

KAROLINA SZULC, ANDRZEJ LENART

WPLYW AGLOMERACJI NA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE SPROSKOWANYCH MODELOWYCH ODŻYWEK DLA DZIECI

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu aglomeracji nawilżeniowej w złożu fluidalnym na właściwości użytkowe otrzymywanych aglomeratów, na przykładzie sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci. Analiza właściwości użytkowych modelowych odżywek w proszku dla dzieci i utworzonych na ich podstawie aglomeratów obejmowała: średni wymiar cząstek, gęstość nasypową, porowatość, współczynnik Hausnera, indeks Carra, sypkość jako czas wysypu, kąt nasypu, zwilżalność i rozpuszczalność.

Aglomeracja nawilżeniowa badanych modelowych odżywek dla dzieci spowodowała znaczne zwiększenie średniej średnicy cząstek i porowatości oraz umożliwiła uzyskanie aglomeratu o dobrej sypkości i o obniżonej gęstości nasypowej. Sypkość aglomerowanych, sproszkowanych odżywek dla dzieci charakteryzowała się współczynnikiem Hausnera mniejszym od 1,25, indeksem Carra mniejszym od 18 i czasem wysypu krótszym niż 20 s.

Słowa kluczowe: aglomeracja, proszki spożywcze, odżywki w proszku dla dzieci, sypkość

Wprowadzenie

Obserwuje się coraz większe zapotrzebowanie na żywność wygodną, łatwo dostępną, umożliwiającą proste przygotowanie posiłków w dowolnym czasie i różnych sytuacjach. Poszukuje się takich sposobów przetwarzania i utrwalania surowców żywnościowych, aby otrzymać produkt bezpieczny, o podwyższonej jakości. Ma to szczególne znaczenie w przypadku produktów dla dzieci i niemowląt, gdyż te produkty gotowe muszą odpowiadać rygorystycznym wymaganiom.

Polski rynek produktów w proszku dla dzieci zdominowały odżywki mleczne (kaszki zbożowe, kaszki mleczno-ryżowe, a także kaszki mleczno-pszenne z dodatkiem substancji smakowej). Największy udział w rynku stanowią odżywki produkowane na bazie mleka, cukru, kaszki zbożowej (ryżowej, kukurydzianej lub pszennej)

i dodatków smakowych w postaci naturalnych proszków i/lub drobnych kawałków owoców.

Zachowanie się żywności w proszku przy kontakcie z cieczą – wodą lub mlekiem jest związane przede wszystkim z takimi właściwościami fizycznymi, jak: gęstość nasypowa, zwilżalność, rozpuszczalność, rozkład wielkości cząstek i cechy kształtu pojedynczej cząstki. Szczególną rolę odgrywa skład granulometryczny cząstek, gdyż wskazuje on na związek nie tylko z cechami użytkowymi proszku, lecz decyduje o jego zachowaniu się podczas dalszych procesów, to jest transportu pneumatycznego, dozowania i pakowania [3, 6, 7, 9].

Drobnoziarniste proszki niejednokrotnie są uciążliwe w obrocie. Zastosowanie aglomeracji, polegającej na powiększaniu rozmiarów ciał stałych poprzez łączenie drobnych cząstek w większe skupiska, umożliwia otrzymywanie produktów spożywczych o pożądanych właściwościach (dobrej sypkości, rozpuszczalności, zwilżalności). Powyższe wymagania spełnia uzyskanie granulek o porowatej, otwartej strukturze, nieregularnym kształcie, jednorodnej wielkości, stosunkowo dobrej wytrzymałości. Aglomeracja również stwarza możliwość kreowania nowego produktu atrakcyjnego dla konsumenta [2, 5, 7].

Celem pracy było określenie wpływu aglomeracji nawilżeniowej poprzez mieszanie w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym na właściwości użytkowe otrzymywanych aglomeratów na przykładzie sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci.

Material i metody badań

Material badawczy, modelową żywność w proszku, stanowiły mieszaniny tworzone na bazie popularnych na rynku proszków spożywczych tj.: mleka w proszku (MP), cukru pudru (CP), kaszki ryżowej (KR) i proszku truskawkowego (PT).

