

WPŁYW AGLOMERACJI I SKŁADU SUROWCOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI GEOMETRYCZNE AGLOMEROWANYCH PROSZKÓW

Monika Janowicz, Ewa Domian, Hanna Kowalska, Andrzej Lenart

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Technologia Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: janowicz@alpha.sggw.waw.pl

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu aglomeracji nawilżeniowej oraz składu surowcowego mieszanin spożywczych na właściwości geometryczne otrzymywanych aglomeratów. Zakres badań obejmował analizę wpływu metody aglomeracji nawilżeniowej przez mieszanie na właściwości geometryczne aglomeratów, na przykładzie wybranych mieszanin proszków spożywczych o charakterze białkowo-węglowodanowym. Aglomerację przez mieszanie przeprowadzono w pneumatycznie lub mechanicznie generowanym złożu fluidalnym. Zmiany właściwości geometrycznych mieszanin proszków spożywczych określano na podstawie zdjęć wykonanych w mikroskopie stereoskopowym. Obróbki otrzymanych zdjęć dokonano za pomocą programu do analizy komputerowej obrazu. Wykazano zróżnicowanie właściwości geometrycznych badanych mieszanin w wyniku zmiany składu surowcowego oraz przeprowadzonego procesu aglomeracji. Zaobserwowano różnice w strukturze powierzchni aglomeratów otrzymanych w mechanicznie i pneumatycznie generowanym złożu. Stwierdzono wpływ metody aglomeracji na właściwości geometryczne mieszanin proszków spożywczych o charakterze białkowo-węglowodanowym.

Słowa kluczowe: aglomeracja, proszki spożywcze, wielkość cząstek

WYKAZ OZNACZEŃ

s – powierzchnia rzutu (mm^2),
 p – obwód rzutu (mm),
 F_{max} – maksymalna średnica Fereta (mm),
 F_{min} – minimalna średnica Fereta (mm),
 d – średnica rzutu (mm),
 f – współczynnik wydłużenia ($\text{mm}\cdot\text{mm}^{-1}$),
 c – współczynnik krągłości ($\text{mm}^2\cdot\text{mm}^{-2}$),
 v – objętość (mm^3),
 y – udział ilościowy (%).

WSTĘP

Wzrok jest najważniejszym zmysłem człowieka, pozwalającym na najdokładniejsze badania otaczającego świata. Dlatego też jednym z głównych zadań technik badawczych jest przedstawienie opisanych obiektów, procesów czy zjawisk w postaci obrazów. Z drugiej strony bardzo wygodnym sposobem przedstawiania rzeczywistości jest jej opis za pomocą liczb. Opis taki pozwala na formułowanie zależności matematycznych łączących ze sobą różne cechy charakteryzowanego przedmiotu czy zjawisk [4,10]. Obecnie stosowane programy analityczne pozwalają określić i obliczyć dziesiątki parametrów np.: liczbę analizowanych obiektów, długość, szerokość, pole powierzchni, długość obwodu, środek ciężkości, współczynniki kształtu, gęstość optyczną i wiele innych, na podstawie których można obliczyć wartości pochodne [5]. Analiza obrazu może służyć do wyszczególnienia składowych mieszanin lub do stwierdzenia stopnia wymieszania różnego rodzaju mieszanin spożywczych również w postaci proszku. Dzięki technice komputerowej można ocenić skład granulometryczny produktów bez mechanicznego przesiewania ich na sitach powodujących rozdrobnienie materiału [6,7]. Systemy wizyjne analizy obrazu umożliwiają różnicowanie badanych materiałów w oparciu o ich cechy geometryczne, skorelowane z odpowiednim współczynnikiem kształtu [2,3].

Systemy zdyspergowane, emulsje, piany, zawiesiny czy proszki, występują w wielu gałęziach przemysłu, jak chemiczny, kosmetyczny, farmaceutyczny czy spożywczy. Mikrostruktura systemów zdyspergowanych, które w skali makro być mogą traktowane jako homogeniczne i ciągłe, determinuje wiele ich właściwości fizycznych, a w konsekwencji ich jakość i funkcjonalność. Stabilność, reologia, cechy sensoryczne, kinetyka wymiany masy czy właściwości optyczne systemu zdyspergowanego są przykładowymi właściwościami, na które ogromny wpływ ma jego mikrostruktura. Strukturę produktu określa wybór składników jak też metody jego wytwarzania. Wiedza o wpływie parametrów procesowych na charakterystykę strukturalną jest niezbędna. Pożądana mikrostruktura może być osiągnięta przez wybór odpowiednich warunków procesowych oraz skorelowanie ich ze składem mieszanin. Produkty w proszku stanowią grupę systemów zdyspergowanych o dużym znaczeniu praktycznym. Charakterystyka jakościowa proszków najczęściej obejmuje aspekty związane z ich obrotem – sypkość czy zabezpieczenie przed pyleniem, jak też aspekty związane z odtwarzaniem w cieczy – zwilżalność, dyspergowalność czy rozpuszczalność. Właściwości te są w znacznym stopniu określone przez mikrostrukturę sproszkowanego produktu [7,8].

