

WPLYW AGLOMERACJI I POWLEKANIA ODŻYWEK
W PROSZKU DLA NIEMOWLĄT NA STABILNOŚĆ
NIEZBĘDNYCH NIENASYCONYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH*

*Ewa Ostrowska-Ligeza¹, Karolina Szulc², Magdalena Wirkowska¹,
Agata Górka¹, Andrzej Lenart²*

¹Katedra Chemii, Zakład Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, SGGW

²Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159C, 02-787 Warszawa
e-mail: Ewa_ostrowska_ligeza@sggw.pl

Streszczenie. Odżywki w proszku dla niemowląt są to mieszaniny wieloskładnikowe. Celem pracy było zbadanie wpływu aglomeracji i powlekania na stabilność niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w odżywkach w proszku dla niemowląt. Badany materiał stanowiły następujące produkty: mleko w proszku odtłuszczone, preparaty niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: Ropufa''10'' n-3, Food Powder S/SD i Ropufa''10'' n-6, Food Powder. Przedmiotem badań były: mieszaniny, ich aglomeraty przed i po powleczeniu. Dla każdej z nich określono skład kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Analiza proszków została wykonana przy użyciu skaningowego kalorymetru różnicowego – DSC. Sporządzono termogramy trzech odżywek i odtłuszczonego mleka w proszku. Na podstawie przebiegu krzywych można zaobserwować odpowiednie piki przemian fazowych w termogramach analizowanych odżywek. Procesy aglomeracji i powlekania nie wpływają znacząco na obniżenie zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Słowa kluczowe: odżywki w proszku, stabilność niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC)

WSTĘP

Odżywki w proszku dla niemowląt są to mieszaniny wieloskładnikowe, w związku z tym należy minimalizować wpływ niekorzystnych czynników środowiska na ich stabilność. Poszukuje się takich sposobów przetwarzania i utrwa-

*Badania były finansowane ze środków budżetowych na naukę w latach 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N312 366637.

lania surowców i produktów żywnościowych, aby otrzymać produkt bezpieczny, o podwyższonej jakości. Ma to szczególne znaczenie w przypadku odżywek dla dzieci i niemowląt, gdyż te produkty muszą odpowiadać rygorystycznym wymaganiom (Szulc i Lenart 2007).

Należy zwrócić szczególną uwagę na rolę, jaką pełnią tłuszcze w okresie rozwoju młodego organizmu. Tłuszcz jest przede wszystkim materiałem energetycznym dla rozwijającego się dziecka. Obok dostarczania energii jest on również nośnikiem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), przede wszystkim kwasu linolowego i α -linolenowego (C18:3), ich długołańcuchowych metabolitów oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach. Dla prawidłowego rozwoju niemowlęcia niezbędna jest obecność w diecie długołańcuchowych nienasyconych kwasów tłuszczowych: α -linolenowego, dokozaheksaenowego (DHA, C22:5), eikozapentaenowego (EPA, C20:5), linolowego (C18:2) i arachidonowego (AA, C20:4). Długołańcuchowe nienasycone (polienowe) kwasy tłuszczowe odgrywają ważną rolę we wzroście organizmu oraz w prawidłowym funkcjonowaniu narządu wzroku i rozwoju układu nerwowego niemowląt. Kwasy te są integralnym składnikiem błon biologicznych wszystkich komórek i źródłem energii dla większości tkanek rozwijającego się organizmu dziecka (Elmadfa i Majchrzak 2000, Karwowska i in. 2005). Długołańcuchowe polienowe kwasy tłuszczowe są niezbędne we wczesnym okresie rozwoju organizmu szczególnie w rozwoju tkanek mózgu i siatkówki oka (Hornstra 2001). Dawne standardowe mleka modyfikowane, które wytwarzane były przy użyciu olejów roślinnych nie zawierały kwasu AA i DHA, jednakże na drodze desaturacji i elongacji organizm człowieka ma możliwość wytworzenia długołańcuchowych polienowych kwasów tłuszczowych (LC-PUFA) z ich prekursorów: kwasu linolenowego i kwasu α -linolenowego, które występują powszechnie w mlekach modyfikowanych. Jak się okazuje, możliwość syntezy LC-PUFA z ich prekursorów jest bardzo ograniczona, szczególnie u niemowląt (Innis 1993, Mojska 2001, Alles i in. 2004). Dlatego też wskazane okazało się suplementowanie mleka modyfikowanego w te właśnie kwasy, co ostatnimi czasy staje się coraz bardziej powszechne w tzw. mlekach początkowych (Mojska 2001, Makrides i in. 2005).