Badane modelowe odżywki sproszkowane dla dzieci zawierały:

- A (MP 0%, CP 25%, KR 73%, PT 2%),
- B (MP 40%, CP 25%, KR 33%, PT 2%),
- C (MP 73%, CP 25%, KR 0%, PT 2%).

Proces aglomeracji prowadzono z zastosowaniem urządzenia STREA 1/Niro-Areomatic AG. Parametry aglomeracji były następujące: wsad – mieszanina 300 g, ciecz nawilżająca – 48 g wody, 49 g 2% wodnego roztworu lecytyny lub 60 g 50% wodnego roztworu cukru, temp. powietrza wlotowego $50 \pm 2^\circ\text{C}$, strumień przepływu powietrza przez złoże $50\text{--}80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, ciśnienie sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej 0,2 MPa, nawilżanie z przerwami trwające do 10 min, suszenie aglomeratu 12 min w temp. powietrza wlotowego $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

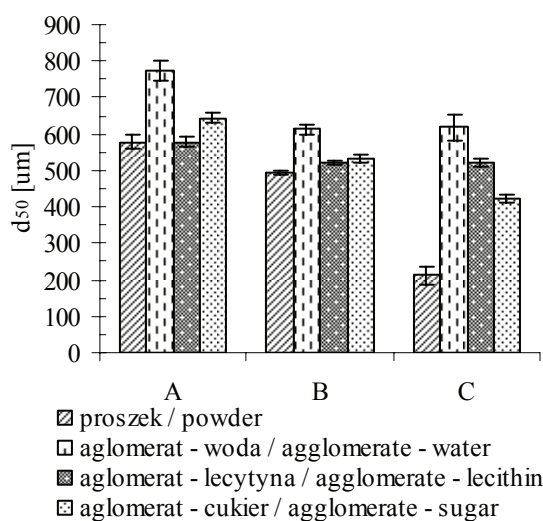
Analiza właściwości użytkowych sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci i utworzonych na ich podstawie aglomeratów obejmowała [1, 8]: średni wymiar

cząstek (średnia średnica objętościowa, analizator wielkości cząstek ciał stałych w powietrzu AWK – V 97 / Kamika Warszawa), gęstość nasypową luźną i utręzioną (według DIN 66145, objętościomierz wstrząsowy STAV 2003/Engelsmann AG), porowatość złoża luźno usypanego i upakowanego (utręzionego), współczynnik Hausnera, indeks Carra, sypkosć, kąt nasypu [4], zwilżalność i rozpuszczalność.

Wszystkie pomiary i oznaczenia powtarzano trzykrotnie.

Wyniki i dyskusja

Wielkość cząstek odgrywa decydującą rolę w procesach związanych z obrotem materiałami sypkimi oraz powiązana jest z cechami użytkowymi proszków. Wraz ze zwiększaniem udziału mleka w proszku w mieszaninie, od 0 do 73%, średnia średnica cząstek ulegała zmniejszeniu (rys. 1). Aglomeracja niezależnie od zastosowanej cieczy nawilżającej powodowała powiększenie wymiaru cząstek (średniej średnicy cząstek). Aglomeracja wodą powodowała, że utworzone aglomeraty charakteryzowały się największą średnicą cząstek w stosunku do aglomeratów utworzonych za pomocą wodnych roztworów lecytyny lub cukru. Średnia średnica cząstek mieszanin po aglomeracji, przy udziale jako cieczy nawilżającej roztworu lecytyny i cukru, uzależniona była od składu surowcowego modelowych odżywek dla dzieci (rys. 1).

