

PODATNOŚĆ NA ZBRYLANIE SUSZONYCH ROZPYŁOWO EMULSJI STABILIZOWANYCH BIAŁKAMI MLEKA

Aleksandra Sulek, Ewa Domian

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa
e-mail: aleksandra_sulek@sggw.pl

Streszczenie. Sproszkowane preparaty tłuszczowe to najczęściej wysuszone rozpyłowo emulsje typu olej w wodzie. Efektywne suszenie rozpyłowe emulsji stabilizowanych białkami mleka polega na wytworzeniu takiej stałej matrycy, która gwarantuje jak najniższy udział tłuszczu wolnego. Skuteczną matrycę ścianki stanowi amorficzna struktura cukrów. Szklista matryca dobrze chroni tłuszcz przed dostępem tlenu i umożliwia łatwą rekonstrukcję proszku w wodzie, ale decyduje o wysokiej higroskopijności i podatności materiału na zbrylanie, co wiąże się z pogorszeniem jakości, obniżeniem rozpuszczalności i utratą sypkości. W pracy zbadano higroskopijność i podatność za zbrylanie suszonych rozpyłowo emulsji zawierających w składzie: 5% kazeinianu sodu lub izolatu białek serwatkowych, 59 i 39% maltodekstryny lub trehalozy i odpowiednio 35 i 55% oleju rzepakowego. Określono ilość zaadsorbowanej wody, aktywność wody i poziom zbrylenia po 1 i 2 dniach przechowywania proszków w środowisku o wilgotności względnej 43,9% i 64,8%. Aktywność wody w zakresie 0,37-0,4 determinowała zjawisko zbrylenia proszków, które obserwowano w drugiej dobie przechowywania przy wilgotności względnej 43,9% i w pierwszej dobie przy wilgotności 64,8%, zarówno sproszkowanych emulsji z dodatkiem trehalozy, jak i w emulsjach z dodatkiem maltodekstryny. Sproszkowane emulsje zawierające trehalozę wykazywały wyższy poziom zaadsorbowanej wody i wyższą aktywność wody w porównaniu do emulsji z udziałem maltodekstryny w składzie, niezależnie warunków przechowywania.

Słowa kluczowe: zbrylanie, higroskopijność, suszenie rozpyłowe, białka mleka

WSTĘP

Procesy innowacyjne w produkcji żywności opierają się na coraz szerszym stosowaniu dodatkowych substancji opartych na surowcach naturalnych w odpowiedniej i trwałej formie (Gouin 2004, Lee i Ying 2008). Takim przykładem są mikrokapsułkowane oleje roślinne, zaliczane do dodatków funkcjonalnych ze

względu na obecność w nich związków bioaktywnych (kwasów wielonienasyconych, przeciwutleniaczy, witamin, steroli). Tego typu preparaty mogą być otrzymywane poprzez suszenie rozpyłowe emulsji stabilizowanych białkami mleka z dodatkiem cukrów (Vega i Ross 2006, Domian i Wąsak 2008, Domian i Oręziak 2010).

Na strukturę cząstek wysuszonego proszku, zapewniającą kapsułkowanie oleju w stałej matrycy białkowo-cukrowej, ma wpływ dobór ilościowy i jakościowy składników emulsji oraz parametrów procesowych homogenizacji i suszenia (Domian i Wąsak 2008, Lee i Ying 2008, Sułek i Domian 2010). Białka mleka, ze względu na swoje właściwości powierzchniowe, głównie pełnią rolę koloidu stabilizującego emulsję, a cukry rolę wypełniacza w tworzeniu stałej matrycy proszku (Vega i Ross 2006). Skuteczną matrycę ścianki dla emulsji stanowią amorficzne (szkliste) struktury cukrów, formujące się na skutek szybkiego usuwania wody podczas suszenia (Vignolles i in. 2007). Niewskazane jest stosowanie cukrów redukujących ze względu na niebezpieczeństwo wywołania reakcji Maillarda, które prowadzą do brązowienia produktu, zmniejszenia rozpuszczalności, obniżenia wartości odżywczej i strat aminokwasów egzogennych, głównie lizyny (Vignolles i in. 2007). W tym kontekście trehaloza, w porównaniu do powszechnie stosowanych syropów glukozowych, maltodekstryn czy laktozy, wydaje się obiecującym cukrem, który może być z powodzeniem stosowany w tworzeniu matrycy cząstek o odpowiedniej strukturze (Imamura i in. 2000). Szklista matryca dobrze chroni tłuszcz przed dostępem tlenu, umożliwia łatwą rekonstytucję proszku w wodzie, ale decyduje o wysokiej higroskopijności i podatności materiału na zbrylanie, co wiąże się z pogorszeniem jakości, obniżeniem rozpuszczalności i utratą sypkości (Bhandari i Hartel 2005, Palzer 2010).