Bardzo ważnym wskaźnikiem jakości tłuszczów jadalnych jest stabilność oksydacyjna. Jest to czynnik determinujący przydatność do celów spożywczych produktów, które zawierają także małe ilości tłuszczu (Frankel 1993, Ostrowska-Ligęza i in. 2009). Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe bardzo szybko ulegają reakcjom utleniania. Kapsułkowanie tłuszczów ogranicza procesy ich utleniania (Millqvist-Fureby 2003).

Aglomeracja i powlekanie to procesy technologiczne mające na celu nie tylko otrzymanie produktu o wysokiej jakości, ale też zabezpieczające niestabilne składniki proszków przed niekorzystnym wpływem środowiska. Aglomeracja jest

procesem łączenia drobnych cząstek w większe skupiska – aglomeraty, w których tworzące je cząstki są nadal rozpoznawalne (Poszytek i in. 2006). Zastosowanie aglomeracji, polegającej na powiększaniu rozmiarów ciał stałych poprzez łączenie drobnych cząstek w większe skupiska, umożliwia otrzymywanie produktów spożywczych o pożądanym właściwościach (Szulc i Lenart 2007). Dotyczy to głównie dobrej sypkości, łatwej rozpuszczalności w cieczach, ograniczenia zdolności do pylenia i zbrylania oraz w wypadku układów wieloskładnikowych niewystępowania segregacji komponentów, co zapewnia jednorodność materiału (Domian 2002, Horabik i Molenda 2003, Fitzpatrick i Ahrené 2005, Poszytek i in. 2006). Powyższe wymagania spełnia uzyskanie granulek o porowatej, otwartej strukturze, nieregularnym kształcie, jednorodnej wielkości i stosunkowo dobrej wytrzymałości (Szulc i Lenart 2007). Dobór parametrów aglomeracji polega najczęściej na ustaleniu takich parametrów jak szybkość i czas nawilżania, prędkość przepływu cieczy nawilżającej czy temperatura powietrza podczas nawilżania (Gao i in. 2002). Aglomeracja i powlekanie stwarzają możliwość kreowania nowego produktu atrakcyjnego dla konsumenta poprzez modyfikację właściwości funkcjonalnych (Domian i in. 2005, Smolders i Baeyens 2005, Shittu i Lawal 2007).

Celem pracy było zbadanie zmian składu niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w odżywkach w proszku dla niemowląt spowodowanych procesami aglomeracji i powlekania.

MATERIAŁ I METODY

Badany materiał stanowiły następujące produkty w proszku: mleko w proszku odtłuszczone (Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Kole), preparaty niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: Ropufa''10'' n-3, Food Powder S/SD i Ropufa''10'' n-6, Food Powder (DSM Nutritional Products Sp. z o.o., Mszczonów). Z proszków następnie sporządzono odżywkę początkową o składzie: 88,5% mleka odtłuszczonego w proszku; 5,7% ropufa''10'' n-6 i 5,8% ropufa''10'' n-3.

Badane składniki modyfikowanego mleka w proszku dla niemowląt poddano czterem procesom technologicznym: mieszaniu, aglomeracji, powlekanii i suszeniu. Proces mieszania prowadzono w laboratoryjnym mieszalniku lemieszowopłującym PLUGHSHARE MIXER L5 / Lödige w czasie 5 min przy prędkości mieszadła impellerowego 283 obr·min⁻¹. Aglomerację i powlekanie modyfikowanego mleka w proszku przeprowadzono w aparacie STREA 1 / Nitro-Aeromatic AG. Parametry procesu aglomeracji: wsad - masa mieszaniny 200 g, ciecz nawilżająca – 20 ml 15% wodnego roztworu laktozy, temperatura powietrza wlotowego – 50°C, strumień przepływu cieczy nawilżającej – 4 ml·min⁻¹, ciśnienie sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej – 1 bar (10⁵ Pa); nawilżanie z przerwami w czasie 15 min, suszenie aglomeratu – 13 min. Parametry procesu powlekania: wsad –100 g

ciecz powlekająca – 10 ml 15% wodnego roztworu laktozy, temperatura powietrza wlotowego – 50°C, ciśnienie sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej – 1 bar (10⁵ Pa), powlekanie w czasie 4 min, suszenie – 10 min. (Poszytek i in. 2006, Szulc i Lenart 2007).