Celem pracy było zbadanie wpływu aglomeracji nawilżeniowej mieszanin w proszku na strukturę otrzymywanych aglomeratów. Zakres badań obejmował analizę właściwości geometrycznych dwóch mieszanin proszków spożywczych o charakterze

białkowo-węglowodanowym z uwzględnieniem wpływu metody aglomeracji nawilżeniowej przez mieszanie w złożu fluidalnym oraz składu mieszaniny.

METODYKA BADAŃ

Proces aglomeracji prowadzono dwoma sposobami w mechanicznie i pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym.

Mechanicznie generowano złożo fluidalne w mieszalniku lemieszowo – pływającym typ L5/Lödige z zastosowaniem następujących parametrów procesu aglomeracji: wsad – mieszanina 400 g; ciecz nawilżająca – woda (70 g); temperatura granulacji $22 \pm 2^\circ\text{C}$; prędkość mieszadła impelerowego 200 obr/min; czas granulacji – 3 min, ciśnienie sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej 50 kPa; suszenie aglomeratu 30 minut przy temperaturze powietrza wlotowego $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

Zastosowanie urządzenia STREA 1/Nitro-Aeromatic AG pozwoliło otrzymać aglomeraty proszków spożywczych w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym. Parametry procesu aglomeracji dla tego typu urządzenia były następujące: wsad – mieszanina 300 g; ciecz nawilżająca – woda 60 g; temperatura powietrza wlotowego $50 \pm 2^\circ\text{C}$; strumień przepływu powietrza przez złożo od 50 do $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; ciśnienie sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej 50 kPa, nawilżanie z przerwami w czasie do 10 minut; suszenie aglomeratu 15 minut przy temperaturze powietrza wlotowego $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

Materiał badawczy stanowiły mieszaniny tworzone na bazie serwatki oraz izolatu białka sojowego. Symulacja składu mieszaniny A (66% serwatki i 34% izolatu sojowego) pod względem ogólnej zawartości białka i węglowodanów, odpowiadała składowi odtłuszczonego mleka w proszku. Natomiast symulacja składu mieszaniny B (34% serwatki i 66% izolatu sojowego), odpowiadająca składem koncentratowi białek mleka w proszku, może stanowić modelową odżywkę białkową.

Zmiany struktury cząstek badanych mieszanin A i B w wyniku aglomeracji, określano na podstawie zdjęć wykonanych za pomocą mikroskopu stereoskopowego MST 131. Obróbki otrzymanych zdjęć dokonano przy użyciu programu komputerowego MultiScanBase v. 13.01. firmy Computer Scanning Systems.

