

WPLYW AKTYWNOŚCI WODY NA SYPKOŚĆ MLEKA W PROSZKU O RÓŻNYM SKŁADZIE SUROWCOWYM

Karolina Szulc, Jakub Estkowski, Arkadiusz Tuwalski, Andrzej Lenart

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ aktywności wody i składu surowcowego na sypkość modyfikowanego mleka w proszku. Badane materiały sypkie były zróżnicowane pod względem zawartości laktozy (21-57,8%). Analizowane mieszaniny nawilżano do aktywności wody 0,1; 0,2; 0,5 i 0,9. Oznaczono następujące właściwości fizyczne: zawartość i aktywność wody, średni wymiar cząstek, gęstość nasypową, współczynnik Hausnera i Carra, czas wysypu, kąt nasypu oraz kąt zsypania z powierzchni stalowej i szklanej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ aktywności wody i składu surowcowego na sypkość modyfikowanego mleka w proszku. Badane modyfikowane mleko w proszku było zróżnicowane pod względem rozmiaru cząstek, gęstości nasypowej oraz sypkości. Nawilżanie materiału do aktywności wody 0,2 (aglomeracja); 0,5 i 0,9 powodowało poprawę sypkości, wzrost wymiaru cząstek oraz obniżenie gęstości nasypowej modyfikowanego mleka w proszku.

Słowa kluczowe: aktywność wody, mleko w proszku, sypkość, aglomeracja

WSTĘP

Właściwości fizyczne materiałów sypkich uzależnione są od szeregu interakcji pomiędzy właściwościami pojedynczej cząstki (m.in. kształtem, wielkością, porowatością), a złożem cząstek i ich strukturą. Każdy z wyżej wymienionych czynników uzależniony jest od parametrów procesu, w których powstawał dany proszek spożywczy oraz warunków jego magazynowania. Szczególną rolę odgrywa tutaj wilgotność i temperatura otoczenia oraz ciśnienie złoża cząstek (Domian i Milczarski 2003).

Materiał sypki, który dodatkowo w swym składzie surowcowym zawiera amorficzną laktozę, wykazuje tendencję do zwiększonej higroskopijności, co

w dalszym etapie prowadzi do uzyskania proszku bardziej spójnego, ze zwiększoną zdolnością do zbrylania się, a tym samym do pogorszenia jego sypkości.

Aglomeracja zmienia strukturę sproszkowanych produktów spożywczych, dzięki czemu nadaje im określone cechy jakościowe. W wyniku granulacji uzyskuje się proszek o wysokim stopniu ujednorodnienia składu granulometrycznego, a polepszenie zdolności do płynięcia aglomerowanych proszków umożliwia ciągłość procesów, a więc ich mechanizację i automatyzację. W procesie aglomeracji unika się tworzenia zasklepień podczas opróżniania pionowych zbiorników, zabezpiecza się materiał sypki przed zbrylaniem. Granulacja ogranicza także segregację mieszanin ciał stałych (oddzielaniu się poszczególnych frakcji) (Knight 2004, Utsumi i in. 2001).

Celem pracy było określenie sypkości modyfikowanego mleka w proszku, z uwzględnieniem wpływu aktywności wody.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły trzy rodzaje mleka modyfikowanego dostępnego na rynku (Nan 1, Nan 2 Active, Hipp 3 Plus) o różnej zawartości (tab. 1).

Tabela 1. Skład surowcowy modyfikowanego mleka w proszku
Table 1. Raw material composition of infant milk powder

Modyfikowane mleko w proszku Infant milk powder	Laktoza Lactose (%)	Tłuszcz Fat (%)	Białko Protein (%)	Skrobia Starch (%)
I	57,8	27,7	9,6	0,0
II	40,0	23,9	11,2	0,0
III	21,0	21,5	15,0	11,9

Aktywność wody zmieniano w wyniku procesu nawilżania do wielkości 0,1; 0,5 i 0,9 oraz poprzez zastosowanie procesu aglomeracji (aktywność wody 0,2). Aktywność wody rzędu 0,5 uzyskano w eksykatorze z nasyconym roztworem azotanu magnezu, natomiast aktywność wody rzędu 0,9 w eksykatorze z wodą destylowaną. Aglomerację nawilżeniową w złożu fluidalnym przeprowadzono w aglomeratorze STREA 1 (Niro-Aeromatic AG) przy zastosowaniu wody oraz 2% wodnego roztworu lecytyny jako cieczy nawilżającej.

