

*Ewa Ostrowska-Ligeza, Magdalena Wirkowska-Wojdyla, Agata Górska,  
Joanna Bryś, Łukasz Brągoszewski, Renata Madyniak<sup>1</sup>*

## WPLYW SKŁADU CHEMICZNEGO MLEKA W PROSZKU NA JEGO WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNE

Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

<sup>1</sup> Centrum Analityczne  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Kierownik Katedry: prof. dr hab. *E. Białecka-Florjańczyk*

*Analizie poddano mleka w proszku o zróżnicowanym składzie chemicznym. Analizę wykonano przy użyciu aparatu DSC. Uzyskane krzywe DSC charakteryzowały się przebiegiem i kształtem zależnym od składu chemicznego mleka w proszku. Na diagramach DSC zaobserwowano endotermiczne piki o wyraźnym przebiegu świadczące o obecności tłuszczu mlecznego i dodanego tłuszczu roślinnego. Najbardziej wyrazisty przebieg miał pik przemiany protein koncentratu białek serwatkowych w proszku. Łagodny przebieg pików świadczących o obecności laktozy wskazuje na stan amorficzny tego cukru w badanych proszkach. Na podstawie uzyskanych wyników z wykorzystaniem techniki DSC można wnioskować o składzie chemicznym mleka w proszku.*

Hasła kluczowe: mleko w proszku, DSC, przemiany fazowe.  
Key words: milk powder, DSC, phase transitions.

Produkty spożywcze należące do żywności w proszku określane są mianem żywności wygodnej, czyli takiej, która jest łatwa i szybka w przygotowaniu. Istotne znaczenie ma fakt, iż proszki odznaczają się dużą trwałością mikrobiologiczną oraz wydłużonym czasem przechowywania (1). Znajomość oraz pomiary właściwości fizycznych i termicznych materiałów sypkich są konieczne w celu zoptymalizowania wielu procesów technologicznych. Udoskonalenie niektórych właściwości może przyczynić się do podniesienia atrakcyjności danego produktu (2). Bardzo ważnym elementem wśród właściwości cieplnych produktów sproszkowanych jest ich stan fizyczny oraz struktura proszków. Produkcja żywności sproszkowanej wymaga wielu skomplikowanych procesów technologicznych takich jak: suszenie, krystalizacja, aglomeracja, granulacja, mikrokapsułkowanie oraz rozdrabnianie. Otrzymywane w ten sposób proszki mogą posiadać strukturę amorficzną, krystaliczną lub mieszaną. Większość produktów sypkich posiada symetryczną strukturę krystaliczną, której stan jest w równowadze termodynamicznej jak i fizycznej. Operacje technologiczne takie jak liofilizacja, suszenie natryskowe, czy szybkie chłodzenie powodują przekształcenie struktury krystalicznej w amorficzną. Sproszkowane produkty spożywcze, które tworzone są w różnych procesach technologicznych mogą cha-

rakteryzować się formą amorficzną. Uzyskanie takiego stanu jest możliwe dzięki szybkiemu obniżeniu temperatury materiału poniżej temperatury topnienia składników mieszanki. Stan amorficzny można uzyskać także przy odparowaniu wody z badanej próbki lub podczas tworzenia lodu. Proszki amorficzne o temperaturze poniżej temperatury przejścia szklistego są ciałami stałymi, odznaczającymi się dużą kruchością oraz twardością (3). Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC (Differential Scanning Calorimetry) jest metodą termoanalityczną, charakteryzującą się bardzo dużą dokładnością, dość krótkim czasem pomiaru oraz małą masą próbki. DSC polega na rejestracji efektów cieplnych zachodzących w badanej próbce oraz porównaniu wyników z próbką wzorcową, znajdującą się w identycznych warunkach temperaturowych, co badana próbka (4).

Celem badań było określenie wpływu składu chemicznego mleku w proszku o różnym składzie na właściwości termiczne proszków.