Celem pracy była analiza wpływu rodzaju składnika węglowodanowego i jego udziału w suchej masie emulsji na higroskopijność i podatność na zbrylanie suszonych rozpyłowo emulsji stabilizowanych białkami mleka.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano surowce: R – olej rzepakowy (ZT „Kruszwica” S.A.), M – maltodekstryna DE 28 (Amylon), T – trehaloza (Hayashibara), S – izolat białek serwatkowych (Carbery), K – kazeinian sodu (Polsero) i sól emulgującą w postaci mieszaniny di- i trifosforanów sodu i potasu (Chemische Fabrik Budenheim). Sporządzono 4 rodzaje emulsji: K:R:T, S:R:T, K:R:M, S:R:M, każdą w dwóch wariantach proporcji składników, białkowego (K lub S), tłuszczowego (R), węglowodanowego (M lub T) i soli emulgującej, odpowiednio 5:35:59:1 i 5:55:39:1.

Emulsje o koncentracji suchej masy 40% sporządzono z wykorzystaniem laboratoryjnego homogenizatora ciśnieniowego Panda NS 1001L, Niro Soavi, Italy (dwustopniowa homogenizacja przy ciśnieniu 60 i 15 MPa). Suszenie rozpyłowe przeprowadzono w laboratoryjnej suszarce rozpyłowej MOBILE „2000” GEA NIRO, Dania przy temperaturze powietrza wlotowego $160 \pm 2^\circ\text{C}$ i wylotowego $60 \pm 2^\circ\text{C}$ oraz prędkości obrotowej dysku rozpylającego $30000 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Higroskopijność i poziom zbrylenia sproszkowanych emulsji oceniano po 24 i 48 godzinach przechowywania próbek (o masie około 3 g) w eksykatorach, w środowisku o wilgotności względnej RH 43,9% i 64,8% w temperaturze 25°C . Po określonym czasie przechowywania przy danej wilgotności RH próbki ważono (na podstawie przyrostu masy obliczano zawartość wody) i dokonywano pomiaru aktywności wody w próbce w aparacie Hygroskop DT (Rotronic AG, Szwajcaria) w temperaturze 25°C . Poziom zbrylenia proszków oceniano w trójstopniowej skali: □ – brak zbryleń; ▣ – nietrwałe zbrylenie z grudkami rozpadającymi się po 10-krotnym miarowym potrząsaniu naczynkiem; ▤ – trwałe zbrylenie (tab. 1, tab. 2), częściowe lub całkowite skawalenie z bryłkami utrzymującymi się po potrząsaniu naczynkiem (Domian i Włodarska 2007).

Wszystkie oznaczenia wykonano co najmniej w dwóch powtórzeniach. Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono przy wykorzystaniu pakietu statystycznego Statistica 9.0. W celu sprawdzenia hipotezy o występowaniu istotnego wpływu składu surowcowego emulsji na uzyskane wartości badanych właściwości, przeprowadzono analizę wariancji ANOVA trzech czynników: rodzaj składnika węglowodanowego (poziomy: maltodekstryna, trehaloza), udział składnika węglowodanowego (poziomy: 39% i 59%) i rodzaj składnika białkowego (poziomy: kazeinian sodu i izolat białka serwatkowego). Do oceny różnic pomiędzy wartościami średnimi wyników posłużono się testem Duncana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ z oznaczeniem jednorodnych grup średnich przy pomocy klasyfikacji literowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Higroskopijność suszy wiąże się ze zdolnością do pochłaniania wilgoci w środowisku wilgotnym. Nadmiar wody wywołuje szereg niepożądanych zmian w produkcie obniżających jego stabilność. O charakterze tych zmian decyduje dostępność wody, zależna od stanu jej powiązań z pozostałymi składnikami produktu, określana aktywnością wody (Ross 1993, Domian i Lenart 1999). Zbrylanie proszków na skutek adsorpcji wody z otoczenia to typowe niekorzystne zjawisko dla tego typu materiałów. Zbrylanie, objawiające się przekształceniem sypkiej formy proszku do grudek, brył i ostatecznie całkowitym skawaleniem, wiąże się z obniżeniem jakości, utratą funkcjonalności, czyni materiał nieakceptowanym. Podatność na zbry-

lanie dotyczy szczególnie materiałów zawierających niskocząsteczkowe cukry w stanie amorficznym (Ross 1993, Bhandari i Hartel 2005, Palzer 2010).