Dla każdego rodzaju modyfikowanego mleka w formie proszku oraz aglomeratu oznaczano następujące właściwości fizyczne (Pisecky 1997, Soerensen i in. 1978, Turchiuli i in. 2005): zawartość i aktywność wody, średni wymiar cząstek, gęstość nasypową, współczynnik Hausnera i Carra, czas wysypu, kąt nasypu oraz kąt zsypania z powierzchni stalowej i szklanej. Średni wymiar cząstek modyfikowa-

nego mleka w proszku wyznaczono przy zastosowaniu laboratoryjnej wytrząsarki sitowej na sitach o wielkości oczek: 0,20; 0,40; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25 i 1,6 mm. Gęstość nasypową luźną i utręsioną oznaczono z wykorzystaniem objętościomierza wstrząsowego STAV 2003 (Engelsmann AG).

WYNIKI I DYSKUSJA

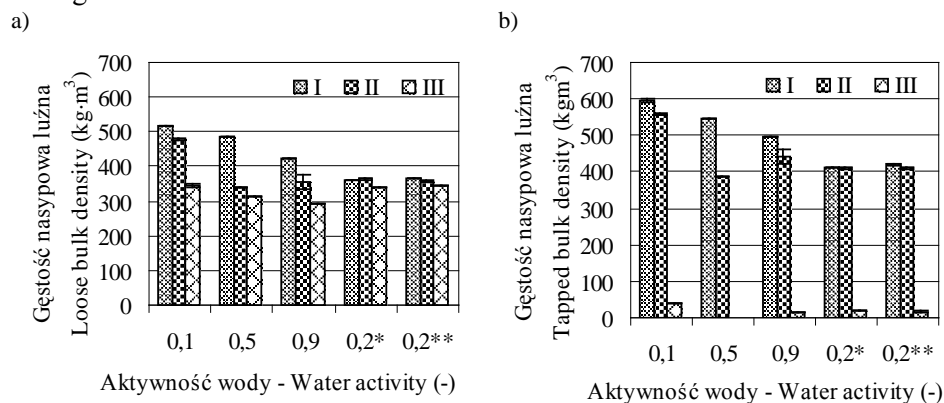
Woda jest jednym z głównych czynników determinujących intensywność przebiegu procesów biochemicznych, chemicznych i fizycznych, zachodzących w produktach żywnościowych (Pałacha, 2008). Analizowane, modyfikowane mleko w proszku różniło się zawartością wody (tab. 2). Nawilżanie do aktywności wody 0,5 i 0,9 oraz proces aglomeracji (aglomerat – aktywność wody 0,2) istotnie wpłynął na zawartość wody badanego materiału, niezależnie od składu surowcowego. Mieszaniny nawilżane do aktywności wody 0,9 wykazywały o ponad 20-26% większą zawartość wody w stosunku do materiału o aktywność wody 0,1.

Badane mieszaniny różniły się wymiarem cząstek (tab. 2). Na mniejszy wymiar cząstek mieszaniny III w stosunku do mleka I i II najprawdopodobniej wpływał udział skrobi (11%). Największą średnicę cząstek uzyskano dla modyfikowanego mleka w proszku o zawartości laktozy na poziomie 40 i 57,8% (modyfikowane mleko II i I), nawilżanego do aktywności wody 0,9, co można wyjaśnić niekontrolowanym procesem tworzenia skupisk cząstek – aglomeratów.

Na uzyskane wartości gęstości nasypowej zarówno luźnej, jak i utręsionej istotny wpływ wywierała aktywność wody oraz rodzaj modyfikowanego mleka w proszku (rys. 1). Nawilżanie modyfikowanego mleka w proszku powodowało obniżenie gęstości nasypowej. Wraz ze wzrostem zawartości laktozy (21-57,8%) w mieszaninie, jej gęstość nasypowa ulegała podwyższeniu. Aglomerowane mieszaniny o aktywności wody 0,2 charakteryzowały się najniższymi wartościami gęstości nasypowej luźnej i utręsionej. Aglomeracja umożliwia otrzymywanie proszków spożywczych o określonych właściwościach: o porowatej, otwartej strukturze, nieregularnym kształcie, o obniżonej gęstości nasypowej, o zmniejszonej podatności na zbrylanie w czasie przechowywania, dzięki poprawieniu powyższych właściwości otrzymane aglomeraty są m.in. bardziej sypkie (Dacanal i Menegalli 2009, Mukherjee i Bhattacharya 2006, Ghosal i in. 2010, Szulc i Lenart 2007).

