

## STABILNOŚĆ REKONSTYTUOWANYCH EMULSJI Z DODATKIEM SKROBI TYPU OSA

*Jan Cenquier, Ewa Domian*

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa  
email: jan\_cenquier@sggw.pl

**Streszczenie.** Zbadano stabilność rekonstruowanych emulsji z dodatkiem modyfikowanej skrobi typu OSA i porównano ze stabilnością emulsji pierwotnych. Analizowano wpływ ciśnienia homogenizacji emulsji pierwotnej i udziału fazy tłuszczowej na stabilność emulsji, jak również na efektywność mikrokapsułkowania i wybrane właściwości użytkowe proszków otrzymywanych w wyniku suszenia rozpyłowego. Wykreślono profile stabilności emulsji przy zastosowaniu aparatu Turbiscan Lab® Expert. W wyniku suszenia rozpyłowego emulsji oleju rzepakowego z udziałem skrobi OSA otrzymano drobnoziarniste proszki, o słabej sypkości, niezbyt łatwo odtwarzalne w wodzie. Zmienny udział fazy olejowej miał wpływ na ilość tłuszczu wolnego na powierzchni cząstek i efektywność mikrokapsułkowania oleju, ale nie powodował istotnych zmian w wartościach współczynników sypkości oraz zwilżalności i dyspergowalności proszku w wodzie. Zawartość wolnego tłuszczu na powierzchni cząstek proszków zmniejszała się wraz ze zwiększeniem ciśnienia homogenizacji, niezależnie od proporcji składników emulsji. Stabilność emulsji sproszkowanych po odtworzeniu w wodzie nie różniła się istotnie w porównaniu do emulsji wyjściowych przed suszeniem. Stabilność emulsji polepszała się wraz ze zwiększeniem ciśnienia homogenizacji, zwłaszcza w przypadku emulsji o najniższym udziale fazy olejowej. Zastosowane w badaniach parametry homogenizacji ciśnieniowej pozwoliły uzyskać dostatecznie małe wymiary kuleczek tłuszczowych, gwarantujące stabilność emulsji pierwotnej i rekonstruowanej oraz efektywne mikrokapsułkowanie, gdy udział fazy tłuszczowej był na poziomie 20 i 40%.

**Słowa kluczowe:** mikrokapsułkowanie, skrobia OSA, stabilność emulsji

### WSTĘP

Skrobie modyfikowane typu OSA (sól sodowa oktenylobursztynianu sodowego) to rozpuszczalne w wodzie polimery aktywne powierzchniowo, które zarówno wspomagają emulgowanie, jak i stabilizują układy o charakterze emulsji typu

olej w wodzie (o/w). Suszenie rozpyłowe tego typu emulsji umożliwia mikrokapsułkowanie fazy olejowej w stałej matrycy otrzymywanego proszku (Tegge 2010). W mikrokapsułkowaniu bioaktywnych substancji lipidowych, skrobie typu OSA mogą być stosowane jako pojedynczy składnik matrycy lub łącznie z maltodekstrynami, syropem glukozowym czy niskocząsteczkowymi węglowodanami.

Sucha emulsja, czyli sproszkowana forma powstała z emulsji o/w, tzw. emulsji pierwotnej, może być nośnikiem rozpuszczalnych w oleju związków o działaniu prozdrowotnym, jak wielonienasycone kwasy tłuszczowe, przeciwutleniacze, sterole czy witaminy. Układ taki powinien mieć zdolność odtworzenia oryginalnej emulsji pierwotnej po ponownym uwodnieniu, co zapewnia biodostępność mikrokapsułkowanych składników (Domian i Wąsak 2008). Redyspergowalne emulsje suche są układami fizycznie i mikrobiologicznie stabilnymi i co ważne, mogą być otrzymywane z emulsji pierwotnych niekoniecznie wykazujących długoterminową stabilność. Przy właściwie dobranej recepturze i technologii wytwarzania emulsji pierwotnej, struktura cząstek proszku otrzymywanego po suszeniu powinna zapewnić długoterminową trwałość mikrokapsułkowanych substancji.

Zapewnienie wysokiej efektywności mikrokapsułkowania wymaga rozdrobnienia fazy olejowej do cząstek o średnicy poniżej 1mm, przy zastosowaniu odpowiedniej techniki homogenizacji, najczęściej ciśnieniowej. Taki rozmiar cząstek również wpływa korzystnie na stabilność wytworzonych emulsji.

Niestabilność emulsji jest często rezultatem dwóch odmiennych procesów fizycznych: zwiększania wielkości cząstek, związanego z koalescencją lub flokulacją, oraz migracji cząstek prowadzącej do śmietankowania lub sedymentacji. Turbidymetryczna metoda badania stabilności układów dyspersyjnych oparta na pomiarze intensywności światła transmisyjnego i wstecznie rozproszonego pozwala zarówno na wykrywanie tych zjawisk na bardzo wczesnym etapie, jak również kinetyczną analizę zmian tych procesów destabilizujących w czasie przewidzianym na magazynowanie emulsji (Mengual i in. 1999a,b).

