

WPLÝW SPOSOBU HOMOGENIZACJI NA WYBRANE WLAŒCIWOŒCI
FIZYCZNE OTRZYMANÝCH METODĄ SUSZENIA ROZPYŁOWEGO
MIKROKAPSULEK AROMATU CYTRYNOWEGO

Emilia Janiszewska, Katarzyna Krupa, Dorota Witrowa-Rajchert

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: emilia_janiszewska@sggw.pl

Streszczenie. W procesie mikrokapsułkowania aromatów metodą suszenia rozpyłowego, poza dobraniem odpowiedniego materiału osłonki i parametrów procesu, istotny wpływ na efektywność zamykania mają właściwości uzyskanych proszków, które zależą również od właściwości fizycznych emulsji poddawanej suszeniu. Dlatego celem pracy było zbadanie zależności pomiędzy rodzajem zastosowanej metody homogenizacji emulsji aromatu cytrynowego, a wybranymi właściwościami fizycznymi proszków. Jako nośnik do mikrokapsułkowania aromatu cytrynowego wykorzystano gumę arabską. Do badań przygotowano roztwory o stężeniu 30%, dodatek aromatu wynosił 6% całkowitej masy roztworu. Roztwory homogenizowano, stosując homogenizację ciśnieniową jednostopniową przy ciśnieniu 30 MPa, homogenizację ciśnieniową dwustopniową przy ciśnieniach 30 i 10 MPa oraz mieszadło szybkoobrotowe przez 30 minut przy 24000 obrotów na minutę. Suszenie emulsji prowadzono w suszarce rozpyłowej, przy prędkości dysku rozpyłowego $39000 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ i strumieniu surowca $0,5\cdot 10^{-6} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ w temperaturze powietrza wlotowego 160°C . Emulsja otrzymana przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego wykazywała najwyższą lepkość. Zaobserwowano nieznacznie większą gęstość emulsji otrzymanych metodą homogenizacji dwustopniowej. Odparowanie zachodziło najmniej intensywnie w przypadku proszków otrzymanych z emulsji homogenizowanej dwustopniowo, w których zawartość wody była największa. Proszki otrzymane na bazie emulsji homogenizowanej przy zastosowaniu mieszadła charakteryzowały się najniższą porowatością, gęstością pozorną i luźną. Najwyższe wartości badanych parametrów uzyskano dla proszków z emulsji otrzymanej przy użyciu dwustopniowej homogenizacji.

Słowa kluczowe: homogenizacja, suszenie rozpyłowe, aromat cytrynowy, lepkość emulsji, gęstość proszku, średnica zastępcza

WSTĘP

Mikrokapsułkowanie jest szybko rozwijającą się technologią. Polega na tworzeniu ścianki wokół stałego lub płynnego materiału. Zamknięty materiał jest chroniony przed czynnikami z zewnątrz. Substancje zakapsułkowane odznaczają

się większą trwałością, są lepiej chronione przed działaniem mikroorganizmów, uzyskuje się stabilizację nietrwałych substancji, często także zostaje zamaskowany niepożądany zapach. Procesem najczęściej stosowanym do mikrokapsułkowania aromatów, ze względu na elastyczność i ekonomiczność metody oraz dobrą jakość produktu, jest suszenie rozpyłowe (Ré 1998, Yoshii 2001, Krishnan i in. 2005a i b, Gharsallaoui i in. 2007). Parametrami procesowymi, które wpływają na przebieg suszenia i właściwości fizyczne uzyskanego proszku, są: temperatura powietrza suszącego, prędkość obrotowa dysku rozpylającego oraz strumień zasilania. Na parametry fizyczne cząstek wpływ mają, oprócz parametrów procesu suszenia rozpyłowego, także stężenie i rodzaj zastosowanego nośnika oraz substancji zamykanej (Zbiciński i Kwapińska 2003, Tonon i in. 2008).