Do wyjaśnienia zjawiska zbrylania i jego przewidywania wykorzystuje się koncepcję stanu wody w żywności opartą na pojęciu aktywności wody, jak i na temperaturze przemiany szklistej T_g amorficznych składników. Szkliska amorficzne mają strukturę cieczy, ale właściwości ciała stałego. W temperaturze poniżej temperatury przejścia szklistego T_g zachowują się jak ekstremalnie lepkie ciecze o lepkości powyżej 10^{12} Pas i przyjmują charakter ciała mechanicznie stałego, sztywnego, twardego, kruche (Ross 1993, Pałacha 2007). Temperatura zapewniająca długoterminową stabilność proszków dotyczy zakresu poniżej temperatury T_g . W temperaturze powyżej T_g lepkość szkła obniża się i staje się ono kleiste. Wykazano, że krytyczna lepkość około 10^7 Pas, nadająca kleistość proszkom, osiągnięta jest w temperaturze o $10\text{--}20^\circ\text{C}$ wyższej od temperatury T_g (Pałacha 2007, Sillick i Gregson 2010). W stanie bezwodnym większość biopolimerów (skrobie, gumy) posiada temperaturę T_g około 200°C , większość disacharydów (sacharoza, maltoza, trehaloza, laktoza) od 60 do 100°C , większość monosacharydów (fruktoza, glukoza) od 5 do 30°C i w miarę ich uwadniania temperatura ta obniża się. W literaturze można znaleźć wartości tzw. krytycznej aktywności a_w^* tj. aktywności wody odpowiadającej takiej zawartości wody, dla której T_g amorficznego cukru przyjmuje wartość 25°C (Miao i Ross 2005). Wartości a_w^* wyznacza się na podstawie izoterm sorpcji wody, przedstawiających zależność między aktywnością wody i zawartością wody, w powiązaniu z temperaturą T_g w funkcji zawartości wody (Roos 1993). a_w^* przyjmuje odpowiednio wyższe wartości dla wysokocząsteczkowych polimerów, niższe dla niskocząsteczkowych cukrów. Przykładowo a_w^* wynosi: dla maltodekstryny o ekwiwalencie glukozowym DE5 około $0,8$, syropu glukozowego o DE 34-38 $\sim 0,39$ (Roos 1993, Sillick i Gregson 2010) oraz $\sim 0,25$, $\sim 0,35$ i $\sim 0,39$ odpowiednio w przypadku sacharozy, maltozy i laktozy, dwucukrów o tej samej masie cząsteczkowej (Roos 1993, Omar i Roos 2007, Sillick i Gregson 2010). Parametr a_w^* jest niezwykle użyteczny w przewidywaniu warunków przechowywania proszków zawierających amorficzne cukry. Tak więc można oczekiwać zbrylenia proszku przy wilgotności względnej powietrza RH wyższej od wartości $a_w^* \cdot 100$ jego składników. Na szybkość przylepiania i stopień zbrylenia proszku w czasie mogą mieć wpływ różne czynniki, jak rodzaj i ilość amorficznych cukrów, podatność cukru na krystalizację, obecność innych substancji w układzie, szybkość dyfuzji zaadsorbowanej wilgoci do wnętrza upakowanego złoza proszku (Domian i Lenart 1999, Miao i Ross 2005, Domian i Włodarska 2007).

W bieżącej pracy ocenie higroskopijności i podatności na zbrylanie poddano suszone rozpyłowo emulsje zawierające w składzie amorficzną maltodekstrynę DE28 lub trehalozę. Wyniki zawartości wody, aktywności wody i stopnia zbryle-

nia proszków po przechowywaniu w środowisku o wilgotności względnej RH 43,9% i 64,8% i temperaturze 25°C zestawiono w tabelach 1 i 2.