W literaturze można znaleźć wiele prac poświęconych badaniom mechanizmów destabilizacji emulsji z wykorzystaniem aparatu Turbiscan Lab® Expert. Badano wpływ zawartości kazeinianu sodu i trehalozy oraz składu fazy tłuszczowej na stabilność emulsji wytworzonych z wykorzystaniem oleju rybiego, słonecznikowego lub oliwy z oliwek jako fazy tłuszczowej (Alvarez Cerimedo i in. 2010). Stwierdzono, że stabilność emulsji z dodatkiem kazeinianu sodu zależy nie tylko od stosunku zawartości białka i tłuszczu, ale również od parametrów procesu mikrokapsułkowania oraz składu fazy wodnej. Struktura białka oraz interakcje pomiędzy białkiem a cukrem odgrywały kluczową rolę w procesach flokulacji i śmietankowania. Inni autorzy (Day i in. 2007) badali wpływ składu surowcowego na stabilność emulsji oleju rybiego z dodatkiem kazeinianu sodu, oraz możliwości zastosowania technik spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego

(NMR) do obserwowania tych zmian. Stwierdzono wpływ udziału białka w formule na stabilność emulsji, oraz przydatność spektroskopii NMR w przeprowadzonych badaniach. W kolejnej pracy (Camino i Pilosof 2011) zbadano zachowanie czterech rodzajów hydroksypropylometylocelulozy (HPMC) przy wartości pH 3 i 6 oraz wpływ właściwości powierzchniowych na charakterystykę emulsji. Stwierdzono występowanie silnej korelacji pomiędzy właściwościami filmów olej-woda, lepkością fazy ciągłej i właściwościami emulsji o/w.

Celem badań było określenie wpływu ciśnienia homogenizacji na wybrane właściwości suchych emulsji z dodatkiem skrobi modyfikowanych typu OSA i ich stabilność po rekonstytucji w wodzie.

#### MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano handlowy preparat modyfikowanej skrobi typu OSA (sól sodowa oktenylobursztynianu sodowego E 1450) z tapioki i handlowy rafinowany olej rzepakowy jako modelową fazę tłuszczową emulsji.

Emulsje pierwotne o/w otrzymywano zgodnie z recepturą: 26,7%, 20% lub 13,3% skrobi OSA i odpowiednio 6,7%, 13,3% lub 20% oleju oraz woda destylowana do 100%. Zgodnie z powyższą proporcją składników, udział fazy tłuszczowej w emulsjach suchych, otrzymanych po suszeniu rozpyłowym emulsji pierwotnych, wynosił odpowiednio 20%, 40% lub 60%.

Emulsje pierwotne sporządzono z wykorzystaniem laboratoryjnego homogenizatora ciśnieniowego NS 1001L Panda, Niro Soavi. Emulsje homogenizowano dwustopniowo z zastosowaniem dwóch wariantów ciśnienia: 60 i 15 MPa oraz 20 i 5 MPa. Proces suszenia przeprowadzono w suszarce rozpyłowej Mobile Minor „2000” model G, Niro Gea przy temperaturze powietrza wlotowego i wylotowego odpowiednio 160 i 60°C oraz prędkości obrotowej dysku rozpyłowego 26000 rpm.

Stabilność emulsji pierwotnych i sproszkowanych emulsji po odtworzeniu w wodzie oznaczono przy użyciu aparatu Turbiscan Lab® Expert (Turbiscan Lab, Formulaction) mierząc intensywność światła o długości fali 880nm.

Przygotowane próbki emulsji skanowano na całej wysokości fiolki pomiarowej (55mm) w czasie do 60 min co minutę w temperaturze 25°C. Otrzymane profile odzwierciedlające stan badanych emulsji, oznaczają krzywe procentowego udziału światła wstecznie rozproszonego (BS) w funkcji wysokości fiolki, w której znajduje się próbka.

Sproszkowane emulsje poddano oznaczeniom następujących właściwości fizycznych: zawartość tłuszczu wolnego na powierzchni cząstek, gęstość nasypowa, gęstość cząstek, syplność oraz zwilżalność i dyspergowalność w wodzie.

Wybrane właściwości fizyczne suchych emulsji oznaczano stosując metody opracowane dla proszku mlecznego (Soerensen i in. 1978). Zawartość tłuszczu

wolnego na powierzchni cząstek suchej emulsji ( $T_p$ ) oznaczono poprzez ekstrakcję oleju zawartego w 10g proszku stosując 50 ml eteru naftowego jako rozpuszczalnik. Zwilżalność  $Z$  w wodzie o temperaturze 20°C oznaczono jako czas potrzebny do zwilżenia wszystkich cząstek proszku zawartych w 13 g masy. Dyspergowalność  $D$  oznaczano jako czas odtworzenia 13 g proszku w 100 ml wody o temperaturze 20°C z zastosowaniem ręcznego mieszania.

Gęstość cząstek  $\rho$  wyznaczano przy użyciu piknometru helowego Stereopycnometer/Quantachrome Instruments. Gęstość nasypową luźną  $\rho_L$  (gęstość nasypowa materiału luźno usypanego) i gęstość nasypową utrzęsioną  $\rho_T$  (gęstość nasypowa materiału upakowanego 1250 standardowymi postukiwaniem) oznaczano z wykorzystaniem objętościomierza wstrząsowego STAV 2003/Engelsmann AG, Niemcy. Sypkość wyrażano współczynnikiem Hausnera  $HR$ , jako stosunek gęstości nasypowych z zależności:  $HR = \rho_T \cdot \rho_L^{-1}$ .