Współczynnik Hausnera jest wskaźnikiem sypkości materiałów w proszku i związany jest z gęstością nasypową luźną i utręsioną. Badane, modyfikowane mleko w proszku charakteryzowało się współczynnikiem Hausnera poniżej 1,25, co wskazuje na materiał o bardzo dobrej sypkości, niezależnie od aktywności wody (Jinapong i in. 2008, Turchiuli i in. 2005) (tab. 2). Jedynie mieszanina III o najmniejszym udziale laktozy (21%) w składzie surowcowym wykazywała

współczynnik znacznie powyżej tej wartości, co może świadczyć o słabej sypkości tego materiału.



Rys. 1. Gęstość nasypowa luźna (a) i utrząsiona (b) modyfikowanego mleka w proszku

Fig. 1. Loose (a) and tapped (b) bulk density of infant milk powder

Objaśnienie/Explanation: * aglomeracja, ciecz nawilżająca: woda / agglomeration, wetting liquid: water, ** aglomeracja, ciecz nawilżająca: 2% roztwór lecytyny / agglomeration, wetting liquid: 2% lecithin solution

Z gęstością nasypową luźną i utrząsioną związany jest również współczynnik Carra. Wartość tego współczynnika poniżej 18% charakteryzuje materiał o bardzo dobrej sypkości, a w zakresie 18-25%, materiał o dobrej sypkości (Turchiuli i in. 2005). Analizowany materiał wykazywał zatem dobrą i bardzo dobrą sypkość (<25%) niezależnie od aktywności wody i składu surowcowego (tab. 2).

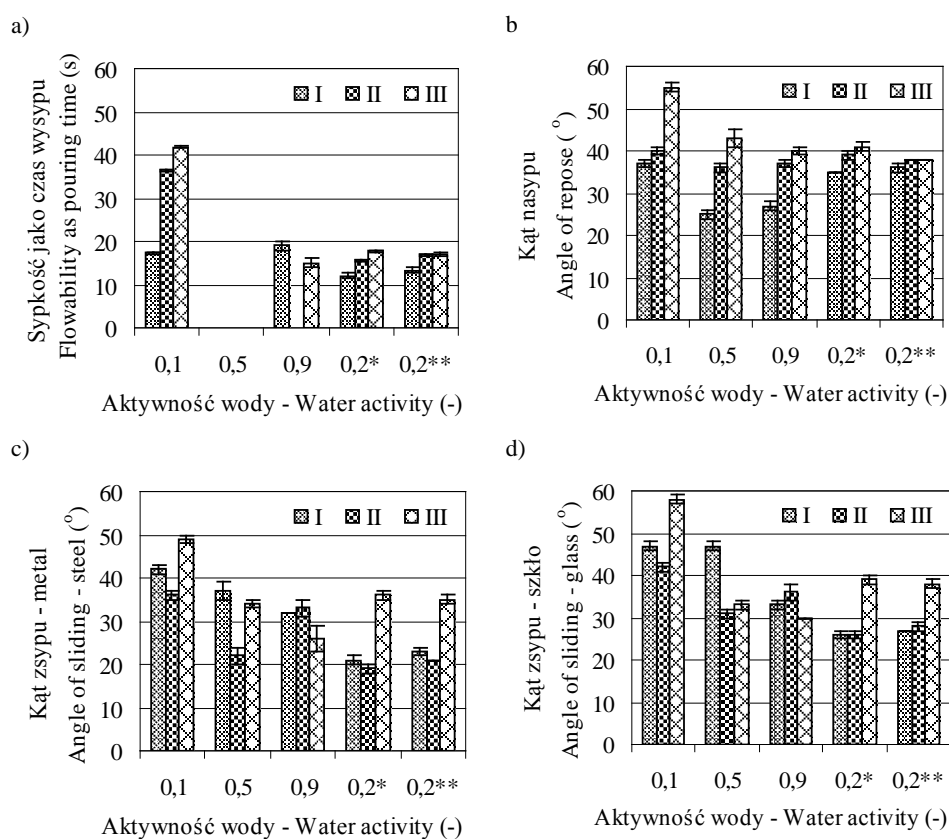
Na współczynniki Hausnera i Carra modyfikowanego mleka w proszku istotny wpływ wywierała aktywność i zawartość wody, co potwierdzają również badania prowadzone przez Abdullah i Geldart (1999) oraz Emery i in. (2009).