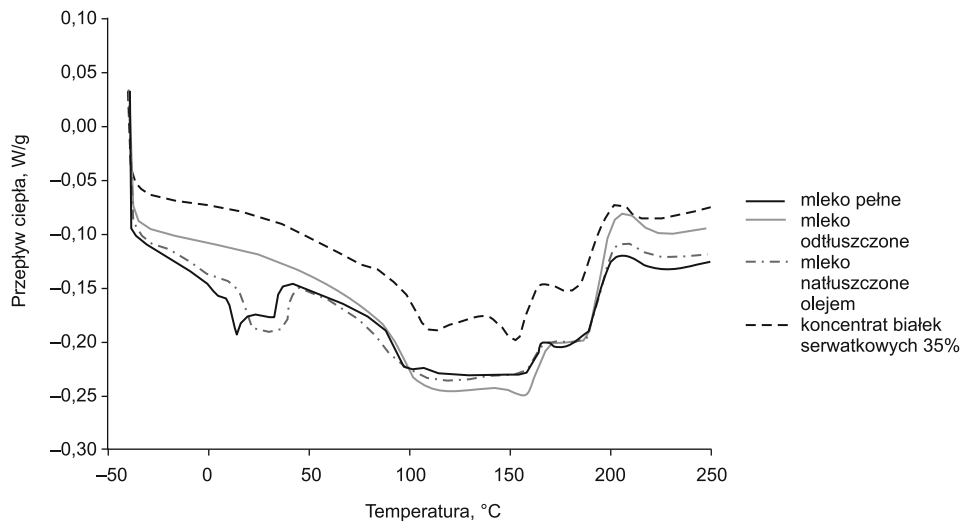
### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badaniom poddano następujące proszki o nazwach handlowych: odtłuszczone mleko w proszku, pełne mleko w proszku, koncentrat białka serwatkowego (zawartość białka 35%), proszek mleczny natłuszczony olejem roślinnym (zawartość tłuszczu 28%). Wszystkie proszki wyprodukowano w Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Kole. W proszkach oznaczono zawartości wody zgodnie z polską normą PN-A-79011-3:1998 (5), metodą suszarkową w trzech powtórzeniach. Badane proszki były analizowane przy użyciu skaningowego kalorymetru różnicowego – DSC, Q200, TA Instruments. Kalorymetr został skalibrowany przez sprawdzenie standardowych temperatur topnienia przy użyciu indu o wysokiej czystości i wody destylowanej. Wszystkie pomiary dla każdej próby wykonywano w atmosferze azotu jako medium chłodzącego. Próbą odniesienia było puste naczynko aluminiowe niehermetycznie zamknięte. Masa proszku wynosiła 10–15 mg. Krzywą DSC otrzymywano w wyniku ogrzewania próbki od temperatury  $-40^{\circ}\text{C}$  do temperatury  $250^{\circ}\text{C}$  z szybkością  $5\text{ Kmin}^{-1}$ . Próby wykonywano w trzech powtórzeniach (6).

### WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Przedmiotem badań były produkty w proszku. Woda, jako czynnik determinujący wiele procesów biochemicznych, fizycznych, biologicznych oraz mikrobiologicznych decyduje o możliwości rozwoju drobnoustrojów patogennych. Sproszkowane produkty spożywcze są w szczególności narażone na szereg niekorzystnych zmian. Żywność w proszku zaliczana jest do grupy żywności o małej zawartości wody (aktywność wody –  $aw < 0,5$ ). Utratę trwałości, pogorszenie cech sensorycznych oraz organoleptycznych można ograniczyć poprzez konserwację, która polega na zmniejszeniu zawartości wody, bądź obniżeniu aktywności wody (7). Zawartość wody w badanych proszkach przedstawiono w g  $\text{H}_2\text{O}/100\text{ g}$  produktu. Zawartość wody w próbkach mleka odtłuszczonego, pełnego, natłuszczanego olejem roślinnym w proszku, wynosiła odpowiednio:  $2,43 \pm 0,13$ ;  $2,09 \pm 0,04$ ;  $2,19 \pm 0,28\text{ g H}_2\text{O}/100\text{ g}$  produktu, dla koncentratu białek serwatkowych –  $2,39 \pm 0,22\text{ g H}_2\text{O}/100\text{ g}$  produktu. Największą zawartość wody osiągnęła próbka odtłuszczonego mleka w proszku, natomiast najmniejszą – mleko pełne w proszku.

Uzyskane wyniki badań przeprowadzonych przy użyciu DSC przedstawiono na rycinie 1. Skład chemiczny badanych materiałów wywierał istotny wpływ na przemiany endotermiczne.



Ryc. 1. Krzywe DSC odtuszczonego, pełnego, natłuszczonego olejem roślinnym mleka w proszku i koncentratu białek serwatkowych 35%.

Fig. 1. The DSC curves of skimmed, whole, oiled by vegetal oil milk powder and whey protein concentrate 35%.