W mieszaninie, aglomeracie i proszku powleczonym określano również skład kwasów tłuszczowych [PN-EN ISO 5508: 1996]. Skład kwasów tłuszczowych oznaczono metodą chromatografii gazowej wykorzystując kolumnę kapilarną BPX-70 o dł. 60 m, średnicy wewnętrznej 0,22 mm i grubości filmu 0,25 µm. Warunki rozdziału estrów metylowych: temperatura początkowa 65°C, utrzymana przez 3 minuty, następnie przyrost temperatury 10°C·min⁻¹ do 250°C i utrzymanie jej przez 10 min.

Analiza struktury proszków spożywczych została wykonana przy użyciu skaningowego kalorymetru różnicowego – DSC, Q200, TA Instruments. Kalorymetr został skalibrowany przez sprawdzenie standardowych temperatur topnienia i entalpii przy użyciu indu o wysokiej czystości i szafiru. Wszystkie pomiary wykonywano w atmosferze azotu jako medium chłodzącego. Przed właściwym pomiarem kalorymetrycznym próbki materiału podsuszano w suszarce próżniowej pod obniżonym ciśnieniem w temperaturze 40°C przez 24 godziny, a następnie do czasu wykonania analiz, przechowywano je w środowisku o aktywności wody bliskiej zera (CaCl₂). Próbką odniesienia było puste naczynko aluminiowe, niehermetycznie zamknięte. Masa proszku wynosiła 10-15 mg, próbki były schładzane do temperatury -60 lub -80°C i utrzymywane w tej temperaturze przez 5 minut. Termogram proszku otrzymywano w wyniku ogrzewania próbki od temperatury -60 lub -80°C do temperatury 300°C z szybkością 5 K·min⁻¹. Inny rodzaj termogramu proszku otrzymywano w wyniku ochładzania próbki od temperatury 20°C do temperatury -90°C z szybkością 2K/min. Masa proszku wynosiła 10-15 mg, próbki były schładzane do temperatury 20°C. W wyniku badań otrzymano termogramy przedstawiające strumień ciepła pochłaniany lub wydzielany przez próbkę materiału (W/g) w zależności od temperatury (°C). Wszystkie pomiary wykonano w trzech powtórzeniach (Ostrowska-Ligeza i in. 2010).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przedmiotem badań były trzy modele odżywek dla dzieci: odżywka niemodyfikowana, odżywka niemodyfikowana poddana aglomeracji i aglomerat poddany powlekanu. Uzyskane wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1-4. W tłuszczu wyekstrahowanym z badanych proszków oznaczano skład kwasów tłuszczowych.

Tłuszcze są wieloskładnikową mieszaniną różnych lipidów, wśród których największy udział stanowią triacyloglicerole (ponad 90%). Poza triacyloglicerolami w tłuszczach występują również mono- i diacyloglicerole oraz wolne kwasy

tluszczowe, a takze inne związki o różnym charakterze chemicznym (Ostrowska-Ligęza i in. 2009). Udział nasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 1) tłuszczu wyizolowanego z odżywek wynosił od 29,9 do 32,5%. Obecność tych kwasów jest zjawiskiem naturalnym, pochodzą one z tłuszczu mlecznego. Lopez-Lopez i in. (2002) oznaczali skład kwasów tłuszczowych w odżywkach dla dzieci. Ogólny udział długołańcuchowych polienowych kwasów tłuszczowych był najwyższy dla odżywki niemodyfikowanej – 39%, dla odżywki aglomerowanej wyniósł 37,4%, a dla odżywki powlekannej był najniższy i wynosił 35,2%. Obniżenie udziału tych kwasów spowodowane było procesami aglomeracji i powlekania. Podczas tych operacji materiał zostaje poddany działaniu podwyższonych temperatur i napowietrzaniu. Nienasycone kwasy tłuszczowe są bardzo wrażliwe i pod wpływem temperatury ulegają utlenianiu. Największy udział długołańcuchowych nienasyconych (monoenowych) kwasów tłuszczowych zaobserwowano w odżywce powlekannej – 33,4%, najmniejszą w aglomerowanej – 29,1% (tab. 1). W odżywce niemodyfikowanej zawartość kwasu dokozaheksaenowego (DHA – C22:6 n-3) wyniosła 7%, a eikozapentaenowego (EPA C20:5 n-3) – 4,2%. Były to kwasy pochodzące z preparatów Ropufa "10" n-3. Zawartość kwasów DHA i EPA w odżywkach dla dzieci badali również Lopez-Lopez i inni (2001). Zawartość DHA wahała się od 0,27 do 0,11%, natomiast EPA od 0,10 do 0,03%. Elmada i Majchrzak (2000) nie stwierdzili obecności wyżej wymienionych kwasów tłuszczowych w odżywkach. Zawartość oznaczanych kwasów tłuszczowych była poniżej poziomu detekcji. Kwasy DHA i EPA są długołańcuchowymi polienowymi kwasami tłuszczowymi. Procesy technologiczne, podczas których stosowana jest podwyższona temperatura, znacznie obniżają zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach końcowych. Podczas aglomerowania i powlekania zawartość oznaczanych kwasów tłuszczowych uległa nieznacznemu obniżeniu (tab.1).