Wszystkie oznaczenia zostały wykonane w co najmniej dwóch powtórzeniach. Celem sprawdzenia hipotezy o występowaniu statystycznie istotnego wpływu rodzaju emulsji na otrzymane wartości badanych właściwości fizycznych sproszkowanych emulsji, została przeprowadzona analiza wariancji ANOVA dwóch czynników: ciśnienia homogenizacji (poziomy 60 i 15MPa oraz 20 i 5 MPa), a także zawartości oleju roślinnego (poziomy: 20, 40 i 60%). Istotność różnic między średnimi dla kombinacji czynników testowano za pomocą testu Tukey'a HSD na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  z oznaczeniem jednorodnych grup średnich przy pomocy klasyfikacji literowej. Analizę wykonano w programie STATISTICA 9.0.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki pomiarów stabilności badanych emulsji w postaci profili wstecznego rozproszenia światła w czasie do 60 minut przedstawiono na rysunkach 1-3. Wsteczne rozproszenie mierzonego strumienia światła, zależne od rozmiaru cząstek i udziału rozproszonej fazy tłuszczowej pozwala uzyskać informacje o realnym stanie dyspersji (Mengual i in. 1999a, b). Oceniając stabilność poszczególnych emulsji, poprzez porównanie krzywych z kolejnych skanowań danej emulsji w czasie, stwierdzono, że emulsje z 20% i 40% udziałem fazy tłuszczowej były układami stabilnymi, zarówno przed suszeniem, jak i po odtworzeniu w wodzie, niezależnie od zastosowanego ciśnienia homogenizacji przy ich sporządzaniu. Świadczą o tym pokrywające się przebiegi profili otrzymany w kolejnych czasach skanowania poszczególnych emulsji (rys. 1 i 2). W przypadku próbek emulsji z 60% udziałem fazy tłuszczowej w suchej substancji, zauważono śmietankowanie oraz klarowanie, czyli zjawisko migracji cząstek, powodujące zmiany objętości frakcji w skrajnych częściach fiolki. W przypadku tych emulsji intensywność wstecznego

rozproszenia malała w dolnej części fiolki, w związku ze zmniejszeniem się koncentracji cząstek w tym rejonie (klarowanie) i wzrastała w jej górnej części wraz ze wzrostem koncentracji fazy rozproszonej (śmietankowanie) (rys. 3).

Wsteczne rozproszenie światła monochromatycznego jest funkcją średnicy cząstki i objętości fazy rozproszonej w dyspersji (Mengual i in. 1999a, b). Intensywność wstecznego rozproszenia światła wzrasta wraz ze wzrostem koncentracji fazy rozproszonej (Alvarez Cerimedo i in. 2010, Mengual i in. 1999b). Z kolei intensywność wstecznego rozproszenia w funkcji średnicy cząstek zależna jest od zakresu wielkości cząstek (Mengual i in. 1999b). Wartość BS wraz ze wzrostem wielkości cząstek zwiększa się dla cząstek o średnicy nie większej od długości fali światła podawanego i maleje dla cząstek odpowiednio większych od długości fali światła. Tak więc zmiany wstecznego rozproszenia na całej wysokości próbki lub środkowej jej części z kolejnych skanowań w czasie świadczą będą o zmianie wielkości cząstek na skutek agregacji czy koalescencji. Z kolei różnice w wartościach BS na całej wysokości fiolki dla próbek emulsji tego samego rodzaju mogą świadczyć o różnicach w homogeniczności średniej wielkości cząstek w analizowanych próbkach (Chauvierre i in. 2004, Palazolo i in. 2005).

Porównując profile przedstawione na rysunkach 1-3 obserwuje się większe wartości intensywności światła wstecznie rozproszonego na całej wysokości próbki lub w środkowej jej części wraz ze wzrostem udziału fazy tłuszczowej, wraz ze zmniejszeniem ciśnienia homogenizacji oraz w emulsjach rekonstruowanych w odniesieniu do emulsji pierwotnych. Zakładając, że średnica kuleczek olejowych w badanych emulsjach nie przekracza 1mm, obserwowaną drugą i trzecią zależność można wyjaśnić zmniejszaniem wielkości cząstek odpowiednio wraz ze wzrostem ciśnienia homogenizacji i w wyniku dodatkowego efektu homogenizacji emulsji pierwotnej podczas jej rozpylania w urządzeniu rozpylającym na etapie suszenia rozpyłowego.