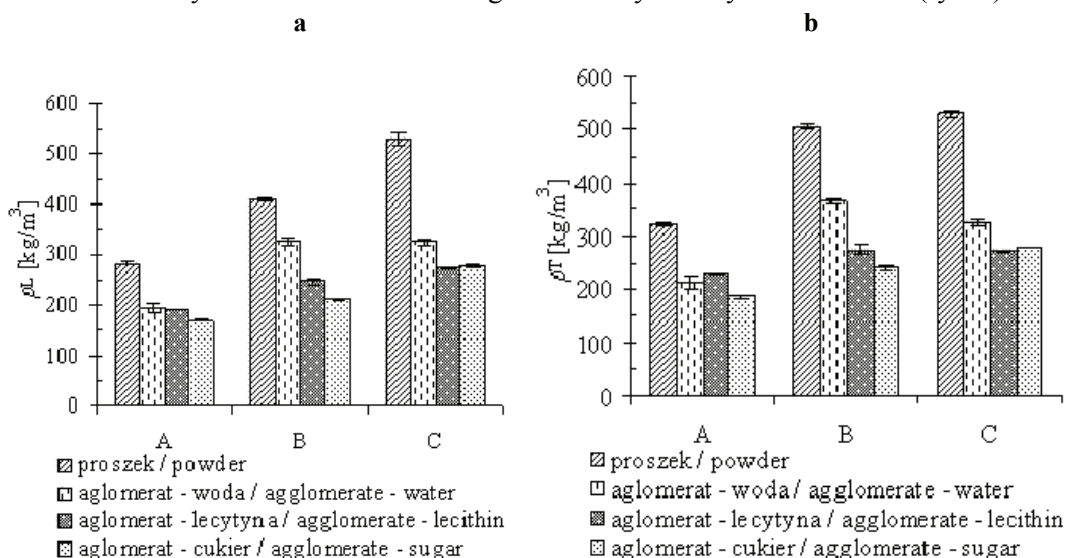


Rys. 1. Wpływ aglomeracji na średni wymiar cząstek (średnią średnicę objętościową) d_{50} .

Fig. 1. Influence of agglomeration on mean particle size (mean diameter of volume) d_{50} .

Na rys. 2. przedstawiono wpływ aglomeracji na gęstość nasypową luźną i utręzioną, która związana jest ze składem granulometrycznym cząstek – upakowaniem złoża. Modelowe sproszkowane odżywki dla dzieci były mieszaninami o większej

gęstości niż utworzone na ich podstawie aglomeraty. Zastąpienie udziału kaszki ryżowej mlekiem w proszku powodowało znaczny wzrost gęstości nasypowej luźnej i utrząsionej. Aglomeracja spowodowała obniżenie gęstości nasypowej zarówno mieszanin aglomerowanych wodą, jak i roztworem cukru lub lecytyny. Największym zmniejszeniem gęstości w stosunku do mieszanin przed aglomeracją cechowały się aglomeraty powstałe przy udziale jako cieczy nawilżającej roztworu lecytyny i cukru, uzależniona była od składu surowcowego modelowych odżywek dla dzieci (rys. 1).



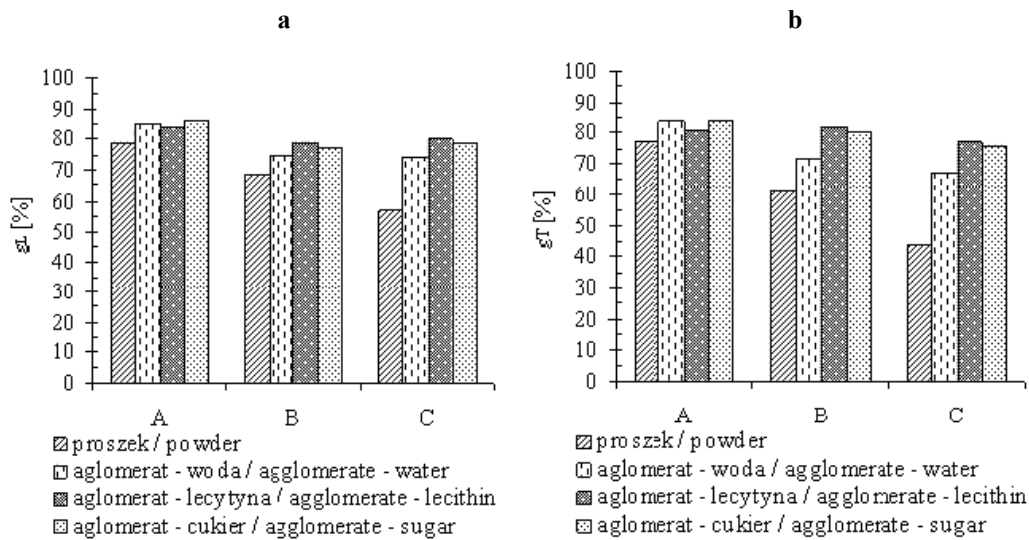
Rys. 2. Wpływ aglomeracji na gęstość nasypową luźną ρ_L i utrząsioną ρ_T .