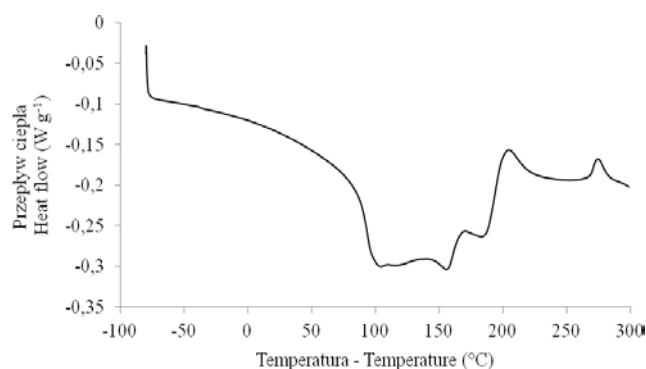
Sporządzono termogramy trzech odżywek, które zawierały następujące składniki: odtłuszczone mleko w proszku i kwasy tłuszczowe n-3 i n-6 w proszku. Na rysunku 1 przedstawiono termogram odtłuszczonego mleka w proszku. Na podstawie przebiegu krzywej można zaobserwować odpowiednie piki przemian fazowych w termogramie mleka odtłuszczonego. Pierwszy pik przemiany endotermicznej zaobserwowano dla temperatury około 104,2°C. Jest to przemiana charakteryzująca denaturację białek mleka, które są mieszaniną wielu peptydów, polipeptydów i białek globularnych (Ostrowska-Ligęza i in. 2010). Zhang i in. (2004) badali temperatury denaturacji białek znajdujących się w mleczku sojowym. W zależności od zawartości białek w próbce, temperatura pików endotermicznych wynosiła około 90-100°C. W temperaturze około 155,4 i 183,1°C stwierdzono obecność dwóch wyraźnych pików endotermicznych. Były to przemiany

spowodowane topnieniem laktozy. Temperatura topnienia czystej laktozy jest wyższa i uzależniona od formy występowania tego cukru. Gombas i inni (2002) badali temperatury przemian fazowych laktozy krystalicznej i amorficznej. Temperatura pierwszej przemiany endotermicznej laktozy krystalicznej wyniosła około 144°C, drugiej około 213°C. Temperatury przemian fazowych różniły się ze względu na obecność innych składników odtłuszczonego mleka w proszku. W zakresie temperatur od około 200,5 do 271,6°C zaobserwowano dwa piki egzotermiczne, jest to bardzo wysoki zakres temperatur.

Tabela 1. Skład kwasów tłuszczowych tłuszczu wyizolowanego z odżywki początkowej, aglomerowanej i powlekanej

Table 1. Fatty acids composition of fat from initial, agglomerated and coated powdered baby formula

Kwas tłuszczowy Fatty acid	Udział kwasów tłuszczowych – Content of fatty acids (%)		
	Odżywka niemodyfikowana Non-modified baby formula	Odżywka modyfikowana – Modified baby formula	
		Aglomeracja Agglomeration	Powlekanie Coating
C10:0	0,2±0,02	0,3±0,01	0,3±0,02
C12:0	0,4±0,05	0,5±0,04	0,6±0,03
C14:0	3,7±0,06	4,1±0,05	3,3±0,07
C15:0	0,5±0,04	0,5±0,03	0,4±0,02
C16:0	18,4±0,08	20,1±0,11	19,7±0,11
C16:1c	2,4±0,05	2,0±0,05	1,9±0,06
C17:0	0,7±0,04	0,3±0,02	0,2±0,01
C17:1c	0,3±0,04	0,3±0,04	0,2±0,01
C18:0	5,7±0,06	6,2±0,10	6,1±0,08
C18:1t	0,5±0,02	1,0±0,06	0,4±0,03
C18:1c	21,4±0,09	21,1±0,11	25,6±0,11
C18:2c	18,2±0,11	18,4±0,12	19,0±0,13
C18:3n-6	9,2±0,08	9,4±0,09	8,4±0,09
C18:3n-3	0,5±0,01	0,4±0,02	0,5±0,03
C20:0	0,4±0,02	0,5±0,03	0,4±0,03
C20:1c	4,8±0,05	4,2±0,08	4,2±0,07
C20:5n-3	4,2±0,05	3,3±0,07	2,6±0,06
C22:1c	1,7±0,03	1,5±0,03	1,5±0,04
C22:6n-3	7,0±0,06	6,0±0,04	4,8±0,05