Celem mikrokapsułkowania jest produkcja, sypkiego proszku, w którym kropelki olejku aromatycznego są równomiernie rozłożone w matrycy nośnika. Punktem krytycznym dla efektywności mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego jest przygotowanie emulsji, która spełni określone kryteria. Emulsja taka musi być stabilna przez cały proces mikrokapsułkowania (Thies 2004), włączając krótkoterminowe przechowywanie przed procesem, a także podawanie do dysku i cały czas suszenia. Stabilność emulsji można poprawić poprzez wytworzenie emulsji o jednakowych i małych kroplach fazy rozproszonej (Risch i Reineccius 1988). Wielkość kropli emulsji może zostać obniżona poprzez zwiększenie ciśnienia i czasu homogenizacji (McClements i in. 2007). Jednak zbyt intensywny proces homogenizacji może zwiększać rozmiar kropli emulsji (Floury i in. 2003, Jafari i in. 2007). Poza tym stabilna emulsja powinna mieć odpowiednią lepkość (Thies 2004, Rosenberg i in. 1990). Emulsje o dużej lepkości mogą zablokować dysk rozpyłowy i powodować powstawanie dużych kropli, które nie zostają wystarczająco wysuszone. Natomiast zbyt niska lepkość wywołuje dyfuzję kropli olejku aromatycznego w kierunku powierzchni suszonych cząstek, co może zmniejszać efektywność mikrokapsułkowania (Rosenberg i in. 1990). Optymalna lepkość emulsji powinna być w każdym przypadku dobrana, przy uwzględnieniu rodzaju urządzenia rozpylającego i właściwości emulsji. Właściwości emulsji są zależne od stężenia i rodzaju nośnika oraz od substancji w nim zamykanej i mają wpływ na właściwości fizyczne cząstek proszków.

Celem pracy było zbadanie zależności pomiędzy rodzajem zastosowanej metody homogenizacji emulsji aromatu cytrynowego, a wybranymi właściwościami fizycznymi proszków.

MATERIAŁY I METODY

Surowiec do mikrokapsułkowania stanowił aromat cytrynowy bezterpenowy (Jaskólski S.A.). Jako nośnika wykorzystano gumę arabską (GA) (Hortimex Sp. z.o.o.).

Do badań przygotowano roztwory o stężeniu 30%, dodatek aromatu wynosił 6% całkowitej masy roztworu. Tak uzyskane roztwory poddawano procesowi homogenizacji. Stosowano homogenizację ciśnieniową (GEA Niro Soave – model Panda) jednostopniową przy ciśnieniu 30 MPa (HC 30), homogenizację ciśnieniową dwustopniową przy ciśnieniach na pierwszym i drugim stopniu odpowiednio 30 MPa i 10 MPa (HC 30:10) oraz homogenizację przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego (Ultra Turrax Model T25) przez 30 minut przy zastosowaniu 24000 obrotów na minutę (UT).

W otrzymanych emulsjach badano lepkość pozorną emulsji η w wiskozymetrze Brookfielda. Doświadczenia prowadzono przy rosnącej prędkości ścinania od 20 do 100 obr·min⁻¹. Zastosowano głowicę nr 21, ilość próbki do badań wynosiła 8 cm³.

Gęstość roztworów do suszenia ρ_r (kg·m⁻³) oznaczano metodą piknometryczną i wyliczano na podstawie wzoru:

$$\rho_r = \frac{m_r}{m_w} \rho_w \quad (1)$$

gdzie: m_r – masa roztworu (kg), m_w – masa wody (kg), ρ_w – gęstość wody w danej temperaturze (kg·m⁻³).

Analizę kropeł emulsji przeprowadzono na podstawie zdjęć wykonanych przy użyciu mikroskopu Studar lab., połączonego z kamerą Exwave Had (Sony). Analizę zdjęć prowadzono wykorzystując program MultiScan v 13.11. Określano średnicę kropeł emulsji d_{50} .