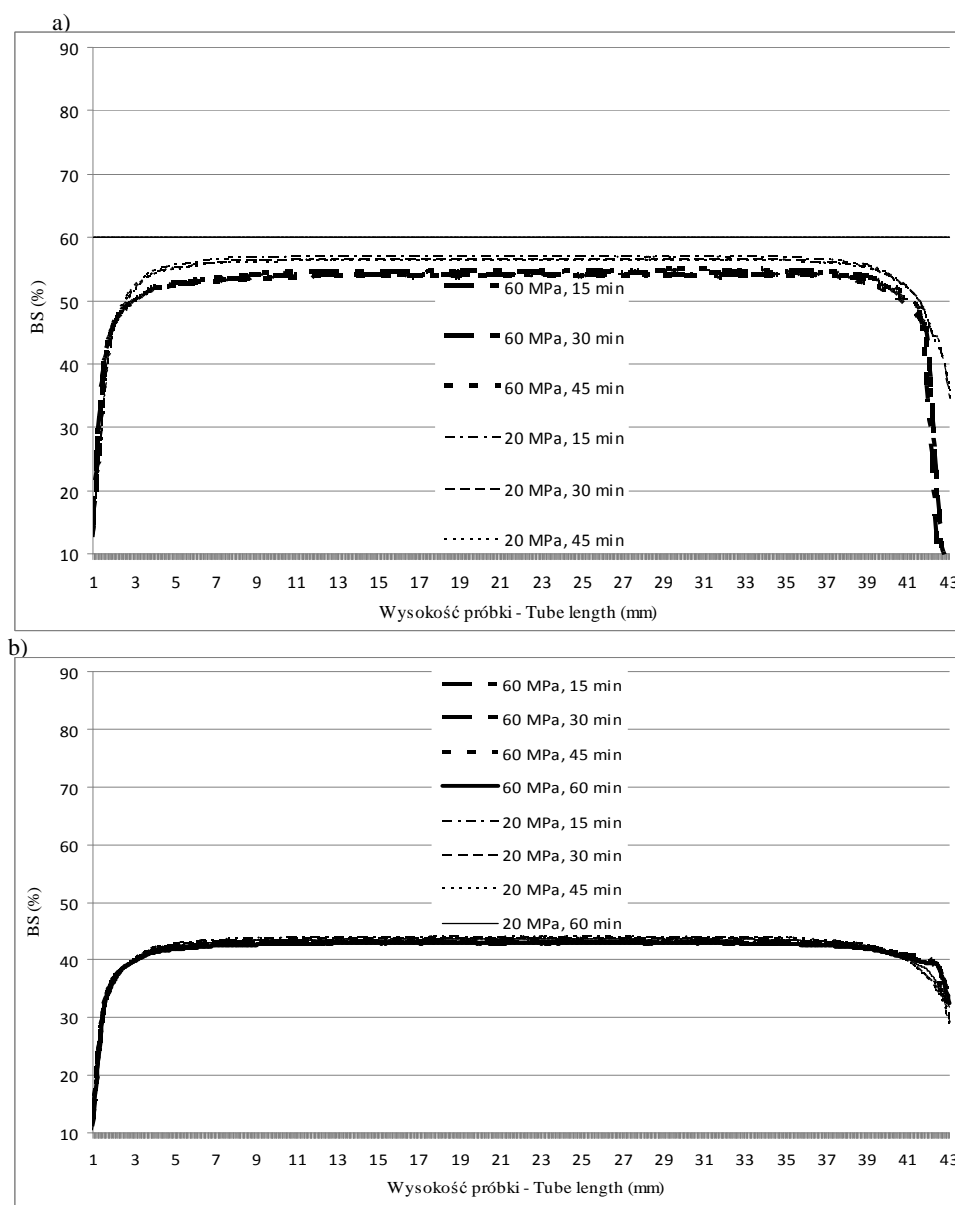
Potwierdzeniem powyższych spostrzeżeń mogłaby być dokładna analiza wielkości cząstek w emulsjach na poszczególnych etapach zastosowanej technologii. Należy jednak zaznaczyć, że analizy wielkości cząstek z zastosowaniem techniki laserowej lub mikroskopowej wymagają rozcieńczenia próbek emulsji, co może skutkować uzyskaniem parametrów różniących się od występujących w rzeczywistych dyspersjach skoncentrowanych (Camino i Pilosof 2011).

W tabeli 1 zestawiono wartości wybranych właściwości fizycznych sproszkowanych emulsji, decydujących o ich jakości, jak efektywność mikrokapsułkowania tłuszczu, oraz o ich właściwościach użytkowych, jak łatwość rekonstrukcji w wodzie czy łatwość dozowania.

Ilość tłuszczu wolnego, oznaczona jako ilość tłuszczu ekstrahowana rozpuszczalnikiem organicznym z suchych cząstek proszku, określa efektywność mikrokapsułkowania fazy tłuszczowej w badanym układzie. Tak oznaczona ilość tłuszczu wolnego mieściła się w zakresie 0,6-1,1 g·(100 g)<sup>-1</sup> proszku o udziale fazy tłuszczowej na poziomie 20 i 40%. Zwiększenie udziału fazy tłuszczowej w suchej emulsji do 60% wiązało się z istotnym zwiększeniem ilości tłuszczu wolnego do poziomu 25-27 g·(100 g)<sup>-1</sup> proszku. Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała również, że zwiększenie ciśnienia homogenizacji emulsji pierwotnej wiąże się z istotnym obniżeniem zawartości tłuszczu wolnego w suchej emulsji. Efektywność mikrokapsułkowania określająca stopień zamknięcia fazy tłuszczowej w macrycy proszku, wyrażana jest najczęściej jako różnica w ilości tłuszczu całkowitego i wolnego odniesiona do całkowitej ilości tłuszczu. Tak określona efektywność mikrokapsułkowania wynosi 95-98% dla emulsji zawierających 20 i 40% tłuszczu ogółem i 54-58% dla emulsji zawierających 60% tłuszczu ogółem (tab. 1). Wyniki te korelują z omawianą powyżej stabilnością emulsji. Sugeruje to, że zastosowane w badaniach parametry homogenizacji ciśnieniowej pozwoliły uzyskać dostatecznie małe wymiary kuleczek tłuszczowych, gwarantujące stabilność emulsji pierwotnej i rekonstruowanej oraz pomyślne mikrokapsułkowanie, gdy udział fazy tłuszczowej był na poziomie  $\leq 40\%$ . Świadczy to również o tym, że stosunkowo wysokie ciśnienie homogenizacji nie jest warunkiem koniecznym ku temu, by osiągnąć wysoką efektywność mikrokapsułkowania, gdy wybrano odpowiednią recepturę emulsji stabilizowanej skrobią modyfikowaną typu OSA.