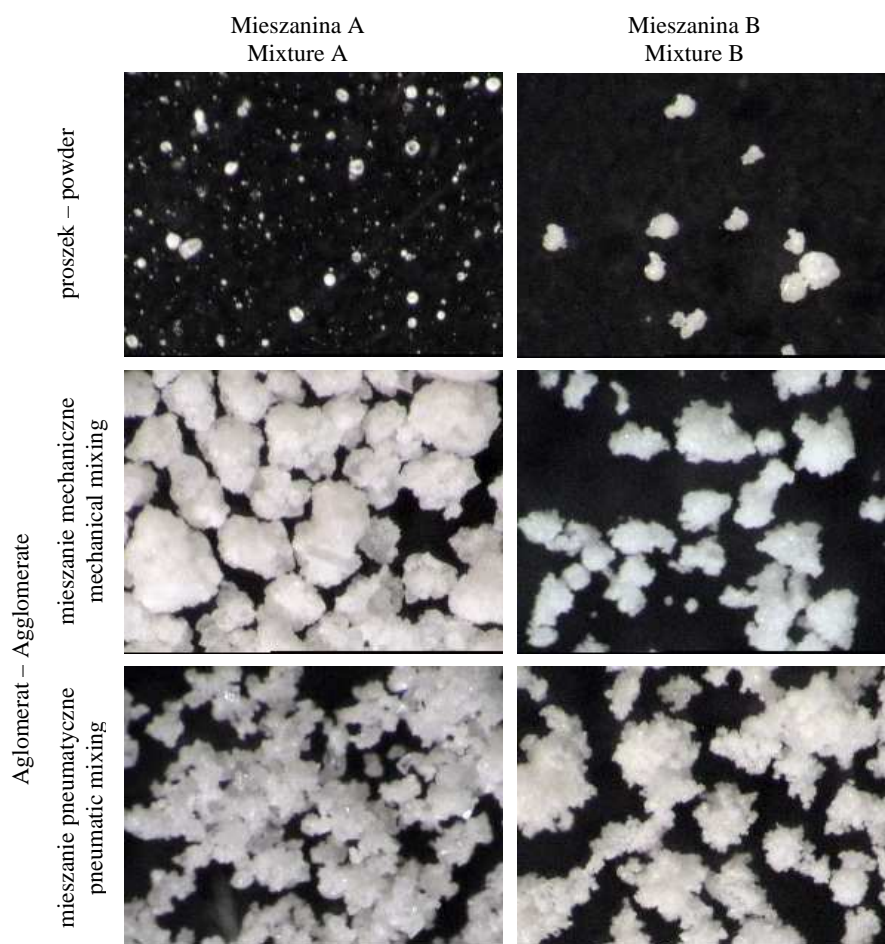
Analizie komputerowej obrazu poddawano każdorazowo około 400 cząstek badanych mieszanin A i B odpowiednio w formie proszku i aglomeratu. Dla każdej pojedynczej cząstki określano następujące wielkości geometryczne: powierzchnię rzutu s , obwód rzutu p , średnice Fereta F_{max} i F_{min} , średnicę rzutu d , współczynnik wydłużenia f , współczynnik krągłości c i objętość v . Wielkości s , p , F_{max} i F_{min} wyznaczano bezpośrednio przy pomocy programu MultiScan, natomiast pozostałe wielkości obliczano. Średnicę rzutu obliczano na podstawie pola powierzchni s z zależności $d = 2\sqrt{s/\pi}$. Jako miarę wydłużenia cząstek f przyjęto

stosunek średnic Fereta maksymalnej do minimalnej $f = F_{\max} / F_{\min}$. Współczynnik krągłości c wyliczano na podstawie wyznaczonych wielkości s i p , z następującej zależności $c = (4 \cdot \pi \cdot s) / p^2$. Objętość cząstek v obliczano jako objętość sfery obrotowej, dla której za podstawowe wymiary przyjęto dwie średnice Fereta i średnicę rzutu, $v = [\pi \cdot (F_{\max} \cdot F_{\min} \cdot d)] / 6$ [1]. Wpływ aglomeracji nawilżeniowej mieszanin w proszku na właściwości geometryczne otrzymanych aglomeratów poddano analizie statystycznej wykonanej na bazie analizy wariancji na podstawie tablicy sumarycznej ANOVA w programie Statistica 5.0. W celu dokonania analizy porównawczej otrzymanych wyników badań i ich wzajemnych relacji przeprowadzono test NIR (Najmniejszej Istotnej Różnicy). Test ten jest równoważny testowi T dla prób niezależnych lub zależnych, opartemu na liczebności n odpowiednich komórek planu wymaganych w porównaniach. Po wybraniu tej opcji otrzymany arkusz wyników przedstawiano jako macierz wartości poziomu istotności p dla odpowiednich par średnich. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono przy poziomie istotności równym 0,05 [9].

WYNIKI

Ocena zdjęć wykonanych dla badanych mieszanin A i B pozwoliła stwierdzić wyraźny wpływ procesu aglomeracji na wzrost wymiarów oraz zmianę kształtu cząstek bez względu na ich skład surowcowy. Jednocześnie zaobserwowano, że obecność większej ilości węglowodanów w mieszaninie A sprzyja powstawaniu dużych cząstek o bardziej gładkiej powierzchni w mechanicznie generowanym złożu fluidalnym. Natomiast obecność większej ilości białka w mieszaninie B pozwala wytworzyć aglomerat o większych cząstkach na drodze mieszania pneumatycznego (rys. 1). Omawiając wielkość cząstek należy również zwrócić uwagę, że proszki które zostały sporządzone z dużym udziałem białka (mieszanina B – rys. 1) już jako suche proszki mają tendencje do samoistnego tworzenia małych aglomeratów, które następnie w procesie aglomeracji znacznie powiększają swoje wymiary geometryczne.