Zawartość wody w proszkach wzrosła od początkowego poziomu 1,5-1,9 g·(100 g s.s.)⁻¹ do 3-4,5 g·(100 g s.s.)⁻¹ i do 3,2-6,1 g·(100 g s.s.)⁻¹ odpowiednio po 1 i 2 dniach przechowywania przy RH 43,9% oraz do 5,5-8,2 g·(100 g s.s.)⁻¹ i do 5,5-7,5 g·(100 g s.s.)⁻¹ odpowiednio po 1 i 2 dniach przechowywania przy RH 64,8% (tab. 1). Należy zauważyć, że sproszkowane emulsje zawierające trehalozę wykazywały zmniejszenie zawartości wody w drugiej dobie przechowywania, co spowodowane było efektem krystalizacji trehalozy. Poziom zaadsorbowanej wody był wystarczający na zainicjowanie przemiany amorficznej trehalozy do stanu krystalicznego, której towarzyszyło wydzielanie nadmiaru zaadsorbowanej wody przez powstające struktury krystaliczne (Miao i Ross 2005, Hunter i in. 2010). Podobne zjawisko krystalizacji dwucukru w powiązaniu z sorpcją pary wodnej obserwuje się w przypadku laktozy w wysuszonych produktach mleczarskich (Domian i Lenart 1999, Özkan i in. 2002, Domian i Włodarska 2007).

Analiza ANOVA wpływu trzech czynników: rodzaju składnika węglowodanowego, udziału składnika węglowodanowego i rodzaju składnika białkowego na średni poziom zawartości wody po 1 lub 2 dniach przechowywania przy RH 43,9% lub 64,8%, wykazała istotny wpływ czynnika pierwszego i czynnika drugiego, brak wpływu czynnika trzeciego oraz współdziałanie trzech analizowanych czynników. Ocena efektów głównych czynników pokazała oczekiwany wyższy poziom zaadsorbowanej wody w emulsjach o wyższym udziale składnika węglowodanowego oraz w emulsjach zawierających w składzie trehalozę. Ocena efektów interakcji pokazała, że zarówno wpływ udziału węglowodanu, jak i rodzaju węglowodanu na średni poziom zawartości wody zależy od poziomu pozostałych czynników, co potwierdziła weryfikacja hipotez szczegółowych istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi wyników z wyznaczeniem wielu jednorodnych grup średnich (tab. 1).

Aktywność wody odpowiadająca ilości zaadsorbowanej wody przyjmowała wartości w zakresie 0,33-0,39 i 0,37-0,40 odpowiednio po 1 i 2 dniach przechowywania przy wilgotności RH 43,9% oraz 0,49-0,67 i 0,55-0,60 odpowiednio po 1 i 2 dniach przechowywania przy RH 64,8% (tab. 2). Analiza ANOVA wpływu trzech czynników: rodzaju składnika węglowodanowego, udziału składnika węglowodanowego i rodzaju składnika białkowego na średni poziom aktywności wody po 1 lub 2 dniach przechowywania przy RH 43,9% lub 64,8%, wykazała, że istotnym okazał się tylko efekt czynnika drugiego przy braku interakcji pomiędzy czynnikami. Tak więc, aktywność wody sproszkowanych emulsji z wyższym udziałem węglowodanu na poziomie 59% była istotnie mniejsza niż aktywność

wody proszków z udziałem węglowodanu na poziomie 39%, niezależnie od rodzaju węglowodanu i rodzaju składnika białkowego. Wynika z tego, że w skutek adsorpcji wody średnią wartość aktywności wody różnicowały tylko poziomy udziału węglowodanu, zarówno w emulsjach zawierających maltodekstrynę, jak i trehalozę oraz w emulsjach stabilizowanych kazeinianem sodu, jak i izolatem białek serwatkowych, niezależnie od różnic w ilości zaadsorbowanej wody. Ponadto, można stwierdzić, że dostępność zaadsorbowanej wody, charakteryzowana aktywnością wody, zmniejszała się wraz ze zwiększającą się proporcją udziału cukru w stosunku do białka w układzie.