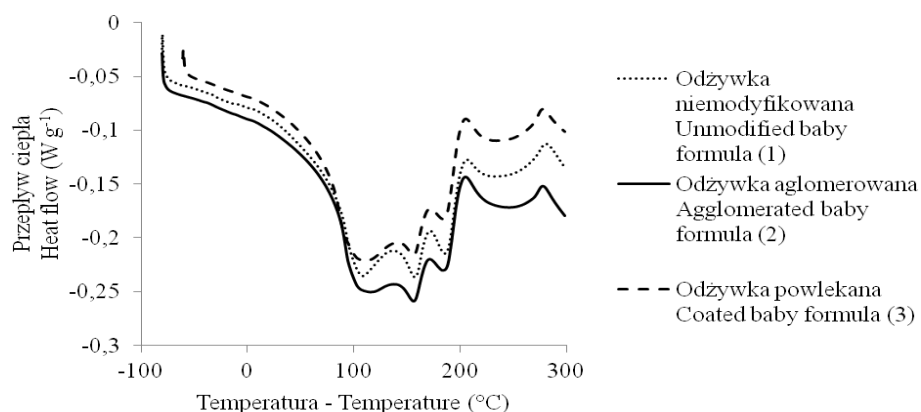


Rys. 1. Termogram DSC odtłuszczonego mleka w proszku

Fig. 1. DSC thermogram of skimmed milk powder

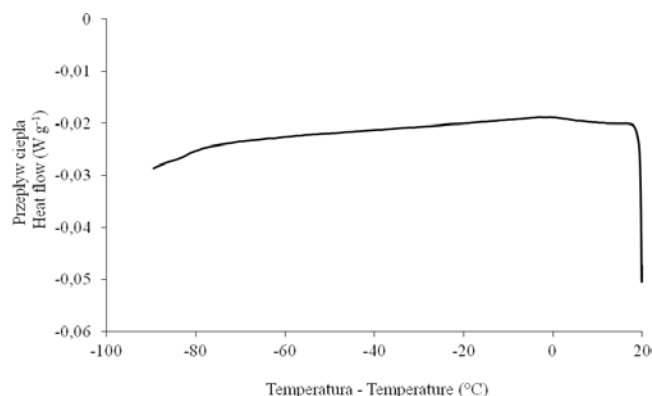
W takich temperaturach następuje już utlenianie tłuszczów (Ostrowska-Ligęza i in. 2009). Pozostałe składniki odtłuszczonego mleka w proszku mogą wpływać na tego typu przemiany.

Na rysunku 2 przedstawiono termogramy uzyskane dla badanych odżywek w proszku dla dzieci. Wszystkie termogramy charakteryzowały się przemianami fazowymi, które można zaobserwować dla białek mleka. Odżywka niemodyfikowana charakteryzuje się pikiem endotermicznym o najostrzejszym przebiegu, temperatura tego pikę wyniosła około 108,7°C. Pik dla odżywki aglomerowanej charakteryzował się najłagodniejszym przebiegiem, a dla odżywki powlekanej miał już wyraźniejszy przebieg. Temperatury pików endotermicznych wyniosły odpowiednio – 116,9 i 112,4°C. Względem pikę denaturacji białek dla odżywki niemodyfikowanej, temperatury poszczególnych przemian wzrosły. Podobne obserwacje dla denaturacji białek w odżywkach dla dzieci podaje Ostrowska-Ligęza i in. (2010). Badali oni odżywki dostępne na polskim rynku, piki endotermiczne zaobserwowano dla wszystkich odżywek w temperaturach około 100,4°C. W termogramach odżywek w proszku dla niemowląt zaobserwowano charakterystyczne piki topnienia laktozy, jako jednego z głównych składników tych mieszanin (Szepes i in. 2007, Chiou i in. 2008). Najłagodniejszym przebiegiem pikę dla topnienia laktozy charakteryzowała się odżywka aglomerowana, jego maksimum wyniosło około 151,3°C. Podobną temperatura przejścia fazowego charakteryzował się pik dla odżywki powlekanej – 149,1°C. Miał on jednak bardziej wyrazisty przebieg. Najwyższą temperaturę zaobserwowano dla pikę odżywki niemodyfikowanej – 161,7°C. Przebiegi termogramów w wyższej temperaturze były bardzo podobne i charakteryzowały się pikami egzotermicznymi.