Badając wpływ aglomeracji jak i składu surowcowego na cechy geometryczne cząstek wybranych mieszanin proszków spożywczych przeprowadzono analizę zależności pomiędzy średnimi wartościami wskaźników s , p , d , v , współczynnika wydłużenia f oraz współczynnika kształtu c . Wartości te wyznaczono na podstawie sporządzonych rozkładów ilościowych dla badanych cząstek i przedstawiono w tabeli 1 wraz z odchyleniami standardowymi.



Rys. 1. Zdjęcia badanych mieszanin. Powiększenie 40 razy
Fig. 1. Photographs of investigated mixtures. Enlargement 40 times

Analiza danych potwierdziła jednoznacznie wpływ aglomeracji na wzrost wartości średnich badanych wskaźników określających geometrię cząstek mieszanin A i B. Jednocześnie zaobserwowano obniżenie wartości współczynnika krągłości c bez względu na rodzaj przeprowadzonej aglomeracji, co pokazuje, że otrzymujemy po procesie aglomeracji cząstki o większym i bardziej rozbudowanym obwodzie rzutu w stosunku do powierzchni rzutu (tab. 1). Mieszanina A (66% serwatki i 34% izolatu sojowego) w formie proszku charakteryzuje się mniejszymi średnimi wartościami analizowanych wskaźników związanych z właściwościami geometrycznymi cząstek w porównaniu z mieszaniną B (34% serwatki i 66%

izolatu sojowego). Tendencja ta została zachowana w przypadku aglomeracji w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym. Natomiast aglomeracja w mechanicznym złożu fluidalnym spowodowała zmianę zarysowanej tendencji (tab. 1). Odchylenia standardowe dla analizowanych średnic w wielu przypadkach są większe od wartości średnich, co świadczy o dużej niejednorodności badanych mieszanin i trudnej interpretacji otrzymanych zależności. Dlatego też podjęto próbę dokładnego przeanalizowania badanych wskaźników s , p , d , v , f i c na podstawie udziałów ilościowych oraz wzajemnych zależności pomiędzy nimi.

Tabela 1. Wpływ aglomeracji na średnie wartości s , p , d , f , c i v badanych mieszanin w proszku
Table 1. The influence of agglomeration on average values of s , p , d , f , c and v of the investigated mixtures in powder

Aglomeracja Agglomeration	Materiał Material	$s \cdot 10^2$ (mm ²)	p (mm)	d (mm)	f (mm·mm ⁻¹)	c (mm ² ·mm ⁻²)	$v \cdot 10^3$ (mm ³)
	A	0,29±0,39	0,1869±0,1420	0,0491±0,0355	1,35±0,83	0,72±0,20	0,23±0,48
	B	0,61±1,14	0,3004±0,2597	0,0683±0,0559	1,25±0,24	0,54±0,10	0,84±2,79
Mieszanie mechaniczne Mechanical mixing	A	10,88±4,88	1,5131±0,3663	0,3641±0,0774	1,19±0,16	0,58±0,07	33,8±26,4
	B	8,84±17,38	1,1818±1,0633	0,2551±0,2188	1,25±0,24	0,50±0,09	48,9±165,2
Mieszanie pneumatyczne Pneumatic mixing	A	1,6±1,7	0,619±0,425	0,125±0,071	1,27±0,26	0,47±0,12	2,9±4,7
	B	7,6±16,5	1,215±1,442	0,222±0,220	1,30±0,29	0,45±0,13	48,6±162,7

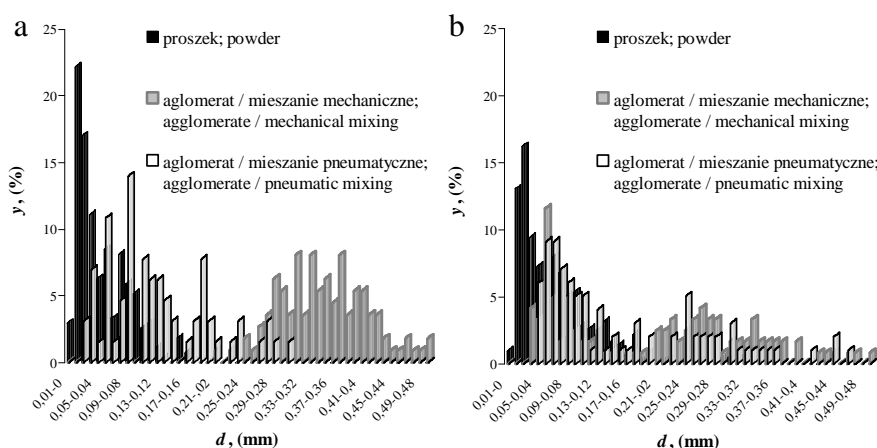
s – powierzchnia rzutu, p – obwód rzutu, d – średnica rzutu, f – współczynnik wydłużenia, c – współczynnik krągłości, v – objętość.

s – projection surface, p – projection perimeter, d – projection diameter, f – elongation coefficient, c – circularity coefficient, v – volume.