Tabela 1. Zawartość wody i poziom zbrzylenia w suszonych rozpyłowo emulsjach po 1 i 2 dniach przechowywania w środowisku o wilgotności względnej RH 43,9 i 64,8%

Table 1. Water content and level of caking in the spray dried emulsion after 1 and 2 days in an environment of relative humidity RH 43.9 and 64.8%

Emulsja ¹ Emulsion ¹	Zawartość wody g·(100 g s.s.) ⁻¹ i poziom zbrzylenia ² Water content g (100 g d.m.) ⁻¹ and level of caking ²				
	początkowa initial	po przechowywaniu RH 43,9% after storage at RH 43.9%		po przechowywaniu RH 64,8% after storage at RH 64.8%	
		–	1 dzień 1 day	2 dni 2 days	1 dzień 1 day
K5:R35:T59	1,75±0,40 ^a	4,54±0,13 ^d	5,30±0,04 ^e	8,21±0,05 ^a	7,48±0,11 ^a
S5:R35:T59	1,53±0,43 ^a	4,24±0,05 ^c	4,99±0,06 ^d	7,83±0,04 ^d	7,16±0,02 ^d
K5:R35:M59	1,68±0,14 ^a	3,53±0,08 ^{a,b}	3,85±0,07 ^c	5,63±0,19 ^{a,b}	7,24±0,05 ^{a,d}
S5:R35:M59	1,93±0,05 ^a	3,66±0,22 ^{b,c}	6,10±0,20 ^f	5,73±0,04 ^b	7,28±0,08 ^a
K5:R55:T39	1,16±0,04 ^a	4,03±0,04 ^{a,b}	4,37±0,00 ^{b,c}	5,54±0,0c	5,47±0,04 ^b
S5:R55:T39	1,38±0,07 ^a	3,94±0,01 ^{a,b}	4,21±0,05 ^{d,e}	5,71±0,03 ^{a,c}	5,57±0,03 ^b
K5:R55:M39	1,91±0,22 ^a	3,01±0,00 ^a	3,22±0,01 ^{a,b}	5,50±0,13 ^{a,b}	5,61±0,10 ^c
S5:R55:M39	1,86±0,08 ^a	3,05±0,03 ^a	3,25±0,02 ^a	5,61±0,1 ^{a,b}	5,69±0,18 ^c

¹Litery oznaczają składnik emulsji: K – kazeinian sodu, S – izolat białek serwatkowych, T – trehaloza, M – maltodekstryna, liczby oznaczają udział składnika w % suchej masy emulsji – ¹Letters indicate the emulsion component: K – sodium caseinate, S – whey protein isolate, T – trehalose, M – maltodextrin, numbers indicate component content in % of dry emulsion,

²Poziom zbrzylenia: □ brak zbrzylenia, ▒ nietrwale zbrzylenia, ■ trwale zbrzylenie – ²Level of caking: □ lack of caking, ▒ unstable caking, ■ stable caking,
a, b, c, d, e, f – grupy jednorodne w kolumnie – a, b, c, d, e, f – homogeneous groups in a column.

Tabela 2. Aktywność wody i poziom zbrylenia w suszonych rozpyłowo emulsjach po 1 i 2 dniach przechowywania w środowisku o wilgotności względnej RH 43,9 i 64,8%

Table 2. Water activity and level of caking in the spray dried emulsion after 1 and 2 days in an environment of relative humidity RH 43.9 and 64.8%

Emulsja ¹ Emulsion ¹	Aktywność wody i poziom zbrylenia ² Water activity and level of caking ²				
	początkowa initial	po przechowywaniu RH 43,9% after storage at RH 43.9%		po przechowywaniu RH 64,8% after storage at RH 64.8%	
		–	1 dzień 1 day	2 dni 2 days	1 dzień 1 day
K5:R35:T59	0,04±0,21 ^a	0,34±0,01 ^a	0,38±0,01 ^{a,b,c}	0,50±0,00 ^a	0,57±0,01 ^{a,b}
S5:R35:T59	0,06±0,64 ^{b,c}	0,33±0,00 ^a	0,38±0,00 ^{a,b}	0,50±0,00 ^a	0,55±0,02 ^a
K5:R35:M59	0,04±0,00 ^{a,b}	0,33±0,01 ^a	0,37±0,01 ^a	0,49±0,00 ^a	0,58±0,01 ^{a,b}
S5:R35:M59	0,08±0,07 ^d	0,34±0,01 ^a	0,37±0,00 ^a	0,49±0,01 ^a	0,57±0,00 ^{a,b}
K5:R55:T39	0,04±0,35 ^{a,b}	0,39±0,00 ^b	0,41±0,01 ^c	0,59±0,00 ^b	0,59±0,00 ^{a,b}
S5:R55:T39	0,07±0,57 ^{c,d}	0,38±0,00 ^{a,b}	0,40±0,00 ^{b,c}	0,60±0,01 ^b	0,59±0,00 ^{a,b}
K5:R55:M39	0,10±0,21 ^e	0,36±0,01 ^{a,b}	0,38±0,01 ^{a,b,c}	0,61±0,00 ^b	0,60±0,01 ^b
S5:R55:M39	0,11±0,07 ^e	0,37±0,02 ^{a,b}	0,38±0,00 ^{a,b}	0,60±0,01 ^b	0,59±0,01 ^{a,b}