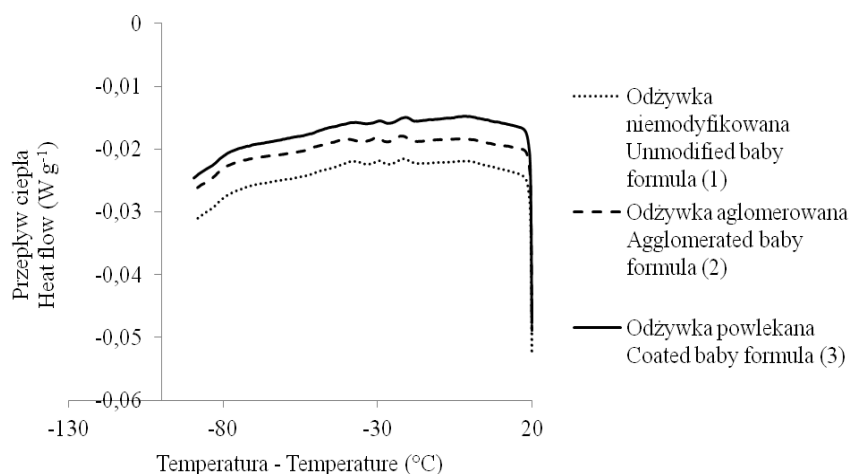
Rys. 2. Termogram DSC odżywek w proszku dla niemowląt
Fig. 2. DSC thermogram of the powdered baby formula

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg termogramu chłodzenia odtłuszczonego mleka w proszku – próbka była chłodzona z niewielką szybkością. Nie zaobserwowano znacznych zmian w przebiegu krzywej, wystąpił tylko niewielki, łagodny pik w zakresie temperatur od 8,4 do $-9,1^{\circ}C$. Zawartość tłuszczu w tym proszku była niska, ale nawet niewielka ilość tłuszczu ulega przemianie, co zaobserwowano na termogramie. Lopez i Ollivon (2009) badali strukturę mieszaniny tłuszczu kakaowego z migłolem. Przeprowadzając badania z użyciem aparatu DSC i promieniowania rentgenowskiego, określili oni właściwości polimorficzne badanej mieszaniny. Wykazali, że przy niskich szybkościach chłodzenia ($0,5^{\circ}C \cdot min^{-1}$) przy użyciu aparatu DSC można prowadzić obserwację mechanizmów krystalizacji tłuszczów.



Rys. 3. Termogram DSC chłodzenia odtłuszczonego mleka w proszku
Fig. 3. DSC thermogram of cooling of skimmed milk powder

Na rysunku 4 przedstawiono termogramy chłodzenia badanych odżywek w proszku dla niemowląt. We wszystkich odżywkach były obecne tłuszcze, a przemiany fazowe, jakim podlegały, zaobserwowano na termogramach. Dla odżywki niemodyfikowanej i aglomerowanej wystąpiły dwa wyraźne piki egzotermiczne. Odżywka powlekana również charakteryzowała się dwoma pikami, jednak drugi pik miał znacznie łagodniejszy przebieg. Zakres temperatur dla tych zmian to $-14,6$ do $-31,7^{\circ}\text{C}$. Na termogramach odżywek niemodyfikowanej i aglomerowanej zaobserwowano trzeci łagodny pik, natomiast dla termogramu odżywki powlekanej nie stwierdzono takiego pików. Przemiany fazowe, które zaobserwowano dla tłuszczów były spowodowane ich polimorfizmem. Powolne ochładzanie próbki pozwala stwierdzić obecność dodanych tłuszczów (Lopez i Ollivon 2009). Na termogramach odżywek na rysunku 2 tłuszcz był niewidoczny, spowodowane to było większą prędkością ogrzewania i niską temperaturą rozpoczęcia procesu. Rozpoczęcie ogrzewania w niskiej temperaturze i szybkie schłodzenie tłuszczów powoduje utratę tzw. pamięci tłuszczów, charakterystycznej dla układów polimorficznych (Raemy i in. 2009).