Fig. 2. Influence of agglomeration on loose ρ_L and tapped ρ_T bulk density ρ_T .

Z gęstością nasypową związana jest porowatość złoza. Pomiedzy porowatością a gęstością nasypową występuje odwrotna zależność. Im większa jest gęstość nasypowa tym porowatość złoza mniejsza. Wraz ze wzrastającym udziałem mleka w proszku w mieszaninie nieaglomerowanej porowatość złoza luźno usypanego i utrząsionego malała (rys. 3). Zastosowanie procesu aglomeracji powodowało zwiększenie porowatości złoza niezależnie od rodzaju zastosowanej cieczy nawilżającej. Aglomeracja za pomocą 50% wodnego roztworu cukru spowodowała nieznaczne zwiększenie porowatości aglomeratów, w których skład wchodziło mleko w proszku w porównaniu z pozostałymi aglomeratami utworzonymi za pomocą wody i 2% wodnego roztworu lecytyny (rys. 3).

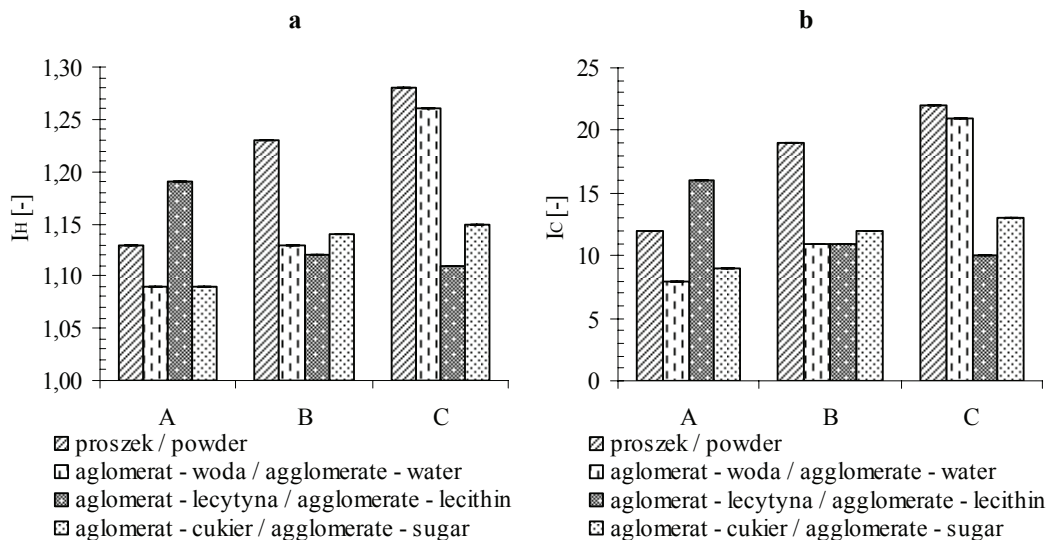
Współczynnik Hausnera I_H jest wskaźnikiem sypkości materiałów w proszku i związany jest z gęstością nasypową luźną i utrząsioną. Współczynnik I_H poniżej 1,25 charakteryzuje badane materiały sypkie jako proszki o bardzo dobrej sypkości, swobodnie płynące. Badane modelowe sproszkowane odżywki dla dzieci przed i po proce-

się aglomeracji charakteryzowały się bardzo dobrą sypkością, tj. współczynnikiem Hausnera poniżej wartości 1,25 (rys. 4). Jedynie mieszanina C przed i po aglomeracji wodą przekraczała tę wartość, co wskazuje, że materiał ten charakteryzował się słabą sypkością.