Suszenie otrzymanych emulsji prowadzono w suszarce rozpyłowej firmy Anhydro, przy prędkości dysku rozpyłowego 39000 obr·min⁻¹ i strumieniu surowca 0,5·10⁻⁶ m³·s⁻¹. Suszenie odbywało się współprądowo, a temperatura powietrza wlotowego wynosiła 160°C. W otrzymanych proszkach oznaczano zawartość suchej substancji, gęstość pozorną cząstek, gęstość luźną złoza, porowatość złoza oraz określano kształt i wielkość cząstek.

Suchą substancję proszków oznaczano zgodnie z normą PN-A-79011-3. Oznaczenia gęstości pozornej proszku ρ_p i gęstości luźnej złoza ρ_L dokonano w piknometrze helowym Stereopycnometr firmy Quantachrome (Janiszewska i Witrowa-Rajchert 2007).

Porowatość złoza proszku obliczano ze wzoru:

$$\varepsilon_L = 1 - \frac{\rho_L}{\rho_P} \quad (2)$$

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono przy wykorzystaniu pakietu statystycznego Statgraphics Plus 5.1. Wyniki badań poddano anali-

zie statystycznej przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji w układzie losowym oraz wieloczynnikowej analizie regresji. Wnioskowanie statystyczne prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykorzystywane emulsje były płynami niutonowskimi w całym zakresie badania. Wartości lepkości roztworów gumy arabskiej były statystycznie różne w zależności od metody homogenizacji. Najwyższą lepkością charakteryzowała się emulsja homogenizowana przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego, a najniższą – emulsja homogenizowana dwustopniowo (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane właściwości fizyczne emulsji
Table 1. Selected physical properties of the emulsions

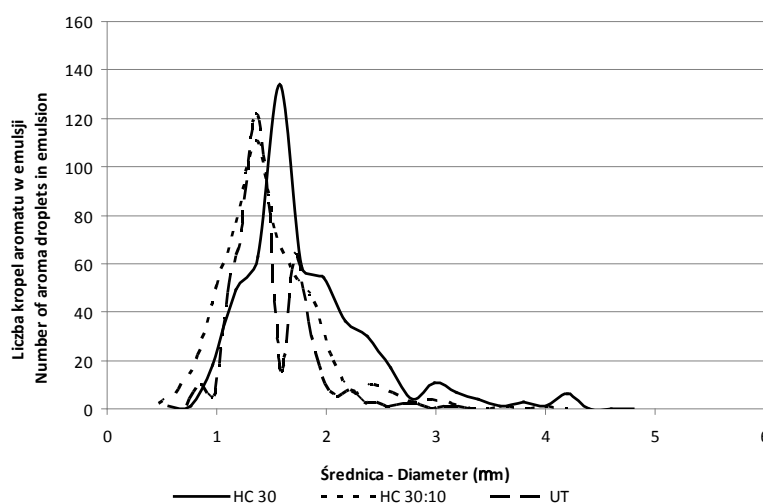
Rodzaj homogenizacji Kind of homogenisation	Gęstość – Density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Lepkość – Viscosity ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Średnia średnica kuleczek Mean diameter of droplets d_{50} (μm)
HC 30	910±1,9 ^a	157±1,4 ^b	1,55
HC 30:10	914±0,3 ^b	140±10,1 ^a	1,32
UT	910±0,4 ^a	187±9,1 ^c	1,44

Średnie wartości w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami: a, b, c różnią się statystycznie przy $p = 0,05$ – Mean values in the same column denoted with different letters: a, b, c differ statistically at $p = 0.05$.

Zaobserwowano nieznacznie większą gęstość emulsji otrzymanych metodą homogenizacji dwustopniowej. Najniższe wartości średniej średnicy kropeł emulsji zaobserwowano w przypadku emulsji uzyskanej przy użyciu homogenizacji dwustopniowej ciśnieniowej. W przypadku kropeł emulsji uzyskanej za pomocą mieszadła szybkoobrotowego, uzyskane wartości mieszczą się pomiędzy średnią średnicą kropeł emulsji otrzymanych w wyniku homogenizacji ciśnieniowej. Otrzymane zależności znajdują potwierdzenie w badaniach Risch i Reineccius (1988), jednak są sprzeczne z wartościami uzyskanymi przez Soottitantawat i in. (2005) oraz Jafari i in. (2007). Zmiana homogenizacji z jednostopniowej ciśnieniowej na dwustopniową ciśnieniową spowodowała spadek wielkości kropeł emulsji. Podobne zależności otrzymali Jafari i in. (2007).