Rys. 4. Termogram DSC chłodzenia odżywek w proszku dla niemowląt

Fig. 4. DSC thermogram of cooling of the powdered baby formula

W wyniku procesów aglomeracji i powlekania skład kwasów tłuszczowych tłuszczu wyizolowanego z odżywek nie uległ znaczącym zmianom. Udział nasyconych kwasów tłuszczowych był stabilny w analizowanych odżywkach niezależnie od sposobu modyfikacji, natomiast nastąpiły zmiany w udziale nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy n-3. Szczególnie duże obniżenie udziału

zaobserwowano dla kwasów DHA i EPA. W przypadku badanego kwasu DHA proces aglomeracji spowodował około 14%-owe obniżenie jego udziału w odniesieniu do odżywki niemodyfikowanej. Powlekanie spowodowało dalsze obniżenie udziału kwasu DHA o około 31%. Proces aglomeracji spowodował obniżenie o około 21% udziału badanego kwasu EPA w odniesieniu do odżywki niemodyfikowanej. Powlekanie spowodowało dalsze obniżenie udziału kwasu EPA. W efekcie obniżenie udziału kwasu EPA w wyniku tego procesu wyniosło około 38%. Na stabilność nienasyconych kwasów tłuszczowych wpływa wiele czynników między innymi: zawartość wiązań wielokrotnych w łańcuchu węglowym kwasu tłuszczowego (Litwinienko i Kasprzycka-Guttman 2000), podwyższona temperatura, która jest czynnikiem występującym w procesach aglomeracji i powlekania.

WNIOSKI

1. Procesy aglomeracji i powlekania nie wpływają znacząco na obniżenie udziału niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu wyizolowanym z odżywek w proszku dla niemowląt.
2. W zależności od sposobu przygotowania odżywki stwierdzono różnice w przebiegu termogramów ich ogrzewania i chłodzenia.
3. Analiza termogramów chłodzenia odżywek w proszku wykazała obecność dodanych kwasów tłuszczowych tak w aglomeracie, jak i w odżywece powleczonej.

PIŚMIENNICTWO

- Alles M., Scholtens P., Bindels J., 2004. Current trends in the composition of infant milk formulas. *Current Paediatrics*, 14, 51-63.
- Chiou D., Langrish T., Braham R., 2008. The effect of temperature on the crystallinity of lactose powders produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 86, 288-293.
- Domian E., 2002. Aglomeracja w przemyśle spożywczym. *Przemysł Spożywczy*, 8, 80-88.
- Domian E., Janowicz M., Kowalska H., Lenart A., 2005. Sypkość białkowo-węglowodanowych mieszanin proszków spożywczych aglomerowanych w złożu fluidalnym. *Inżynieria. Rolnicza*, 11 (71), 59-67.
- Elmadfa I., Majchrzak D., 2000. Fatty acid profile in baby food products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 270-275.
- Fitzpatrick J., Ahrené L., 2005. Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. *Chemical Engineering and Processing*, 44, 209-214.
- Frankel E., 1993. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in foods lipids. *Journal of Food Science and Technology*, 4, 220 - 225.
- Gao J., Jain A., Motheram R., Gray D., Hussain M., 2002. Fluid bed granulation of a poorly water soluble, low density, micro drug: comparison with high shear granulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 237, 1-14.