Rys. 3. Wpływ aglomeracji na porowatość złoża luźno usypanego ϵ_L i utrzonego ϵ_T

Fig. 3. Influence of agglomeration on porosity loose ϵ_L and tapped deposit ϵ_T

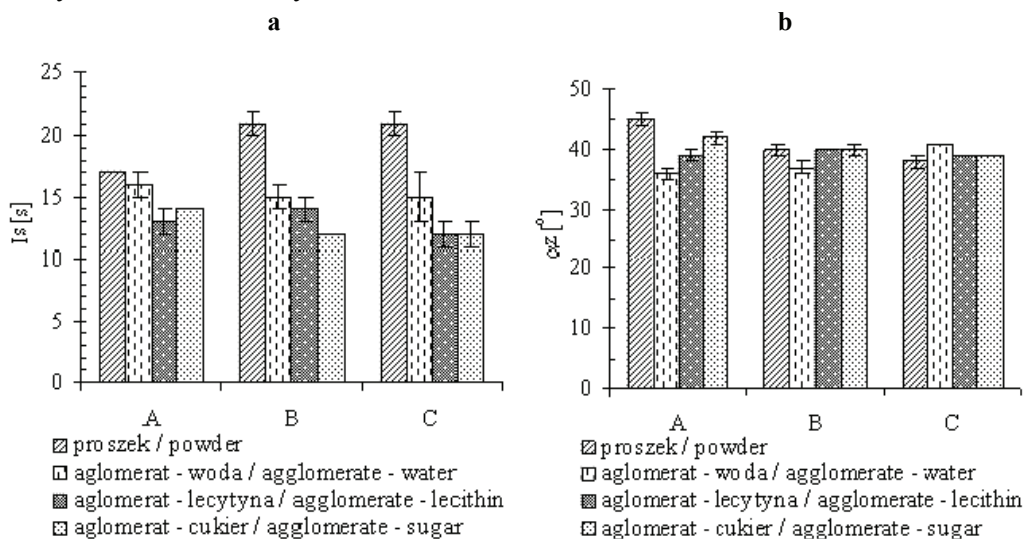


Rys. 4. Wpływ aglomeracji na współczynnik Hausnera I_H i indeks Carra I_C .

Fig. 4. Influence of agglomeration on Hausner ratio I_H and Carr index I_C .

Z gęstością nasypową luźną i utrzesioną związany jest kolejny wskaźnik sypkości – indeks Carra I_c . Wartość I_c poniżej 18% charakteryzuje proszki o bardzo dobrej sypkości, a I_c w przedziale 18-25%, jako proszki o dobrej sypkości. Badane modelowe sproszkowane odżywki dla dzieci przed i po aglomeracji na podstawie indeksu Carra charakteryzowały się dobrą i bardzo dobrą sypkością (rys. 4).

Sypkość badanych modelowych odżywek dla dzieci rozumiana jako czas wysypu I_s przez szczelinę określonej objętości proszku z obracającego się ze stałą prędkością cylindrycznego naczynia została przedstawiona na rys. 5 a. Badane modelowe odżywki w proszku na podstawie I_s charakteryzowały się dobrą sypkością. Mieszanki aglomerowane, niezależnie od składu i rodzaju cieczy nawilżającej według tego wyróżnika wykazują bardzo dobrą sypkość, gdyż wysypują się przez szczelinę cylindrycznego naczynia w czasie krótszym niż 20 s.



Rys. 5. Wpływ aglomeracji na sypkość jako czas wysypu I_s i kąt nasypu α_z .