Na rysunku 1 przedstawiono rozkład wielkości kropeł emulsji aromatu cytrynowego otrzymanych różnymi metodami homogenizacji. W przypadku homogenizacji mieszadłem szybkoobrotowym (UT) najwięcej kropeł osiągnęło średnicę

1,35 μm . Zmiana metody homogenizacji na homogenizację wysokociśnieniową spowodowała wzrost tej wielkości do wartości 1,57 μm , gdy prowadzono proces jednostopniowo (HC 30). Najczęściej występująca średnica kropeł fazy rozproszonej w emulsji otrzymanej przy zastosowaniu dwustopniowej homogenizacji (HC 30:10) była zbliżona do wielkości uzyskanej w przypadku użycia mieszadła szybkoobrotowego i wynosiła 1,36 μm .



Rys. 1. Rozkład średnic kropeł olejku w emulsjach

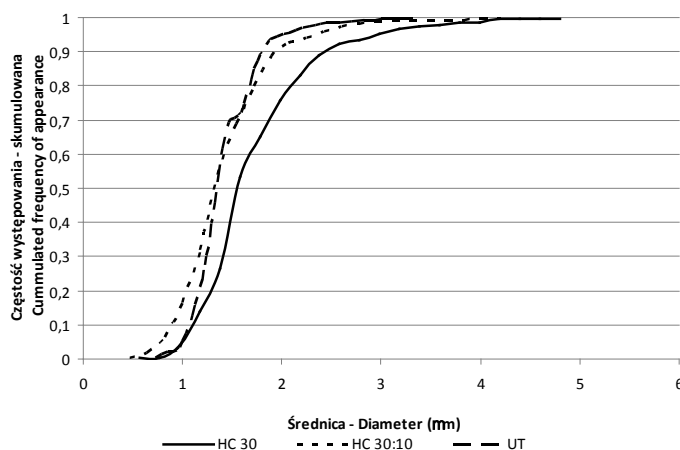
Fig. 1. Oil drops diameter distribution in emulsions

Rascón i in. (2011) w badaniach prowadzonych przy ciśnieniu homogenizacji 30 MPa uzyskał średnią średnicę kropeł emulsji oleożywic z papryki w roztworze gumy arabskiej na poziomie $1,33 \pm 0,84 \mu\text{m}$. Także zbliżone wyniki uzyskali Kim i in. (1996) w przypadku emulsji olejku pomarańczowego z gumą arabską homogenizowanej przy ciśnieniu 21 MPa, w której wielkość kropeł fazy rozproszonej była na poziomie 1,473 μm .

Skumulowany rozkład potwierdza zróżnicowanie wielkości cząstek (rys. 2). Liczba kropli o średnicy równej lub mniejszej niż 1,5 μm otrzymanych w wyniku homogenizacji mieszadłem (UT) stanowi 70%. Przy zmianie sposobu homogenizacji na homogenizację ciśnieniową średnicę 1,5 μm osiągnęło 43 i 66% kropeł emulsji uzyskanych odpowiednio metodą jednostopniową i dwustopniową. Wyniki te potwierdzają fakt, że zmiana rodzaju homogenizacji ciśnieniowej z jedną dwustopniową powoduje spadek wielkości kropeł emulsji.

Różne rozmiary kropeł emulsji otrzymali także Risch i Reineccius (1988), którzy porównywali homogenizację przy użyciu szybkoobrotowego mieszadła

w czasie 5 minut z homogenizacją ciśnieniową jednostopniową przy ciśnieniu 172 lub 758 bar. Otrzymali jednak inne zależności niż w przedstawianych badaniach. Największe były średnice kropeł emulsji uzyskanej w wyniku homogenizacji mieszadłem, jednak stosowany przez nich czas homogenizacji był krótszy. Autorzy nie zaobserwowali także wpływu ciśnienia na rozmiar kropeł emulsji. Rascón i in. (2011) oraz Walstra (1975) potwierdzili, iż rozkład krzywych skumulowanych jest logarytmicznym rozkładem normalnym. W wyniku zastosowania homogenizacji ciśnieniowej rozkład wielkości otrzymanych kropeł daje krzywe rozkładu zbliżone do przedstawionych na rysunku 2.

