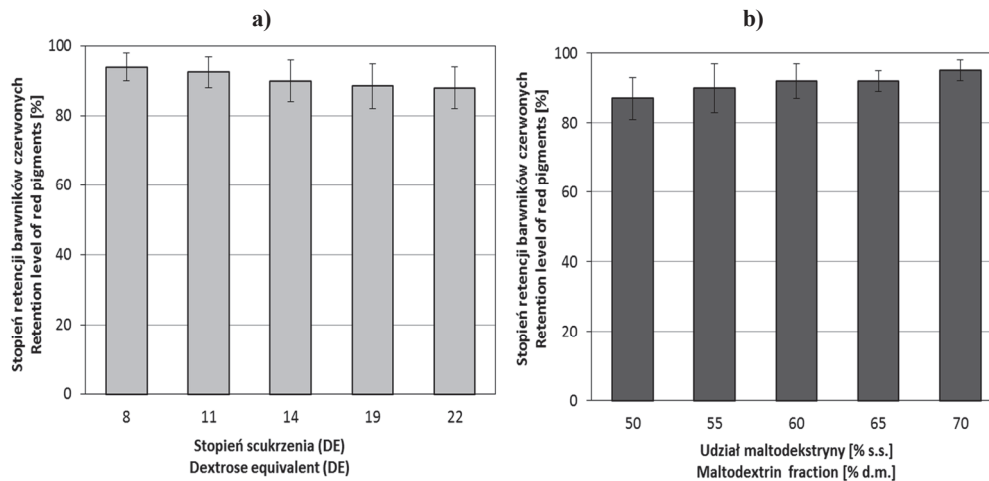
Użytkownicy proszków suszonego rozpyłowo soku z buraka, stosowanych jako naturalny barwnik, poszukują produktów o wysokiej sile barwienia, dobrej sypkości i rozpuszczalności oraz neutralnym lub akceptowanym do danego zastosowania smaku.

Stwierdzono, że najkorzystniejsze były nośniki maltodekstrynowe o najniższym DE ze względu na dobrą sypkość proszków i wysoki stopień retencji barwników czerwonych, natomiast do wad należy zaliczyć skrobiowy posmak niskoscukrzoney maltodekstryny, który nie do wszystkich zastosowań jest odpowiedni.

Stosowanie wyższych temperatur wlotowych powietrza skutkowało zwiększeniem rozmiaru cząstek i poprawą sypkości proszków, ale równocześnie spowodowało obniżenie stopnia retencji barwników czerwonych. Zmniejszanie częstości obrotów dysku rozpyłowego wpłynęło natomiast na zwiększenie cząstek proszków i poprawę sypkości oraz zwiększenie stopnia retencji barwników czerwonych, niekorzystnym zjawiskiem było zaś zwiększenie ubytków technologicznych związanych z oklejaniem się instalacji. W praktyce przemysłowej konieczne jest więc dobieranie optymalnych



warunków produkcji suszonego soku z buraka ćwikłowego stosownie do potrzeb użytkownika.



Rys. 4. Wpływ stopnia scukrzenia DE (przy udziale maltodekstryny: 70 % s.m.) – (a) i udziału zastosowanej maltodekstryny jako nośnika (DE maltodekstryny: 8) – (b) na stopień retencji barwników czerwonych w wysuszonym rozpyłowo soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wlotowego: 170°C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90°C, częstości obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10-15 l/min).

Fig. 4. Effect of DE dextrose equivalent of maltodextrin used as carrier (for maltodextrin fraction: 70 % d.m.) – (a) and of maltodextrin fraction (DE maltodextrin: 8) – (b) on retention level in red pigments in spray dried juice of red beets (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min).

## Wnioski

1. Ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego w suszarce rozpyłowej wzrasta rozmiar uzyskiwanych cząstek suszonego soku z buraka ćwikłowego oraz maleje gęstość usypowa zarówno swobodna, jak i utrząsiona uzyskiwanego proszku, natomiast ze wzrostem częstości obrotów dysku rozpyłowego rozmiar cząstek maleje, a gęstość usypowa wzrasta.
2. Zarówno zastosowanie maltodekstryń o wyższym DE, jak i zwiększanie udziału nośnika maltodekstrynowego w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka powoduje uzyskiwanie mniejszych cząstek proszku.
3. Gęstość usypowa swobodna i utrząsiona proszków z suszonego soku buraka ćwikłowego jest wprost proporcjonalna do wartości DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego, natomiast odwrotnie proporcjonalna do jego udziału.