Szczegółową analizę wskaźników opisujących właściwości geometryczne cząstek rozpoczęto od przedstawienia rozkładów ilościowych średnicy rzutu d dla mieszanin A i B zarówno w postaci proszku jak i aglomeratów (rys. 2). W przypadku mieszaniny A zakresy wielkości średnicy zarówno dla proszku jak i aglomeratów można wyraźnie wyodrębnić. Należy jednak podkreślić, że powstałe w wyniku mieszania w aglomeratorze mechanicznym cząstki cechuje szeroki zakres występowania i ich średnice wynoszą od 0,20 do 0,63 mm. Znacznie mniejszą średnicą rzutu charakteryzują się zarówno proszek jak i aglomerat otrzymany poprzez mieszanie pneumatyczne. Odpowiednio zakresy wartości średnicy rzutu d dla tych materiałów wynoszą 0,01-0,17 i 0,02-0,31 mm. Otrzymaną tendencję potwierdzono dla mieszaniny B, ale wartości udziałów ilościowych y bez względu na formę w jakiej występuje dana mieszanina zmniejszyły się, nato-

miast zakres występowania cząstek o danej średnicy rzutu zmienił się w przypadku aglomeratów. Średnica rzutu dla mieszaniny B w postaci proszku przyjmowała wartości w zakresie 0,01-0,18 mm, jednocześnie pojedyncze cząstki można było spotkać aż do wartości średnicy 0,33 mm. Zakresy wartości średnicy rzutu dla aglomeratów otrzymanych poprzez mieszanie mechaniczne i pneumatyczne wynosiły odpowiednio 0,03-0,5 i 0,04-0,5 mm (rys. 2).

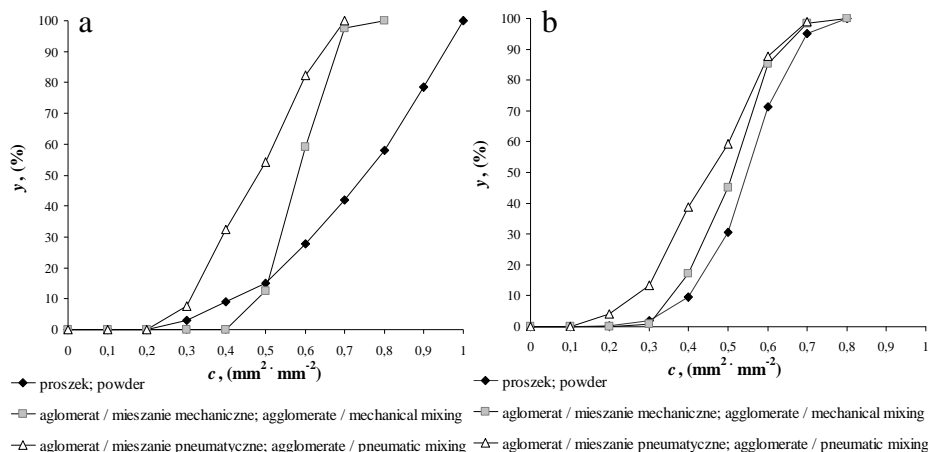
Przy tak zróżnicowanym materiale można jednak stwierdzić, że aglomeracja bez względu na skład surowcowy mieszanin wpływa na wzrost średnicy rzutu cząstek. Jednocześnie rozrzut otrzymanych wartości średnicy d tłumaczy tak duże odchylenie standardowe dla obliczonych wartości średnich (tab. 1). Porównując dwie mieszaniny o różnych składach surowcowych można również stwierdzić, że obecność białka w mieszaninie B powoduje zatarcie się wyraźnej tendencji zarysowanej w przypadku ilościowego rozkładu średnicy rzutu cząstek dla mieszaniny A bogatszej w węglowodany (rys. 2).



Rys. 2. Udział ilościowy y cząstek o określonej średnicy rzutu d badanych mieszanin proszków spożywczych: a – mieszanina A, b – mieszanina B

Fig 2. Quantitative fraction y of particles of investigated food powder mixtures, taking into consideration projection diameter d : a – mixture A, b – mixture B

Dla badanych mieszanin zarówno w formie proszku jak i aglomeratów wyznaczono współczynnik krągłości c w celu określenia jak aglomeracja, jej rodzaj oraz skład mieszaniny wpływają na oddalenie kształtu rzutu cząstek od okręgu dla którego wartość tego współczynnika wynosi 1. Na rysunku 3 przedstawiono skumulowany rozkład udziałów ilościowych cząstek o określonych wartościach współczynnika krągłości c .