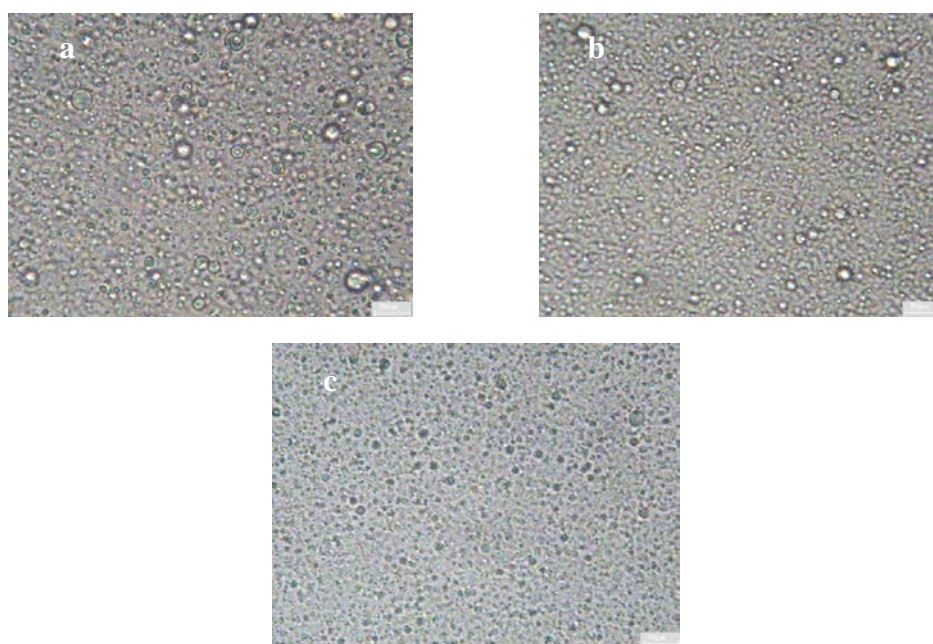


Rys 2. Krzywa skumulowana rozkładu średnic kropeł olejku w emulsjach
Fig. 2. Cumulated curves of oil drops diameter distribution in emulsions

Morfologię kropeł emulsji przedstawiono na fotografii 1. Niezależnie od rodzaju homogenizacji, otrzymano okrągłe krople, różniące się tylko wielkością.

Najniższą zawartością wody charakteryzowały się proszki uzyskane po suszeniu rozpyłowym emulsji poddanej homogenizacji w mieszadle szybkoobrotowym (tab. 2). Zmiana rodzaju homogenizacji spowodowała nieznaczny wzrost zawartości wody, a w przypadku homogenizacji ciśnieniowej dwustopniowej istotny statystycznie. Wartości zawartości wody były zbliżone do otrzymanych przez Florez-Martínez i in. (2004), którzy suszyli rozpyłowo 30% roztwór gumy arabskiej z olejkiem pomarańczowym. Odparowanie zachodziło najmniej intensywnie w przypadku proszków otrzymanych z emulsji homogenizowanej dwustopniowo, w których zawartość wody była największa. Odwrotną zależność otrzymali Risch i Reineccius (1988) oraz Jafari i in. (2007), którzy wykazali, iż zmiana metody

homogenizacji z miedzadła na homogenizację wysokociśnieniową spowodowała spadek zawartości wody.