4. W badanym zakresie warunków suszenia rozpyłowego soku z buraka uzyskano proszki o dobrej sypkości ( $I_H < 1,25$  i kąt usypu  $< 45^\circ$ ), przy użyciu jako nośnika maltodekstryny o  $DE < 14$  i o minimalnej zawartości nośnika – 55 %.
5. Wszystkie proszki charakteryzuje odpowiednia rozpuszczalność, świadcząca o dobrych cechach użytkowych.
6. Wzrost temperatury wlotowej powietrza suszącego powoduje obniżenie stopnia retencji czerwonych barwników betalainowych, natomiast wpływ prędkości obrotowej na ten parametr jest nieznaczny.
7. Wzrost udziału nośnika powoduje wyższy stopień retencji czerwonych barwników betalainowych w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego, natomiast wzrost stopnia scukrzenia DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego skutkuje nieznacznym zmniejszeniem stopnia retencji czerwonych barwników.

### Literatura

- [1] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2003, **5**, 11-12, **6**, 2-30.
- [2] Czapski J.: Heat stability of betacyanins in red beet juice and betanin solutions. Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und - Forschung, 1990, **191**, 275-278.
- [3] Hausner H.H.: Friction conditions in mass of metal powder. Int. J. Powder Metall., 1967, **3**, 7-13.
- [4] Jedlińska A., Samborska K., Witrowa-Rajchert D.: Właściwości proszków otrzymanych metodą suszenia rozpyłowego modelowych roztworów glukozy, fruktozy i ich mieszanin. Acta Agrophysica, 2012, **19 (2)**, 303-317.
- [5] Kidoń M., Czapski J.: Wpływ obróbki termicznej na zawartość barwników betalainowych i zdolność przeciwutleniającą buraka ćwikłowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 124-131.
- [6] Klewicka E.: Betacyjaniny – biodostępność i biologiczna aktywność. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (81)**, 5-21.
- [7] Koul V.K., Jain M.P., Koul S., Sharma V.K., Tikoo C.L., Jain S.M.: Spray drying of beet root juice using different carriers. Indian J. Chem. Technol., 2002, **9**, 442-445.
- [8] Mikołajczyk K., Czapski J.: Zdolność antyoksydacyjna i zawartość barwników betalainowych w różnych odmianach buraka ćwikłowego. Bromat. Chem. Toksykol., 2006, **39**, 437-441.
- [9] Nilsson T.: Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgarris* var. *rubra* L.). Lantbrukshogskolans Annaler, 1970, **36**, 179-219.
- [10] PN-ISO-8460:1999. Kawa rozpuszczalna. Oznaczanie gęstości nasypowej swobodnej i gęstości nasypowej ubitej.
- [11] PN-Z-04002-07:1974. Ochrona czystości powietrza. Badania fizycznych własności pyłów. Oznaczanie kąta nasypu pyłu.
- [12] Szulc K., Lenart A.: Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **5 (54)**, 312-320.
- [13] Wesołowski P., Gawalek J.: Comparison of the energy consumption on the production of highly concentrated maltodextrin concentrates. Pol. J. Chem. Technol., 2006, **8 (4)**, 47-49.
- [14] Wesołowski P., Gawalek J.: Wpływ warunków granulacji rozpuszczalnej kawy zbożowej na wydajność procesu i jakość produktu. Przem. Chem., 2008, **87/3**, 311-314.

- [15] Wong A.C.-Y.: Characterisation of the flowability of glass beads by bulk densities ratio. Chem. Eng. Sci., 2000, **55**, 3855-3859.
- [16] Yousefi S., Emam-Djomeh Z., Mousavi S. M.: Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum L.*). J. Food Sci. Technol., 2011, 48 (6), 677-684.

## EFFECT OF RED BEET JUICE SPRAY DRYING CONDITIONS ON SELECTED PROPERTIES OF PRODUCED POWDER

### S u m m a r y

In the paper analysed was the spray drying process of red beet juice concentrate with maltodextrins applied as carriers. The research was performed on an experimental bench, where the key element was a Niro Atomizer FU 11 DA spray dryer with a rotary atomizer to spray/atomize liquids. The effect of the following selected process parameters was determined on the properties of the powder made from red beet juice: content of the carrier in the dry matter of the product, dextrose equivalent (DE) of maltodextrin used as a carrier, inlet air temperature in the spray dryer and rotational speed of the rotary atomizer. The following was analysed: size of the powder particles obtained, bulk density, powder flowability, water solubility, and content of red pigments. The application of carriers with a low DE made it possible to achieve a good level of flowability and a high level of retention of red pigments in the powders. The increase in the content of carrier resulted in lower losses in the red pigments during drying and in a better flowability level of powders. The effect of applying higher temperatures of inlet air was that the size of particles increased and the flowability of powders improved; but, on the other hand, the retention level of red pigments decreased. Then, reducing the rotational speed of atomizer caused the size of particles to increase and the powder flowability to improve; however, it did not significantly impact the retention level of red pigments.

**Key words:** powder made from red beet juice, maltodextrins, spray drying, granulometric composition, density, solubility, betalain pigments 