Rys. 3. Skumulowany rozkład udziałów ilościowych cząstek y w funkcji współczynnika krągłości c : a – mieszanina A, b – mieszanina B

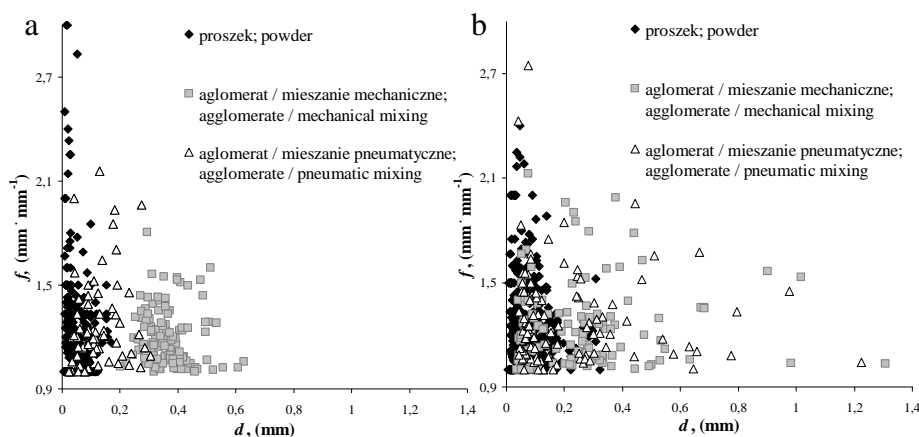
Fig. 3. Cumulated fraction y of particles of investigated food powders mixtures, taking into consideration circularly coefficient c : a – mixture A, b – mixture B

Mieszaniny A i B we wszystkich trzech badanych formach charakteryzowały się różnym zakresem wartości współczynnika c . Dla mieszaniny A w formie proszku współczynnik c przyjmował wartości w zakresie 0,3-1, natomiast dla aglomeratów otrzymanych przez mieszanie mechaniczne i pneumatyczne odpowiednio 0,5-0,8 i 0,3-0,7. Współczynniki krągłości określone dla mieszaniny B w formie proszku oraz aglomeratów otrzymanych mechanicznie i pneumatycznie przyjmowały wartości odpowiednio w zakresach 0,2-0,8 oraz 0,3-0,8 i 0,2-0,8.

Mimo zmian zakresów tendencja zarysowana dla mieszaniny A potwierdziła się, aglomeraty otrzymane z tej mieszaniny uzyskały współczynnik krągłości niższy dla 50% udziału badanych cząstek. W związku z tym stwierdzono, że zmiana składu surowcowego, związana z większym udziałem serwatki w mieszaninie, wpływa na przesunięcie współczynnika krągłości w stronę niższych wartości (rys. 3). Miarą wydłużenia cząstek jest współczynnik f , stosunek średnic Fereta maksymalnej do minimalnej. Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu zarówno aglomeracji jak i składu mieszaniny na średni współczynnik wydłużenia cząstek (tab.1). Dla wszystkich badanych mieszanin wartość tego parametru wahała się w zakresie 1,19-1,35.

Analizując zależność pomiędzy współczynnikiem wydłużenia f i średnicą rzutu d (rys. 4) zaobserwowano, że dla mieszaniny A w formie proszku współczynnik wydłużenia występuje w najszerszym zakresie dla stosunkowo najmniejszych średnic rzutu. Dla mieszaniny A w formie aglomeratów zakres wartości f

zmniejsza się, gdy średnica rzutu przyjmuje wartości wyższe. Dla opisywanej mieszaniny w formie proszku współczynnik wydłużenia przyjmuje wartości w zakresie od 1 do 3, a odpowiadający im zakres wartości średnicy rzutu wynosi 0,007 do 0,17 mm. Największe zagęszczenie punktów obserwujemy w zakresie 1-1,8, co może świadczyć o dużej ilości cząstek zbliżonych kształtem rzutu do koła, o stosunkowo małej średnicy rzutu bo zawierającej się w zakresie 0,007 do 0,03. Współczynniki wydłużenia dla mieszaniny A w formie aglomeratów otrzymanych poprzez mieszanie mechaniczne i pneumatyczne wynosiły odpowiednio 1-2,16 i 1-1,80 a odpowiadające im zakresy średnicy rzutu to 0,20-0,63 i 0,024-0,30. Z przedstawionych danych wynika, że aglomeracja wpływa na powstanie cząstek większych o wydłużonym kształcie rzutu, co potwierdza tendencję zarysowaną podczas omawiania współczynnika krągłości c . Analiza zależności dla mieszaniny B, o większym udziale białka sojowego (białkowa), potwierdziła zależności otrzymane dla mieszanin A, o większym udziale serwatki (węglowodanowa). Stwierdzono jednak, w przypadku aglomeratów otrzymanych na bazie mieszaniny białkowej B, dwukrotne zwiększenie się zakresu wartości średnicy rzutu d przy prawie niezmiennych zakresach dla współczynnika wydłużenia f (rys. 4).