Fot. 1. Struktura kropeł aromatu cytrynowego, a) HC 30, b) HC 30:10, c) UT
Photo 1. Micrographs of lemon aroma drops, a) HC 30, b) HC 30:10, c) UT

Tabela 2. Wybrane właściwości fizyczne mikrokapsulek aromatu cytrynowego
Table 2. Selected physical properties of lemon aroma microcapsules

Rodzaj homogenizacji Kind of homogenisation	Zawartość wody Water content (%)	Gęstość pozorną proszku Apparent particle density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gęstość luźna złoża Bulk bed density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Porowatość Porosity (-)
HC 30	$3,7 \pm 0,34^b$	$1204 \pm 4,1^b$	$384 \pm 13,9^a$	$0,68 \pm 0,017^b$
HC 30:10	$4,4 \pm 0,45^a$	$1282 \pm 2,9^c$	$410 \pm 17,3^a$	$0,68 \pm 0,023^b$
UT	$3,6 \pm 0,60^b$	$1133 \pm 2,1^a$	$380 \pm 29,6^a$	$0,67 \pm 0,001^a$

Średnie wartości w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami: a, b, c różnią się statystycznie przy $p = 0,05$ – Mean values in the same column denoted with different letters: a, b, c differ statistically at $p = 0.05$.

Gęstość pozorna proszków zależała istotnie od rodzaju homogenizacji (tab. 2). Najniższą gęstość pozorną cząstek proszków, a więc najwięcej przestrzeni powietrznych wewnątrz cząstek, uzyskano w przypadku zastosowania emulsji otrzymanej w wyniku homogenizacji mieszadłem szybkoobrotowym. Natomiast najniższa porowatość świadczy o dość dobrym upakowaniu złoza cząstek. W przypadku porównania pomiędzy dwoma rodzajami homogenizacji ciśnieniowej zauważyć można różnice tylko w przypadku gęstości pozornej. Gęstość luźna proszków nie zależała od rodzaju zastosowanej emulsji. Otrzymane wartości gęstości luźnej złoza są zbliżone do tych, jakie w wyniku suszenia rozpyłowego roztworów gumy arabskiej z olejkim pomarańczowym przedstawili Florez-Martínez i in. (2004).

WNIOSKI

1. Emulsja otrzymana przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego miała najwyższą lepkość, co było skorelowane z dużą średnią średnicą kropeł emulsji.
2. Odparowanie zachodziło najmniej intensywnie w przypadku proszków otrzymanych na bazie emulsji homogenizowanej dwustopniowo.
3. Badane sposoby homogenizacji spowodowały zróżnicowanie gęstości pozornej proszków i porowatości złoza. Proszki otrzymane na bazie emulsji homogenizowanej przy zastosowaniu mieszadła charakteryzowały się najniższą porowatością i gęstością pozorną.
4. Gęstość luźna złoza była niezależna od sposobu homogenizacji.

PIŚMIENNICTWO

- Flores-Martínez H., Osorio-Revilla G., Gallardo-Velazquez T., 2004. Optimal spray-drier encapsulation process of orange oil. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium, Sao-Paulo Brazil*, vol. A, 621-627.
- Floury J., Desrumaux A., Axelos M.A.V., Legrand J., 2003. Effect of high pressure homogenisation on methylcellulose as food emulsifier. *Journal of Food Engineering*, 58 (3), 227-238.
- Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voilley A., Saurel R., 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40 (9), 1107-1121.
- Jafari S.M., He Y., Bhandari B., 2007. Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. *Journal of Food Engineering*, 82 (4), 478-488.
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D., 2007. Effect of spray drying parameters on rosemary aroma microencapsulation. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57 (3), 41-43.
- Kim Y.D., Morr C.V., Schenz T.W., 1996. Microencapsulation properties of gum Arabic and several food proteins: liquid orange oil emulsion particles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1308-1313.
- Krishnan S., Amol C., Kshirsagar Rekha S., Sighal R.S., 2005a. The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of food flavoring agent. *Carbohydrate Polymer*, 62, 309-315.