- Gombas A., Szabo-Revesz P., Kata M., Regdon Jr. G., Erös I., 2002. Quantitative determination of crystallinity of α -lactose monohydrate by DSC. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 68, 503-510.
- Horabik J., Molenda M., 2003. Makro- i mikroskopowe modele materiałów sypkich. *Acta Agrophysica*, 93, 17-31.
- Hornstra G., 2001. Importance of polyunsaturated fatty acids of the n-6 and n-3 families for early human development. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 379-389.
- Innis S., 1994. The 1993 Borden Award Lecture. Fatty acid requirements of the newborn. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 72, 1483-1492.
- Karwowska W., Duda G., Obiedziński M., Kroc M., 2005. Skład kwasów tłuszczowych mleka kobiecego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, Supplement*, 105 – 109.
- Litwinienko G., Kasprzycka-Guttman T., 2000. Study on the Autoxidation Kinetics of Fat Components by Differential Scanning Calorimetry. 2. Unsaturated Fatty Acids and Their Esters. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39, 13-17.
- Lopez C., Ollivon M., 2009. Crystallisation of triacylglycerols in nanoparticles. Effect of dispersion and polar lipids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 98, 29-37.
- Lopez-Lopez A., Castellote-Bargallo A., Campoy-Folgoso C., Rivero-Urgel M., Tormo-Carnice R., Infante-Pina D., Lopez-Sabater M., 2001. The influence of dietary palmitic acid triacylglyceride position on the fatty acid, calcium and magnesium contents of at term newborn faeces. *Early Human Development*. 65 Suppl.,83-94.
- Lopez-Lopez A., Lopez-Sabater M., Campoy-Folgoso C., Rivero-Urgel M., Castellote-Bargallo A., 2002. Fatty acid and sn-2 fatty acid composition in human milk from Granada (Spain) and in infant formulas. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 1242-1254.
- Makrides M., Gibson R., Udell T., Ried K., 2005. The International LC-PUFA Investigators. Supplementation of infant formula with long-chain polyunsaturated fatty acids does not influence the growth of term infants. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 1094-1101.
- Millqvist-Fureby A., 2003. Characterisation of spray-dried emulsions with mixed fat phases. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 31, 65-79.
- Mojska H., 2001. Czy długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe powinny być zawarte w dietach dla niemowląt. *Pediatrics Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka*, 3, 1, 37-40.
- Ostrowska-Liżęza E., Szulc K., Lenart A., 2010. Przemiany fazowe składników odżywek w proszku dla niemowląt. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, zeszyt 553, 171-182.
- Ostrowska-Liżęza E., Wirkowska M., Kowalski B., 2009. Termokinetyczna analiza tłuszczu z kukurydzy z wykorzystaniem różnicowej kalorymetrii skaningowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1 (62), 128 –139.
- PN-EN ISO 5508: 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- Poszytek K., Domian E., Lenart A., 2006. Wpływ aglomeracji w mechanicznie generowanym złożu fluidalnym na skład granulometryczny wybranych proszków spożywczych. *Acta Agrophysica*, 7(1), 179-190.
- Raemy A., Nouzille C., Lambelet P., Marabi A., 2009. Overview of calorimetry as a tool for efficient and safe food-processing design. In: *Calorimetry in food processing* (Eds Kaletunc G). IFT Press, Wiley-Blacwell, ss. 202-236.
- Shittu T., Lawal M., 2007 Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry*, 100, 91-98.

- Smolders K., Baeyens J., 2005. A characterization of cohesive and free flowing powders. *Powder Handling and Processing*, 4 (17), 196-199.
- Szepes A., Fiebig A., Ulrich J., Szabo-Revesz P., 2007. Structural study of α -lactose monohydrate subjected to microwave irradiation. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 89 (3), 575-560.
- Szulc K., Lenart A., 2007. Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(54), 312 – 320.
- Zhang H., Takenada M., Isobe S., 2004. DSC and electrophoretic studies on soymilk protein in denaturation. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 75, 719-726.

INFLUENCE OF AGGLOMERATION AND COATING ON OXIDATION STABILITY OF ESSENTIAL UNSATURATED FATTY ACIDS OF POWDERED BABY FORMULAS

*Ewa Ostrowska-Ligeza¹, Karolina Szulc², Magdalena Wirkowska¹,
Agata Górka¹, Andrzej Lenart²*

¹Department of Chemistry,

²Department of Food Engineering and Process Management,
Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Food Sciences,
ul. Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa, Poland
e-mail: Ewa_ostrowska_ligeza@sggw.pl

Abstract. Powdered baby formulas are multicomponent systems. The aim of the work was the analysis of the influence of agglomeration and coating on the stability of essential unsaturated fatty acids in powdered baby formulas. The following products were the experimental samples: skimmed milk powder, preparations of essential unsaturated fatty acids: Ropufa''10'' n-3, Food Powder S/SD and Ropufa''10'' n-6, Food Powder. Initial baby formula, agglomerated formula and coated one were subjected to the study. Fatty acids composition was determined by Gas Chromatography. Powdered baby formulas were also tested by differential scanning calorimeter (DSC). Thermograms of baby formulas and skimmed milk powder were determined. Peaks of phase transitions were observed in baby formulas thermograms. Agglomeration and coating processes had insignificant influence on essential unsaturated fatty acids composition.

Keywords: powdered baby formulas, stability of essential unsaturated fatty acids, differential scanning calorimetry (DSC)