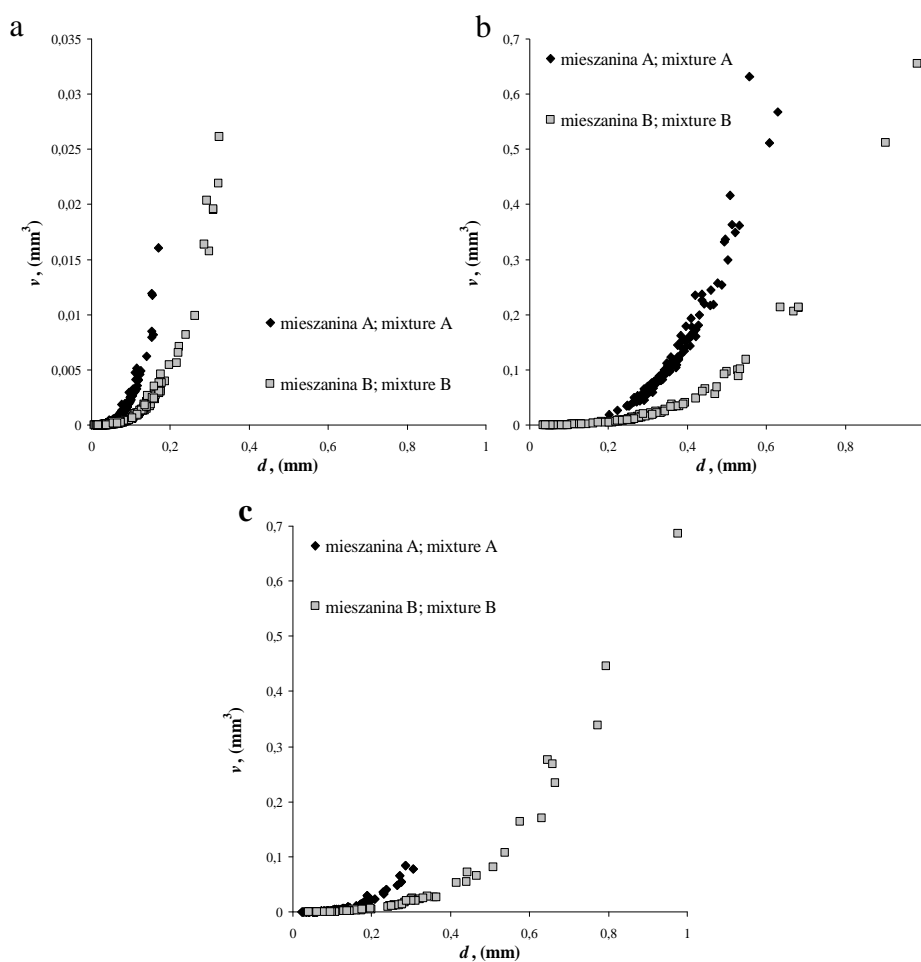


Rys. 4. Zmiany współczynnika wydłużenia cząstek f w zależności od ich średnicy rzutu d : a – mieszanina A, b – mieszanina B

Fig. 4. Changes of particle elongation coefficient f depending on their projection diameter d : a – mixture A, b – mixture B

Dla cząstek badanych mieszanin A i B zarówno w formie proszku jak i aglomeratów obliczano objętość v przyjmując, że cząstki są sferą obrotową, dla której za podstawowe wymiary przyjęto dwie średnice Fereta i średnicę rzutu. Na rysunku 5 przedstawiono objętość cząstek w funkcji średnicy rzutu w zależności

od rodzaju mieszanki dla proszków i aglomeratów. Zaobserwowano, że obecność w mieszaninie B większej ilości białka sojowego w proszku po bezpośrednim wymieszaniu surowców sprzyja powstaniu cząstek o mniejszej objętości przy porównywalnej średnicy rzutu. Tendencja ta zostaje również zachowana po aglomeracji bez względu na sposób jej prowadzenia.