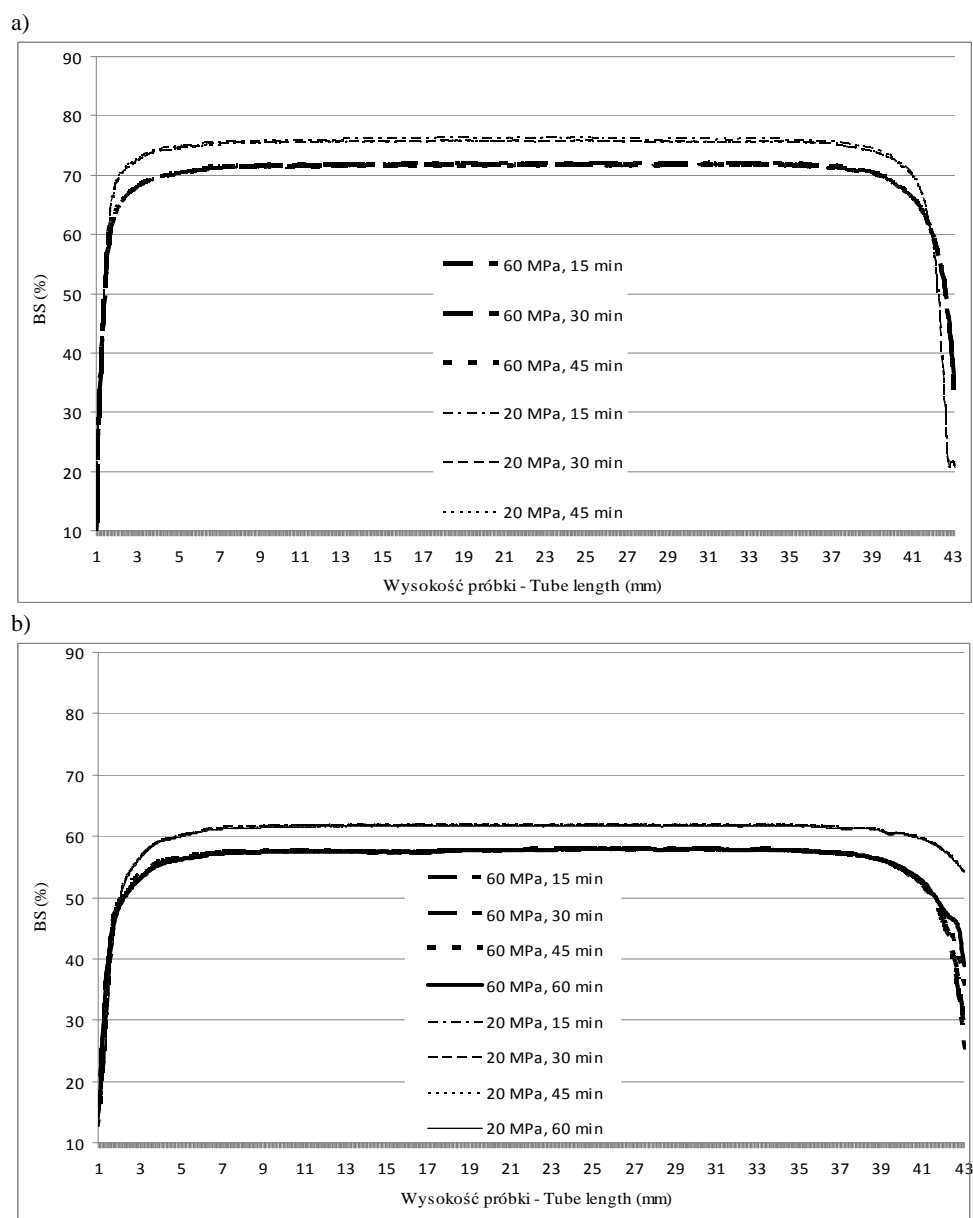
Sypkość proszków jest ważną cechą użytkową w takich operacjach jak transport, mieszanie, opróżnianie zbiorników, fluidyzacja czy dozowanie. Kohezja, którą definiuje się jako międzycząsteczkowe przyleganie, spójność, jest istotnie powiązana ze składem proszku i warunkami przechowywania. Biorąc pod uwagę fakt, że w skład suchych emulsji wchodzi wiele składników, a każdy z nich wnosi swój udział do kohezji, w odniesieniu do sproszkowanych emulsji problem kohezji staje się bardziej złożony. W literaturze stwierdzono, że zawarty w proszku mlecznym tłuszcz przyczynia się do dwukrotnego wzrostu kohezji przy zmianie temperatury od 30 do 65°C w porównaniu z proszkiem odtłuszczonym (De Jong i in. 1999). W innym badaniu wykazano, że zmycie części tłuszczu dla śmietanki w proszku związane było z poprawą sypkości mierzoną kątem nasypu (Kim i in. 2005).