^{1,2}Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations, see Table 1,

a, b, c, d, e – grupy jednorodne w kolumnie; a, b, c, d, e – homogeneous groups in a column.

Zjawisko zbrylania przy rozpatrywanych dwóch poziomach wilgotności względnej obserwowano zarówno w sproszkowanych emulsjach z dodatkiem trehalozy, jak i emulsji z dodatkiem maltodekstryny (tab. 2). Sproszkowane emulsje szybciej ulegały zbryleniu przy wilgotności względnej RH 64,8%, gdzie trwałe zbrylenie wykazywała większość proszków już w pierwszej dobie przechowywania. Przy niższej wilgotności względnej RH 43,9% początek zbrylania wszystkich proszków, niezależnie od składu, obserwowano w drugiej dobie przechowywania. Należy zauważyć, że zbrylanie ściśle wiązało się z aktywnością wody proszku i udziałem węglowodanu. Dla emulsji zawierających 59% cukru proces ten następował w zakresie a_w 0,37-0,38, natomiast w przypadku emulsji zawierających 39% cukru, zbrylanie wystąpiło po osiągnięciu a_w 0,38-0,40. Trwałe zbrylenie emulsji następowało po osiągnięciu $a_w > 0,5$, przy czym emulsje zawierające w składzie trehalozę wykazywały większą podatność na zbrylanie. Obserwowana zależność zjawiska zbrylania od aktywności wody badanych sproszkowanych

emulsji jest zgodna z definiowaną powyżej krytyczną aktywnością a_w^* , która w przypadku trehalozy i maltodekstryny DE 28 wynosi odpowiednio 0,38 (Imamura i in. 2000) i ~ 0,48 (Ross 1993).

WNIOSKI

1. Aktywność wody suszonych rozpyłowo emulsji stabilizowanych białkami mleka, odpowiadająca ilości zaadsorbowanej wody po 1 i 2 dniach przechowywania w środowisku o wilgotności względnej 43,9% i 64,8%, była istotnie niższa w układach o większym udziale węglowodanu niezależnie od jego rodzaju.

2. Aktywność wody w zakresie 0,37-0,4 determinowała zjawisko zbrylania proszków, które obserwowano w drugiej dobie przechowywania przy wilgotności względnej 43,9% i w pierwszej dobie przy wilgotności 64,8%, zarówno w sproszkowanych emulsjach z dodatkiem trehalozy, jak i w emulsjach z dodatkiem maltodekstryny.