Rys. 5. Zmiany objętości cząstek v w funkcji ich średnicy rzutu d w zależności od rodzaju aglomeracji: a – proszek, b – aglomerat/mieszanie mechaniczne, c – aglomerat/mieszanie pneumatyczne

Fig. 5. Changes of particle volume v depending on their projection diameter d and type of agglomeration: a – powder, b – agglomerate/mechanical mixing, c – agglomerate/pneumatic mixing

WNIOSKI

1. Skład surowcowy mieszanin wpływa na właściwości geometryczne cząstek wytworzonych podczas aglomeracji zarówno w złożu mechanicznym jak i fluidalnym. Zmiana udziałów ilościowych poszczególnych składników nie oddziałuje na tendencję zmian we właściwościach badanych wskaźników geometrycznych, ale zmienia zakresy wartości jakie przyjmują.

2. Obecność większej ilości białka sojowego sprzyja samoistnemu tworzeniu aglomeratów przez mieszaninę węglowodanowo-białkową w formie proszku, oraz powstawaniu większych cząstek na skutek aglomeracji w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym.

3. Obecność większej ilości węglowodanów pochodzących z serwatki w mieszaninie białkowo-węglowodanowej sprzyja powstawaniu cząstek o większych geometrycznych wymiarach podczas aglomeracji w mieszalniku mechanicznym.

PIŚMIENNICTWO

1. **Jacquot M., De Donato Ph., Barres O., Pons M.N., Scher J., Miclo A., Poncelet D.:** Physicochemical characterization of the lactoperoxidase system powders: comparison of two drying techniques. *Powder Technology*, 128, 205-212, 2002.
2. **Kato I., Mastunga R.:** Image analysis of shape as a new technique for selection. Raport of the Tohoko-Branch. The Corp Science Society of Japan, 33, 88-186, 1990.
3. **Kubiak A.:** Komputerowa analiza obrazu i metody sztucznej inteligencji w rozpoznawaniu jakości ziarna pszenicy. Materiały z seminarium dla słuchaczy studium doktoranckiego, Olsztyn, 1998.
4. **Lewicki P.P.:** Zastosowanie komputerowej analizy obrazu w technologii żywności. *Przemysł Spożywczy*, 49 (5), 155-157, 1995.
5. **Makala H.:** Komputerowa analiza obrazu w ocenie surowców i gotowej żywności. *Przemysł Spożywczy*, 49 (5), 158-163, 1995.
6. **Pietsch W.:** An interdisciplinary approach to size enlargement by agglomeration. *Powder Technology*, 130, 8-13, 2003.
7. **Rambali B., Baert L., Massart D.L.:** Using experimental design to optimize the process parameters in fluidized bed granulation on semi – full scale. *International Journal of Pharmaceutics*, 220, 149-160, 2001.
8. **Schubert H., Ax K., Behrend O.:** Product engineering of dispersed systems. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 9-16, 2003.
9. StatSoft Polska.: <http://www.statsoft.com>, 1997.
10. **Żebrowski G., Bucki J.J., Kurzydłowski K.J.:** Analiza komputerowa obrazu mikrostruktury. Proceedings of VI International Students Conference „Microcomputers in Science and Technology”, Łódź – Szlarska Poręba – Liberec, Poland – Czech Republic, 36-49, 1993.

THE INFLUENCE OF AGGLOMERATION AND RAW MATERIAL
COMPOSITION ON GEOMETRICAL FEATURES
OF AGGLOMERATE POWDERS

Monika Janowicz, Ewa Domian, Hanna Kowalska, Andrzej Lenart

Department of Food Engineering and Process Management, Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa
e-mail: janowicz@alpha.sggw.waw.pl

Abstract. The aim of this work was investigation of the influence of wetting agglomeration and raw material composition of food mixture on geometric features of obtained agglomerates. Range of investigation included analysis of agglomeration type influence on geometric features of obtained agglomerates from food powders, for example of protein-carbohydrates mixture. Agglomeration was done in pneumatically and mechanically generated fluid bed. Changes of geometric features of food powders mixture were defined on the basis of photographs obtained from stereoscopy microscope by using computer program for image analysis. Diversification of geometrical features of investigated mixture was shown, resulting from raw material composition and the process of agglomeration. Differences in surface structure of agglomerates obtained mechanically and pneumatically were also observed. It was concluded that the type of agglomeration influences the geometric features of protein-carbohydrate food powders.

Key words: agglomeration, food powders, size of particles