- Krishnan S., Bhosale R., Singhal R., S., 2005b. Microencapsulation of cardamon oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymymer*, 61, 95-102.
- McClements D.J., Decker E.A., Weiss J., 2007. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. *Journal of Food Science*, 72 (8), R109-R124.
- Rascón a M.P., Beristain C.I., García H.S., Salgado M.A., 2011. Carotenoid retention and storage stability of spray-dried encapsulated paprika oleoresin using gum Arabic and Soy protein isolate as wall materials, *LWT - Food Science and Technology*, 44, 549-557.
- Ré M.I., 1998. Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16(6), 1195-1236.
- Reineccius G.A., 1988. Spray drying of food flavors. ACS Symposium series 370: flavor encapsulation (eds. S.J. Risch, G.A. Reineccius), Washington DC, American Chem. Society, 55-66.
- Risch S.J., Reineccius G.A., 1988. Spray-dried orange oil – Effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability. In: Risch, S.J., Reineccius, G.A. (Eds.), *Flavor Encapsulation*. ACS Symposium Series, vol. 370. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 67–77.
- Rosenberg M., Kopelman I.J., Talmon Y., 1990. Factors affecting retention in spray drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38 (5), 1288-1294.
- Sootitawat A., Takayam K., Okamura K., Muranaka D., Yoshii H., Furuta T., Ohkawara M., Linko P., 2005. Microencapsulation of l-menthol by spray drying and its release characteristics. *Innovative Food Sciences Emerging Technology*, 6, 163-170.
- Thies, C., 2004. Microencapsulation: What it is and purpose. In: Vilstrup, P. (Ed.), *Microencapsulation of Food Ingredients*. Leatherhead Publishing, Leatherhead, UK, 1-30.
- Tonon R., Brabet C., Hubinger M.D., 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88, 411-418.
- Walstra, P., 1975. Effect of homogenization on the fat globule size distribution in milk. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 29, 279-294.
- Yoshii H., Sootitawat A., Xiang-Dong Liu, Atarashi T., Furuta T., Aishima S., Ohgawara M., Linko P., 2001. Flavor release from spray-dried maltodextrin-gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 2, 55-61.
- Zbiciński I., Kwapińska M., 2003. Physical properties – formed during spray drying – of materials with the properties of an agglomerate. *Acta Agrophysica*, 2(2), 443-455.

INFLUENCE OF HOMOGENISATION ON PHYSICAL PROPERTIES OF LEMON AROMA MICROCAPSULES OBTAINED BY SPRAY DRYING METHOD

Emilia Janiszewska, Katarzyna Krupa, Dorota Witrowa-Rajchert

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW)
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: emilia_janiszewska@sggw.pl

Abstract. In the aroma micro-encapsulation process by spray drying, in addition to the choice of suitable carrier material and process parameters, the properties of powders, which also depend on the physical properties of the emulsion subjected to drying, have a significant impact on

the effectiveness of the capture of aroma. Therefore the aim of this study was to examine the relationship between the nature of the homogenisation method of lemon aroma emulsions, and selected physical properties of powders. Arabic gum was used as the carrier for the lemon aroma micro-encapsulation. For the analyses, solutions were prepared with a carrier concentration of 30%, the flavour addition being 6% of the total weight of the solution. The solutions were homogenised using single-pressure homogenisation at a pressure of 30 MPa, two-stage pressure homogenisation at pressures of 30 and 10 MPa at the first and second step and high speed mixer for 30 minutes at 24,000 rpm. Drying of the emulsion was carried out in a spray dryer, at disc speed of 39,000 rev min⁻¹ and a feed flux of $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ at inlet air temperature of 160°C. The emulsion obtained by high shear mixer homogenisation showed the highest viscosity. Slightly higher density was observed for emulsions obtained by two-step pressure homogenisation. Evaporation occurred the least intensively for powders obtained from the emulsion from two-stage pressure homogenisation, in which the water content was the highest. Powders based on the emulsion homogenised by mixer homogenisation were characterised by the lowest porosity, apparent density and bulk density. The highest values of all parameters was received for powders from the emulsion obtained in the process of two-stage pressure homogenisation.

Key words: apparent density, bulk density, equivalent diameter, spray drying, lemon flavour