PIŚMIENNICTWO

- Bhandari B.R., Hartel W., 2005. Phase transitions during food powder production and powder stability. In: *Encapsulated and Powdered Foods*. Ch. Onwulata. Ed. CRC Press, Boca Raton, 261-292.
- Domian E., Lenart A., 1999. Kinetics of water vapour adsorption by the mixtures of milk powder and carbohydrates. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, (8/49), 3, 123-134.
- Domian E., Oręziak S., 2010: Wpływ składnika białkowego na wybrane właściwości fizyczne suszonych rozpyłowo emulsji oleju rzepakowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 553, 63-73.
- Domian E., Wąsak I., 2008. Microencapsulation of rapeseed oil based on the spray drying method. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 58(4), 479-485.
- Domian E., Włodarska M., 2007. Kinetics of water vapour adsorption and caking of whey powder. *Polish J. Food Nutr.Sci.*, 57, 3(A), 7-10.
- Gouin S., 2004. Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends Food Sci. Techn*, 15, 330-347.
- Hunter N. E., Frampton C.S., Craig D.Q.M., Belton P. S., 2010. The use of dynamic vapour sorption methods for the characterisation of water uptake in amorphous trehalose. *Carbohydr. Res.*, (345), 1938-1944.
- Imamura K., Suzuki T., Tatsumichi S., Kirii S., Okazaki M., 2000. Water sorption and glass transition of amorphous sugars containing BSA. *J Chem Eng Jpn*, 33, 657-660.
- Lee S.-J., Ying D.Y., 2008. Encapsulation of fish oils. In: N. Garti N. (Ed.) *Delivery and controlled release of bioactives in foods and nutraceuticals*. Woodhead Publishing Limited Cambridge, England, 370-403.
- Miao S., Roos Y.H.J., 2005. Crystalization kinetics and X-ray diffraction of crystal formed in amorphous lactose, trehalose, and lactose/trehalose mixtures. *Food Sci.*, (70), 350-358.
- Omar A.M.E., Roos Y. H., 2007. Glass transition and crystallization behaviour of freeze-dried lactose-salt mixtures. *LWT – Food Sci Techn*, 40, 536-543.

- Özkan N., Walisinghe N., Chen X.D., 2002. Characterization of stickiness and cake formation in whole and skim milk powders. *J. Food Engin.*, (55), 293-303.
- Palzer St., 2010. The relation between material properties and supra-molecular structure of water-soluble food solids. *Trends Food Sci. Techn.*, (21), 12-25.
- Pałacha Z., 2007. Badanie stanu wody w matrycy modelowej i uzyskanej z jabłek z wykorzystaniem metody opartej na izotermach sorpcji oraz kalorymetrycznej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 1-84.
- Roos, Y., 1993. Water activity and physical state effects on amorphous food stability. *Journal of Food Proces Preser*, 16, 433-447.
- Sillick M., Gregson C.M., 2010. Critical water activity of disaccharide/maltodextrin blends. *Carbohydr Polymer*, 79, 1028-1033.
- Sulek A., Domian E., 2010. Wpływ ciśnienia homogenizacji na zawartość tłuszczu powierzchniowego w suszonych rozpyłowo emulsjach stabilizowanych białkami mleka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (73), 168- 76.
- Vega C., Ross Y.H., 2006. Invited review: Spray-dried dairy and dairy-like – emulsions compositional considerations. *J. Dairy Sci.*, 89 (2), 383-401.
- Vignolles M.L., Jeantet R., Lopez C., Schuck P., 2007. Free fat, surface fat and dairy powders: interactions between process and product. A review. *Lait*, 87, 187-236.

SENSITIVITY TO CAKING OF SPRAY DRIED EMULSION STABILIZED WITH MILK PROTEINS

Aleksandra Sulek, Ewa Domian

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Technology,
Warsaw University of Life Sciences – SGGW
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa
e-mail: aleksandra_sulek@sggw.pl

Abstract. Powdered preparations of fat are the most commonly spray-dried emulsions of the oil-in-water type. Effective spray drying of emulsions stabilised by milk proteins consists in the formation of a solid matrix which guarantees the lowest share of free fat. Such an effective wall matrix is the amorphous structure of sugars. A glassy matrix well protects fat from oxygen and allows for easy reconstitution of the powder in water, but it determines high hygroscopicity and susceptibility of material to caking, which is associated with deterioration in quality, lower solubility and loss of fluidity. The aim of this study was to assay the hygroscopicity and susceptibility to caking of spray dried emulsions containing 5% of sodium caseinate or whey protein isolate, 59 and 39% of maltodextrin and trehalose, and 35 and 55% of rapeseed oil, respectively. The amount of adsorbed water, water activity and the level of caking were determined after 1 and 2 days of storage of powders in an environment with relative humidity of 43.9% and 64.8%. Water activity in the range of 0.37-0.4 determined the caking of the powders, observed on the second day of storage at relative humidity of 43.9%, and on the first day at humidity of 64.8%, for both the powdered emulsion with the addition of trehalose and in emulsions with the addition of maltodextrin. Powdered emulsions containing trehalose showed higher levels of adsorbed water and higher water activity in comparison with the emulsions with maltodextrin in their composition, regardless of the storage conditions.

Key words: caking, hygroscopicity, spray drying, milk protein