Na krzywej DSC dla próbki mleka pełnego wystąpiły dwa piki endotermiczne w zakresie temperatur od 7,5°C do około 52,9°C odpowiadające topnieniu tłuszczu mlecznego. Na podstawie otrzymanego diagramu DSC w zakresie temperatur od 9,2°C do 52,4°C zaobserwowano charakterystyczne przemiany endotermiczne dla próbki mleka natłuszczonego olejem roślinnym. Poszczególne piki odpowiadały temperaturom topnienia tłuszczu mlecznego oraz zawartego w badanej próbce oleju roślinnego (8). *Fitzpatrick* i wsp. (9) stwierdzili, że zawartość tłuszczu wpływa bezpośrednio na kształt krzywej DSC i cały przebieg diagramów DSC mleka w proszku. Na krzywej DSC mleka odtuszczonego i koncentratu białek serwatkowych nie zaobserwowano żadnego piku w tym zakresie temperatur. W przypadku diagramu DSC mleka pełnego w proszku, mleka odtuszczonego oraz mleka natłuszczonego olejem roślinnym zauważono delikatne piki endotermiczne w temperaturze około 103°C, które charakteryzują przemianę białek mleka. Krzywa DSC koncentratu białek serwatkowych charakteryzowała się najostrzejszym pikiem w temperaturze około 109°C. Zawartość białek w koncentracie była najwyższa, co spowodowało najwyraźniejszą przemianę fazową w zakresie temperatur przemiany termicznej białek mleka. Na diagramach DSC mleka pełnego, mleka odtuszczonego, mleka natłuszczonego olejem roślinnym w proszku oraz koncentratu białek serwatkowych w zakresie temperatur od 151,2°C do 179,5°C zauważono dwa piki endotermiczne. Powyższy zakres temperatur jest charakterystyczny dla przemiany fazowej laktozy,

która jest obecna w badanych próbkach. Łagodny kształt pików świadczy o amorficznym stanie laktozy stanowiącej składnik próbek. W temperaturze około 209,4°C zauważono bardzo wyraźny pik egzotermiczny. Przy tak wysokiej temperaturze przypuszczalnie może zachodzić proces utleniania tłuszczów (10).

## WNIOSKI

Skład chemiczny preparatów z mleka w proszku miał wpływ na kształt i przebieg krzywych DSC. Pierwsze wyraźne przemiany endotermiczne świadczą o obecności tłuszczu mlecznego i dodanego oleju roślinnego w składzie pełnego i natłuszczonego mleka w proszku. Najbardziej wyrazisty przebieg pików przemiany białek zaobserwowano dla koncentratu białek serwatkowych w proszku. Łagodny przebieg pików świadczących o obecności laktozy wskazuje na stan amorficzny tego cukru w badanych proszkach. Na podstawie uzyskanych wyników z wykorzystaniem techniki DSC można wnioskować o składzie chemicznym preparatów z mleka w proszku.

E. Ostrowska-Ligęza, M. Wirkowska-Wojdyła, A. Górską,  
J. Bryś, Ł. Brągoszewski, R. Madyniak

### THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION OF MILK POWDER ON ITS THERMAL PROPERTIES

#### Summary

In the study samples of milk powder of different chemical composition were characterized by using DSC. DSC curves obtained were characterized by the shape and course. In the DSC diagrams distinct, endothermic peaks as the evidence of the presence of milk fat and added vegetal oil were observed. A transition peak of protein of whey powder concentrate showed the most distinct course. Mild course of endothermic peaks in the case of lactose indicated an amorphous state of the sugar in the studied powders. On the basis of the shape and course of DSC curves the chemical composition of milk powder samples can be determined.

## PIŚMIENNICTWO

1. Szulc K., Lenart A.: Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci, *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2007; 54: 312-320. – 2. Schubert H.: Instantization of powdered foods, *Int. Chem. Eng.*, 1993; 1: 28-45. – 3. Adhikari B., Howes T., Bhandari B.R., Truong V.: Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods, *Int. J. Food Prop.*, 2001; 4: 1-33. – 4. *Praca zbiorowa*: Właściwości fizyczne żywności. Red Pałacha Z., Sitkiewicz I., 2010; Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa. – 5. PN-A-79011-3:1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości wody. – 6. Ostrowska-Ligęza E., Szulc K., Wirkowska M., Górską A., Lenart A.: Wpływ aglomeracji i powlekania odżywek w proszku dla niemowląt na stabilność niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, *Acta Agroph.*, 2012; 19(1): 77-88. – 7. Pałacha Z.: Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności, *Przem. Spoż.*, 2008; 62: 22-26. – 8. Ostrowska-Ligęza E., Szulc K., Lenart A.: Przemiany fazowe składników odżywek w proszku dla niemowląt, *Zesz. Problem. Postęp. Nauk Rol.*, 2010; 533: 171-182. – 9. Fitzpatrick J., J., Hodnett M., Towney M., Cerqueira P., O'Flynn J., Roos Y.: Glass transition and the flowability and caking of powders containing amorphous lactose, *Powder Technol.*, 2007; 178: 119-128. – 10. Ostrowska-Ligęza E., Wirkowska M., Kowalski B.: Termokinetyczna analiza tłuszczu z kukurydzy z wykorzystaniem różnicowej kalorymetrii skaningowej. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2009; 1(62): 128-139.