Na wartości sypkości, definiowanej jako czasu wysypu z cylindrycznego naczynia pomiarowego obracającego się ze stałą prędkością – istotny wpływ miała aktywność wody oraz rodzaj mieszaniny (rys. 2). W przypadku aktywności wody 0,5, nie następowało wysypywanie materiału. Proces aglomeracji, niezależnie od rodzaju mieszaniny (I, II i III) i rodzaju cieczy nawilżającej korzystnie wpłynął na wartość tego współczynnika. Otrzymane aglomeraty wykazywały bardzo dobrą sypkość, gdyż wysypywały się przez szczelinę cylindrycznego naczynia w czasie krótszym niż 20 s (Domian 2005).

Kolejnym wskaźnikiem sypkości proszków jest kąt nasypu, czyli kąt zawarty pomiędzy tworzącą, a podstawą stożka pryzmy swobodnie nasypanego proszku. Kąt ten decyduje o wielkości powierzchni składowania i o pojemności magazynowej. Im niższa jest wartość tego kąta – tym proszek charakteryzuje się lepszą sypkością (Shittu i Lawal 2007). Dla większości badanych mieszanin (modyfiko-

wanego mleka w proszku) kąt ten wynosił poniżej 40° , co wskazuje na materiał o dobrej sypkości (rys. 2). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem aktywności wody oraz wzrostem zawartości laktozy (21-57,8%) w składzie modyfikowanego mleka w proszku następowało istotne obniżenie kąta nasypu.

Innym wskaźnikiem sypkości proszków jest kąt zsyphu z różnych powierzchni – jest to kąt nachylenia powierzchni do poziomu, przy której następuje zsyphywanie się materiału. Na wartość kąta zsyphu z powierzchni stalowej i szklanej istotny wpływ miała aktywności wody oraz skład surowcowy mieszanin (rys. 2).



Rys. 2. Wskaźniki sypkości modyfikowanego mleka w proszku: a) czas wysypu, b) kąt nasypu, c) kąt zsyphu z powierzchni stalowej, d) kąt zsyphu z powierzchni szklanej

Fig. 2. Flowability factors of infant milk powder: a) pouring time, b) angle of repose, c) angle of slide on a stainless steel wall, d) angle of slide on a glass wall

Objaśnienie/Explanation: * aglomeracja, ciecz nawilżająca: woda / agglomeration, wetting liquid: water. ** aglomeracja, ciecz nawilżająca: 2% roztwór lecytyny / agglomeration, wetting liquid: 2% lecithin solution

Tabela 2. Właściwości fizyczne modyfikowanego mleka w proszku
Table 2. Physical properties of infant milk powder

Aktywność wody Water activity (-)	Zawartość wody Water content (%)			Średni wymiar cząstek Mean size of particles (mm)			Współczynnik Hausnera Hausner Ratio (-)			Współczynnik Carra Carra Index (%)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0,1	2,2	2,8	2,5	0,4-0,63	0,4-0,63	0,2-0,4	1,16	1,16	1,30	13,6	14,2	22,8
0,5	3,7	4,0	5,2	0,4-0,63	>2	1,25-1,6	1,12	1,25	1,17	10,7	20,0	14,3
0,9	22,7	25,1	28,1	1,25-1,6	>2	0,63-0,8	1,17	1,23	1,21	14,8	18,7	17,6
0,2*	3,5	3,9	3,9	0,8-1,0	1,0-1,25	0,8-1,0	1,14	1,13	1,15	12,5	11,5	13,2
0,2**	3,3	3,8	3,9	0,8-1,0	1,0-1,25	0,8-1,0	1,15	1,15	1,16	13,2	12,8	13,6

Objaśnienie / explanation: * aglomeracja, ciecz nawilżająca: woda / agglomeration, wetting liquid: water, ** aglomeracja, ciecz nawilżająca: 2% roztwór lecytyny / agglomeration, wetting liquid: 2% lecithin solution.

Dla badanego modyfikowanego mleka w proszku, w większości przypadków – kąt ten wynosił poniżej 40° , co świadczy o dobrej sypkości. Podobnie, jak w przypadku kąta nasypu stwierdzono istotny wpływ aktywności wody oraz zawartości laktozy (21-57,8%) na wartość kąta zsypania z różnych powierzchni. Wraz ze wzrostem aktywności wody badanych mieszanin następowało istotne obniżenie kąta zsypania.