Współczynnik Hausnera HR, będący wskaźnikiem sypkości proszków, jest miarą trudności w przemieszczaniu się cząstek w złożu podczas upakowania na skutek utrząsania, a więc również miarą makroskopowego płynięcia (Domian 2007). Im wyższa wartość tego współczynnika, tym spójniejszy proszek z powodu wzrastających sił międzycząsteczkowych. Zakłada się, że proszki o współczynniku



**Rys. 1.** Przebieg profilu wstecznego rozproszenia światła (BS) w funkcji wysokości próbki w czasie do 60 minut w zależności od ciśnienia homogenizacji: a) emulsja pierwotna, b) emulsja w proszku po odtworzeniu w wodzie. Udział fazy tłuszczowej w suchej masie emulsji 20%

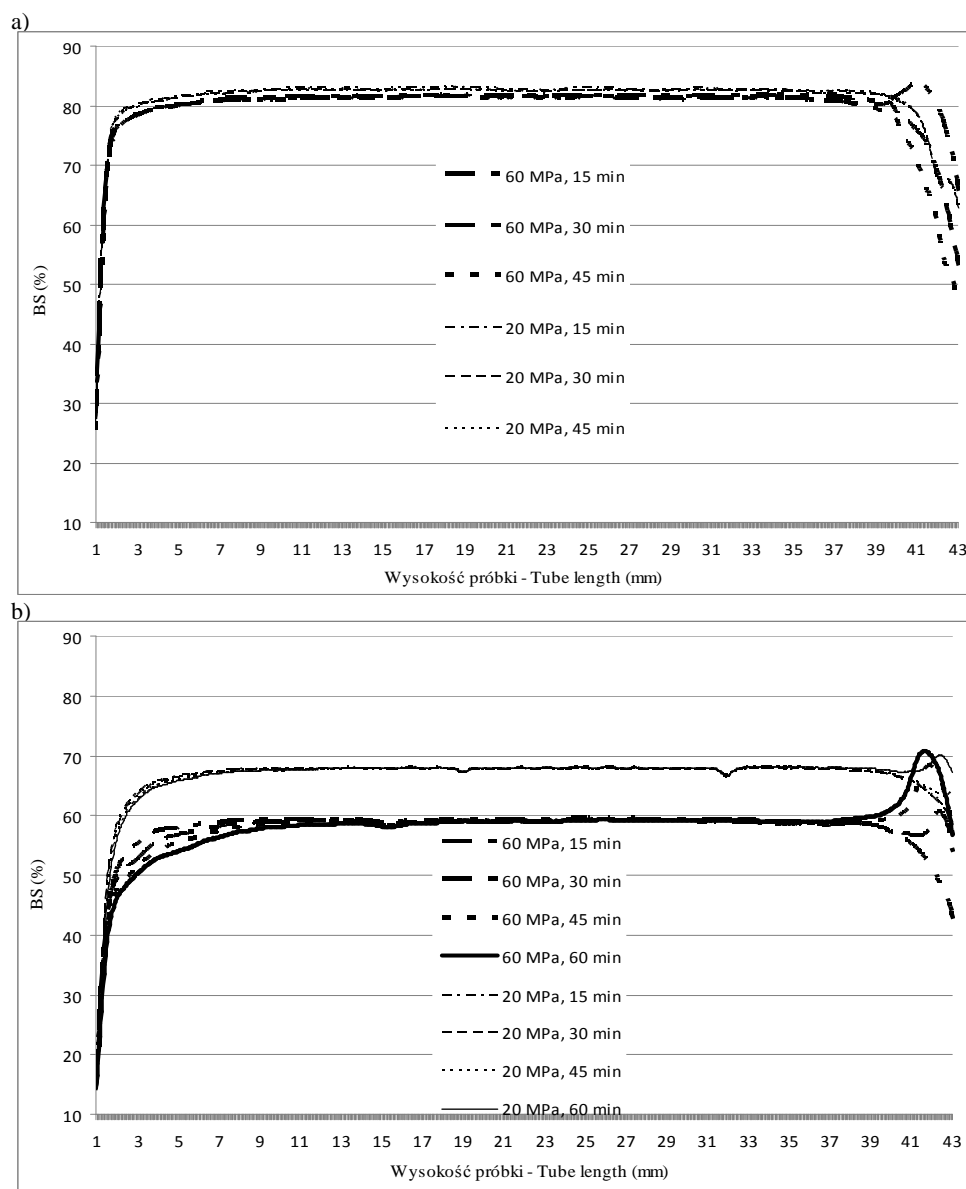
**Fig. 1.** The process of back scattering profile (BS) as a function of the tube length in relation to the pressure of homogenisation. a) primary emulsion, b) emulsion powder after reconstitution in water. The content of oil in emulsion dry matter is 20%