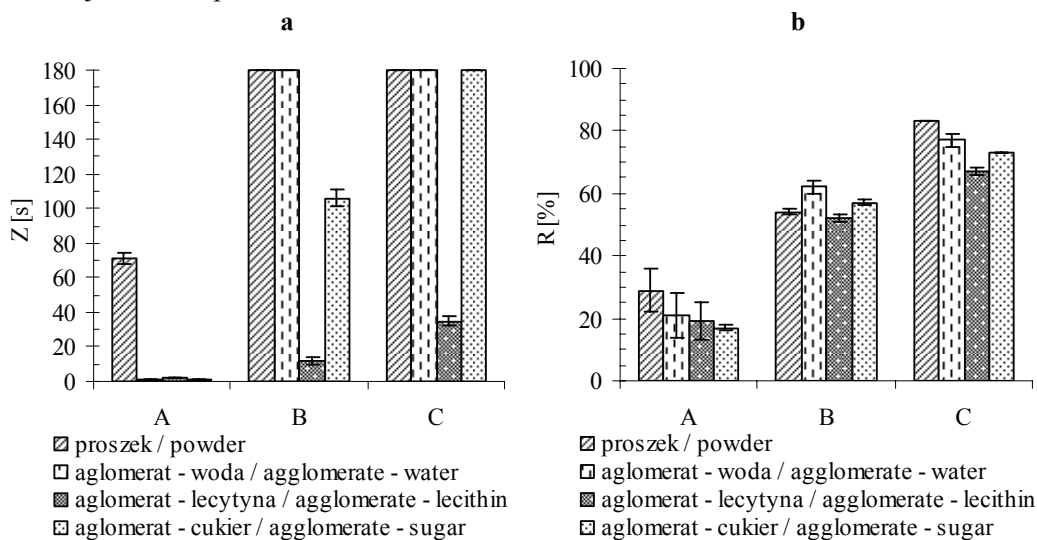
Fig. 5. Influence of agglomeration on flowability as a pouring time I_s and angle of repose α_z .

Kąt nasypu α_z jest również wskaźnikiem sypkości proszków (rys. 5b). Zastąpienie udziału kaszki ryżowej mlekiem w proszku w mieszaninie spowodowało wzrost kąta nasypu, a tym samym pogorszenie sypkości badanych modelowych odżywek dla dzieci w proszku. Kąt nasypu powyżej 45° charakteryzuje badane odżywki jako materiały o słabej sypkości mogące stwarzać problemy w obrocie tj. podczas mieszania, dozowania czy transportu [4].

Z odtwarzalnością proszku w cieczy związane są takie procesy, jak zwilżalność i rozpuszczalność (rys. 6a) [8]. Zwilżalność wyrażana jest w sekundach jako czas potrzebny do zatonięcia określonej objętości proszku pod swobodną powierzchnią cieczy.

Wraz z dodatkiem mleka w proszku w mieszaninie, zwilżalność badanych modelowych odżywek dla dzieci uległa zmniejszeniu. Aglomeracja mieszaniny A, niezależnie od zastosowanej cieczy nawilżającej, i mieszaniny B, z 2% wodnym roztworem lecytyny, spowodowała znaczne zmniejszenie czasu zwilżania poniżej 15 s, a tym samym nadanie tym produktom cechy instant.

Rozpuszczalność badanych materiałów w proszku, rozumianą jako szybkość rozpuszczania, przedstawiono na rys. 6 b. Zastąpienie udziału kaszki ryżowej mlekiem w proszku od 0 do 73% w odżywece powodowało znaczny wzrost rozpuszczalności. Aglomeracja badanych modelowych odżywek dla dzieci spowodowała nieznaczne zmniejszenie rozpuszczalności.



Rys. 6. Wpływ aglomeracji na zwilżalność Z i rozpuszczalność R.

Fig. 6. Influence of agglomeration on wettability Z and solubility R.