WNIOSKI

1. Na sypkość badanego modyfikowanego mleka w proszku istotny wpływ miał skład surowcowy i aktywność wody. Analizowane, modyfikowane mleko różniło się wymiarem cząstek oraz gęstością nasypową luźną i utrzoną.
2. Wraz ze wzrostem zawartości laktozy (21,0-57,8%), w składzie modyfikowanego mleka w proszku następowała poprawa sypkości. Nawilżanie materiału do aktywności wody 0,5 i 0,9 powodowało pogorszenie sypkości (według współczynników Hausnera i Carra) modyfikowanego mleka w proszku tylko o zawartości 40,0% laktozy.
3. Proces aglomeracji, pomimo zwiększenia aktywności wody badanej żywności w proszku, wpłynął na dalszą poprawę sypkości (według współczynników Hausnera i Carra) modyfikowanego mleka w proszku, niezależnie od zawartości laktozy i rodzaju cieczy nawilżającej.
4. Analiza wskaźników sypkości (czas wysypu, kąt nasypu i kąt zsypania) wykazała dodatkowo wpływ podwyższonej aktywności wody na sypkość modyfikowanego mleka w proszku, szczególnie przy niższej zawartości laktozy.

PIŚMIENNICTWO

- Abdullah D.C., Geldart D., 1999. The use of bulk density measurements as flowability indicators, *Powder Technology*, 102, 151-165.
- Dacanal G.C., Menegalli F.C., 2009. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder Technology*, 188, 187-194.
- Domian E., 2005. Sypkość aglomerowanej modelowej żywności w proszku. *Acta Agrophysica*, 6, 605-615.
- Domian E., Milczarski Ł., 2003. Właściwości płynięcia wybranych spożywczych materiałów sypkich. *Technologia Alimentaria*, 2, 37-46.
- Emery E., Oliver J., Pugsley T., Sharma J., Zhou J., 2009. Flowability of moist pharmaceutical powders. *Powder Technology*, 189, 409-415.
- Ghosal S., Indira N.T., Bhattacharya S., 2010. Agglomeration of a model food powder: Effect of maltodextrin and gum Arabic dispersions on flow behavior and compacted mass. *Journal of Food Engineering*, 96, 222-228.
- Jinapong N., Suphantharika M., Jamnong P., 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84, 194-205.
- Knight P., 2004. Challenges in granulation technology. *Powder Technology*, 140, 156-166.

- Mukherjee S., Bhattacharya S., 2006. Characterization of agglomeration process as a function of moisture content using a model food powder. *Journal of Texture Studies*, 37, 35-49.
- Pałacha Z., 2008. Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności. *Przemysł Spożywczy*, 62, 22-26.
- Pisecky J., 1997. *Handbook of Milk Powder Manufacture* Copenhagen Niro A/S.
- Shittu T.A., Lawal M.O., 2007. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry*, 100, 91-98.
- Soerensen J.H., Krag J., Pisecky J., Westergaard V., 1978. *Analytical methods for dry milk products*. A/S Niro Atomizer Copenhagen, Denmark.
- Szulc K., Lenart A., 2007. Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 54, 312-320.
- Turchiuli Ch., Eloualia Z., El Mansouri N., Dumoulin E., 2005. Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties. *Powder Technology*, 157, 168-175.
- Utsumi R., Hata T., Hirano T., Mori H., Tsubaki J., Maeda T., 2001. Attrition testing of granules with a tapping sieve. *Powder Technology*, 119, 128-133.

EFFECT OF WATER ACTIVITY ON FLOWABILITY OF INFANT MILK POWDERS OF VARIOUS RAW MATERIAL COMPOSITION

Karolina Szulc, Jakub Estkowski, Arkadiusz Tuwalski, Andrzej Lenart

Department of Food Engineering and Process Management
Faculty of Food Science, University of Life Sciences
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: karolina_szulc@sggw.pl

Abstract. The paper presents a study on the effect of water activity and raw material composition on flowability of infant milk powder. Investigated material was diversified in terms of lactose content (21-57.8%). Analysed mixtures were wetted to the water activity of 0.1; 0.2, 0.5 and 0.9. Water content and activity, mean size of particles, loose and tapped bulk density, Hausner ratio and Carr index, pouring time, angle of repose, angle of slide on a stainless steel and glass wall were measured as physical properties. On the basis of studied material a significant effect of water activity and raw material composition on the flowability of infant milk powder was found. Tested modified milk powders were diversified on particle size distribution, bulk density and flowability. Wetting the material to water activity 0.2 (agglomeration), 0.5 and 0.9 caused improved flowability, increased particle size and decreased bulk density of modified milk powders.

Keywords: water activity, milk powder, flowability, agglomeration