**Rys. 2.** Przebieg profilu wstecznego rozproszenia światła (BS) w funkcji wysokości próbki w czasie do 60 minut w zależności od ciśnienia homogenizacji: a) emulsja pierwotna, b) emulsja w proszku po odtworzeniu w wodzie. Udział fazy tłuszczowej w suchej masie emulsji 40%

**Fig. 2.** The process of back scattering profile (BS) as a function of the tube length in relation to the pressure of homogenisation. a) primary emulsion, b) emulsion powder after reconstitution in water. The content of oil in emulsion dry matter is 40%





**Rys. 3.** Przebieg profilu wstecznego rozproszenia światła (BS) w funkcji wysokości próbki w czasie do 60 minut w zależności od ciśnienia homogenizacji: a) emulsja pierwotna, b) emulsja w proszku po odtworzeniu w wodzie. Udział fazy tłuszczowej w suchej masie emulsji 60%

**Fig. 3.** The process of back scattering profile (BS) as a function of the tube length in relation to the pressure of homogenisation. a) primary emulsion, b) emulsion powder after reconstitution in water. The content of oil in emulsion dry matter is 60%

**Tabela 1.** Właściwości fizyczne emulsji w proszku  
**Table 1.** Physical properties of emulsion powders

Udział oleju w emulsji Amount of oil in emulsion (% s.s.)	Ciśnienie homogenizacji Pressure of homogenisation (MPa)	Efektywność mikrokapsułkowania Microencapsulation efficiency (%)	Czas zwilżania – Wettability (min)	Czas dyspergowania Dispersibility (min)	Sypkość (współczynnik Hausnera) <sup>1)</sup> Hausner ratio (-)	Gęstość cząstek – Particle density (kg·m <sup>-3</sup> )	Gęstość luźna – Loose density (kg·m <sup>-3</sup> )
20	60 i 15	97 <sup>a</sup>	>10	>5	1,46 <sup>a</sup>	1051 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>
20	20 i 5	95 <sup>a</sup>	>10	>5	1,46 <sup>a</sup>	997 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
40	60 i 15	98 <sup>a</sup>	>10	>5	1,38 <sup>a</sup>	1062 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
40	20 i 5	98 <sup>a</sup>	>10	>5	1,44 <sup>a</sup>	1058 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
60	60 i 15	58 <sup>b</sup>	>10	>5	1,39 <sup>a</sup>	1012 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>
60	20 i 5	54 <sup>b</sup>	>10	>5	1,47 <sup>a</sup>	1021 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>

a,b – jednorodne grupy średnich dla kombinacji czynników: udziału oleju w emulsji i ciśnienia homogenizacji – a, b – homogeneous groups of means for combination of two factors: amount of oil in emulsion and pressure of homogenization.

Hausnera 1-1,25 są swobodnie płynące, proszki o współczynniku 1,25-1,4 są łatwo płynące, a proszki o współczynniku HR większym od 1,4 – kohezyjne (De Jong i in. 1999, Santomaso i in. 2003). Uzyskane suche emulsje, niezależnie od udziału fazy tłuszczowej i ciśnienia homogenizacji emulsji pierwotnej, na podstawie współczynnika HR przyjmującego wartości w zakresie 1,37-1,46 scharakteryzowano jako kohezyjne, słabo sypkie (tab. 1). O kohezyjności badanych suchych emulsji decydował mały wymiar cząstek proszku (<50 μm), a nie udział tłuszczu na ich powierzchni.

Inną ważną cechą użytkową proszków jest ich łatwość rekonstrukcji w wodzie. Rekonstrukcja proszku to zjawisko składające się z kilku następujących faz: zwilżania, przenikania wody do cząstek proszku, opadania, rozpraszania i rozpuszczania. Czasy zwilżania i dyspergowania są najczęściej stosowanymi para-

metrami oceny kontroli rekonstytucji. Zwilżalność zależy od wielkości, gęstości i porowatości cząstek, a także aktywności i ładunku powierzchni proszku. Natomiast dyspergowalność oznacza zdolność proszku do rozpadu na pojedyncze cząstki w objętości cieczy podczas mieszania w ustalonych warunkach, korzystnie bez grudkowania i kłaczkowania. Niezależnie od rodzaju badane suche emulsje z powodu małych wymiarów cząstek, niskiej gęstości cząstek (bliskiej gęstości wody), niskiej gęstości nasypowej, oraz hydrofobowości powierzchni cząstek charakteryzowały się słabą odtwarzalnością w wodzie. Czas zwilżania i dyspergowania każdej emulsji przekraczał odpowiednio 10 i 5 minut.

#### WNIOSKI

1. W wyniku suszenia rozpyłowego emulsji oleju rzepakowego z udziałem skrobi OSA otrzymano drobnoziarniste proszki, o słabej sypkości, niezbyt łatwo odtwarzalne w wodzie.

2. Zmienny udział fazy olejowej miał wpływ na ilość tłuszczu wolnego na powierzchni cząstek i efektywność mikrokapsułkowania oleju, ale nie powodował istotnych zmian w wartościach współczynników sypkości oraz zwilżalności i dyspergowalności proszku w wodzie.

3. Zawartość wolnego tłuszczu na powierzchni cząstek proszków zmniejszała się wraz ze zwiększeniem ciśnienia homogenizacji, niezależnie od proporcji składników emulsji.