Wnioski

1. Aglomeracja nawilżeniowa w złożu fluidalnym badanych modelowych odżywek dla dzieci spowodowała znaczne zwiększenie średniej średnicy cząstek i porowatości oraz umożliwiła uzyskanie aglomeratu o dobrej sypkości, obniżonej gęstości nasypowej, niezależnie od składu surowcowego i rodzaju zastosowanej cieczy nawilżającej.
2. Aglomerowane sproszkowane odżywki dla dzieci, niezależnie od zastosowanej cieczy nawilżającej, składu modelowej odżywki i upakowania złoża, według wyznaczonych wyróżników wykazały bardzo dobrą sypkość, charakteryzującą się współczynnikiem Hausnera mniejszym od 1,25, indeksem Carra mniejszym od 18 i czasem wysypu krótszym niż 20 s.

3. Zwiększanie udziału mleka w proszku w przedziale od 0 do 73% z równoczesnym zmniejszaniem kaszki ryżowej w zakresie od 73 do 0% wpływa na zmniejszanie średniej średnicy cząstek, zwiększanie gęstości nasypowej oraz polepszenie zwilżalności badanych modelowych odżywek dla dzieci.
4. Aglomeracja nawilżeniowa 2% wodnym roztworem lecytyny, jak i 50% wodnym roztworem cukru wpłynęła, w porównaniu z aglomeracją przy zastosowaniu wody jako cieczy nawilżającej, na zmniejszenie średniej średnicy cząstek i gęstości nasypowej oraz polepszenie sypkości i zwilżalności przy tendencji do zmniejszenia rozpuszczalności.
5. Aglomeracja sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci 2% wodnym roztworem lecytyny powodowała nabywanie właściwości instant przez utworzone aglomeraty, wpływając na znaczne polepszenie ich zwilżalności.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2009 jako projekt badawczy. Była ona prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.

Literatura

- [1] Domian E., Bialik E.: Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku. *Acta Agrophysica*. 2006, **8** (4), 803-814.
- [2] Domian E., Janowicz M., Kowalska H., Lenart A.: Sypkość białkowo-węglowodanowych mieszanin proszków spożywczych aglomerowanych w złożu fluidalnym. *Inż. Roln.* 2005, **11** (71), 59-67.
- [3] Fuchs M., Turchiuli, Bohin M., Cuvelier M.E., Ordonnaud, Peyrat-Maillard M.N., Dumoulin E.: Encapsulation of oil in powder using spray and fluidized bed agglomeration. *J. Food Engin.* 2006, **75**, 27-35.
- [4] Kowalska J., Lenart A.: Wpływ aglomeracji i powlekania na kinetykę sorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku. *Inż. Roln.* 2002, **4** (37), 72-79.
- [5] Shittu T.A., Lawal M.O.: Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chem.*, 2007, **100**, 91-98.
- [6] Smewing J.: Handling the powder problem. *Powder Handling and Processing*, 2002, **4** (14), 283-285.
- [7] Smolders K., Baeyens J.: A characterization of cohesive and free flowing powders. *Powder Handling and Processing*, 2005, **4** (17), 196-199.
- [8] Turchiuli Ch., Eloualia Z., El Mansouri N., Dumoulin E.: Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties. *Powder Technology*. 2005, **157**, 168-175.
- [9] Zbikowski Z., Żbikowska A.: Właściwości fizyczne i funkcjonalne proszków mlecznych. *Przegl. Mlecz.* 2007, **2**, 10-12.

INFLUENCE OF AGGLOMERATION ON USEFUL PROPERTIES OF POWDERED MODEL NUTRIENTS FOR CHILDREN**S u m m a r y**

The aim of this study was investigation of influence of wet agglomeration at fluidized bed on useful properties of powdered model nutrients for children. Analysis of useful properties included: mean of particle size, bulk density, porosity, Hausner ratio, Carr index, flowability as a pouring time, angle of repose, wettability and solubility. Wet agglomeration of powdered model nutrients for children causes increase of diameter mean of particle size and porosity and it makes possible to obtain agglomerates with good flowability and reduced bulk density. Flowability of powdered agglomerated nutrients for children characterized Hausner ratio lower than 1.25, Carr index lower than 18 and pouring time shorter than 20 seconds.

Key words: agglomeration, food powders, nutrients for children, flowability ☒