4. Stabilność emulsji sproszkowanych po odtworzeniu w wodzie nie różniła się istotnie w porównaniu do emulsji wyjściowych przed suszeniem. Stabilność emulsji polepszała się wraz ze zwiększeniem ciśnienia homogenizacji, zwłaszcza w przypadku emulsji o najniższym udziale fazy olejowej.

5. Zastosowane w badaniach parametry homogenizacji ciśnieniowej pozwoliły uzyskać dostatecznie małe wymiary kuleczek tłuszczowych, gwarantujące stabilność emulsji pierwotnej i rekonstruowanej oraz efektywne mikrokapsułkowanie, gdy udział fazy tłuszczowej był na poziomie 20 i 40%.

#### PIŚMIENNICTWO

- Alvarez Cerimedo M.S., Iriart C.H., Candal R.J., Herrera M.L., 2010. Stability of emulsions formulated with high concentrations of sodium caseinate and trehalose, *Food Res. Int.*, 43, 1482-1493.
- Camino N.A., Pilosof A.M.R., 2011. Hydroxypropylmethylcellulose at the oil-water interface. Part II. Submicron-emulsions as affected by pH. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1051-1062.
- Chauvierre C., Labarre D., Couvreur P., Vauthier C., 2004. A new approach for the characterization of insoluble amphiphilic copolymers based on their emulsifying properties. *Colloid and Polymer Science*, 282(10), 1097-1104.

- Day L., Xu M., Hoobin P., Burgar I., Augustin M.A., 2007. Characterisation of fish oil emulsions stabilized by sodium caseinate; *Food Chem.* 105(2), 469-479.
- De Jong J.A.H., Hoffmann A.C., Finkers H.J., 1999. Properly determine powder flowability to maximize plant output. *Chemical Eng. Progress* 95(4): 25-34.
- Domian E., 2007. Gęstość i syckość wybranych produktów spożywczych w proszku, w: *Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców roślinnych i produktów spożywczych*. Red. B. Dobrzański Jr i L. Mieszalski, Komitet Agrofizyki PAN, Wyd. Nauk. FRNA, 96-108.
- Domian E., Wąsák I., 2008. Microencapsulation of rapeseed oil based on the spray drying method, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 58(4), 477-483.
- Kim E.H.J., Chen X.D., Pearce D., 2005. Effect of surface composition on the flowability of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids and surfaces B – Biointerfaces*, 46(3), 182-187.
- Mengual O., Meunier G., Cayre I., Puech K., Snabre P., 1999a. Characterisation of instability of concentrated dispersions by a new optical analyzer: the TURBISCAN MA 2000, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 152 (1-2), 111-123.
- Mengual O., Meunier G., Cayre I., Puech K., Snabre P., 1999b. TURBISCAN MA 2000: multiple light scattering measurement for concentrated emulsion and suspension instability analysis, *Talanta*, 50(2), 445-456.
- Palazolo G., Sorgentini D.A., Wagner J.R., 2005. Coalescence and flocculation in o/w emulsions of native and denatured whey soy proteins in comparison with soy protein isolates, *Food Hydrocolloids*, 19(3), 595-604.
- Santomaso A., Lazzaro P., Canu P., 2003. Powder flowability and density ratios: the impact of granules packing *Chemical Engineering Science*, 58(13), 2857-2874.
- Soerensen J.H., Krag J., Pisecky J., Westergaard V., 1978. *Analytical methods for dry milk products*. A/S Niro Atomizer Copenhagen, Denmark.
- Tegge G., 2010. Skrobia i jej pochodne. PTTŻ, Kraków, 192-193.

## STABILITY OF RECONSTITUTED EMULSIONS WITH AN ADDITION OF OSA STARCH

*Jan Cenkier, Ewa Domian*

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Science,  
SGGW – Warsaw University of Life Sciences  
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa  
email: jan\_cenkier@sggw.pl

**Abstract.** Stability of reconstituted emulsions with an addition of modified n-OSA starch was examined and collated with stability of fresh emulsions. The influence of pressure of homogenisation and amount of fat in emulsion on the stability of emulsion, effectiveness of microencapsulation and selected utility features of powders obtained by spray-drying was determined. The profiles of stability were plotted with the use of Turbiscan Lab® Expert apparatus. As a result of spray drying of rapeseed oil emulsions with an addition of OSA starch, fine, cohesive and not easy to reconstitute powders were obtained. Variable amount of oil phase exerted an influence on the amount of surface fat and microencapsulation effectiveness, but did not cause any significant changes in the values of Hausner ratio, wettability and dispersibility of the powders. The amount of surface fat was decreasing with increase in the pressure of homogenisation, irrespective of the proportions of the ingredients. There was no significant difference in the stability of emulsions between fresh emulsions and

---

dry emulsions after reconstitution. Stability of emulsions was increasing with increase in the pressure of homogenisation, especially in the case of emulsions with the lowest amount of oil phase. Parameters of homogenisation applied in the experiment enabled us to obtain fatty globules small enough to guarantee stability of fresh and dry emulsions as well as effective microencapsulation when the amount of oil phase was 20% and 40%.

Keywords: microencapsulation, OSA starch, stability of emulsion