

Mgr inż. Karolina POSZYTEK
Dr inż. Ewa DOMIAN
Prof. dr hab. Andrzej LENART
Wydział Technologii Żywności, SGGW w Warszawie

WPŁYW AGLOMERACJI W PNEUMATYCZNIE GENEROWANYM ZŁOŻU FLUIDALNYM NA SKŁAD GRANULOMETRYCZNY MODELOWEJ ŻYWNOŚCI W PROSZKU®

W pracy przedstawiono wpływ aglomeracji nawilżeniowej poprzez mieszanie w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym na skład granulometryczny modelowej żywności w proszku. Aglomerowane mieszaniny tworzone były na bazie surowców w proszku: serwatka, izolat białka sojowego, izolat białek serwatkowych, glukoza, maltodekstryna, guma arabska, guma ksantanowa, tłuszcz roślinny w proszku. Skład granulometryczny otrzymanych aglomeratów oznaczano za pomocą analizatora wielkości cząstek w powietrzu.

WYKAZ OZNACZEŃ

t – temperatura powietrza wlotowego (°C),
p – natężenie przepływu cieczy nawilżającej / wody (g/min),
r – rozmiar dyszy rozpryskującej ciecz nawilżającą (mm),
n – rodzaj cieczy nawilżającej (wodny roztwór węglowodanu/stężenie masowe/ilość (-),
Bv – udział objętościowy (%),
d – wymiar cząstek (µm),

A (S 66%, BSJ 34%)
B (BSW 16,5%, BSJ 34%, GL 49,5%)
C (S 34%, BSJ 66%)
D (BSW 8,5%, BSJ 66%, GL 25,5%)
F (S 49%, BSJ 25%, TP 26%)
G (MD 94%, GK 6%)
H (MD 94%, GA 6%)
I (PM 100%)

WPROWADZENIE

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

Agglomeracja jest procesem łączenia drobnych cząstek w większe zespoły (aglomeraty). Ma ona zastosowanie tak do gotowych produktów, podnosząc ich cechy użytkowe, jak i do surowców i półproduktów. Po aglomeracji materiał posiada lepszą sypkosć, znacznie większą porowatość, niższą w przypadku porowatych aglomeratów lub znacznie większą gęstość nasypową w przypadku zwartych cząstek granulatów, nie pyli się i nie zbryla. Proces aglomeracji wpływa również na jednorodny skład poszczególnych porcji badanego materiału, co ma szczególne znaczenie w przypadku układów wieloskładnikowych gdzie może występować zjawisko segregacji składników [1, 2, 4].

Celem pracy była analiza wpływu aglomeracji nawilżeniowej poprzez mieszanie w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym na skład granulometryczny modelowej żywności w proszku.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły mieszaniny tworzone na bazie proszków spożywczych takich jak: glukoza (GL), maltodekstryna (MD), serwatka (S), izolat białka sojowego (BSJ), izolat białek serwatkowych (BSW), proszek mleczny (PM), guma ksantanowa (GK), guma arabska (GA), tłuszcz roślinny w proszku (TP). W wyniku mieszania surowców w postaci sypkiej otrzymano następujące mieszaniny o zróżnicowanym składzie surowcowym:

Agglomerację metodą mieszania pneumatycznego przeprowadzono w laboratoryjnym aglomeratorze STREA 1/Niro-Aeromatic AG. Mieszaninę o masie 300 g przenoszono do zbiornika aglomeratora, mieszano przez 60s i aglomerowano przy zadanych parametrach procesowych (Tabela 1). Aglomerowanie prowadzono z przerwami to znaczy nawilżanie przerywano, kiedy złożo fluidalne zaczynało opadać i/lub pojawiały się lokalne zbrylenia na skutek przewilżenia. Wilgotny aglomerat dosuszano w tym samym urządzeniu przy temperaturze powietrza wlotowego 50 2°C w czasie 15 minut. Następnie aglomerat przesiewano celem oddzielenia frakcji użytecznej (frakcji o najbardziej znaczącym udziale masowym).

Wielkość cząstek mieszanin przed aglomeracją metodą dyfrakcji laserowej oznaczano na urządzeniu Malvern Mastersizer. Skład granulometryczny materiału po aglomeracji oznaczano za pomocą analizatora wielkości cząstek ciał stałych w powietrzu AWK-V97 / Kamika Warszawa. Analizator wykorzystuje metodę pomiaru w świetle przechodzącym, polegającą na tym, że strumień promieniowania podczerwonego jest rozpraszany przez przelatujące cząstki w strefie pomiaru. Po wstępnych obliczeniach zbiór cząstek zostaje zapisany w 256 klasach wymiarowych. Skład granulometryczny przedstawiano w postaci skumulowanego rozkładu udziałów objętościowych, wyznaczano parametry charakterystyczne rozkładu frakcji użytecznej o rozmiarach cząstek 0,2 2 mm, to jest średnicę d_{10} , d_{50} i d_{90} odpowiadające 10, 50 i 90% udziału objętościowego w zbiorze cząstek. Wymiar d_{50} przyjmowano jako średnią średnicę (medianę) zbioru cząstek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ temperatury powietrza wlotowego na skład granulometryczny wybranych proszków spożywczych podczas aglomeracji badano przy następujących parametrach procesowych t1p1r2w2, t2p1r2w2, t3p1d2w2 i t4p1r2w2 (Tab. 1 i 2).

Tabela 1. Parametry procesu aglomeracji

Zmienna procesowa	Kod poziomu zmiennej procesowej			
	1	2	3	4
t [°C]	25	35	50	60
p [g/min]	25	35	45	
d [mm]	0,5	0,8		
w [g]	40	60	80	
n [-]	maltoza/ 30%/86g	maltoza/ 50%/100g	maltodekstryna/ 30%/86g	maltodekstryna/ 50%/100g

Tabela 2. Wymiary charakterystyczne aglomeratów otrzymywanych przy zadanych parametrach procesowych

Lp	Rodzaj mieszaniny*	Parametry aglomeracji					Wymiar charakterystyczny		
		q	p	d	w	n	d ₁₀ (μm)	d ₅₀ (μm)	d ₉₀ (μm)
1	A	mieszanki nieaglomerowane					2±0,1	53±0,1	152±0,1
2	B						3±0,1	66±0,1	190±0,1
3	C						1±0,1	41±0,1	151±0,1
4	D						3±0,1	49±0,1	145±0,1
5	F						6±0,1	72±0,1	199±0,1
6	G						54±0,1	240±0,1	420±0,1
7	H						65±0,1	273±0,1	451±0,1
8	I						1±0,1	55±0,1	134±0,1
9	A	3	1	2	2	-	219±1	380±1	615±1
10	A	1	1	2	2	-	223±2	386±5	650±10
11	A	2	1	2	2	-	224±4	516±3	995±6
12	A	4	1	2	2	-	208±5	411±3	791±4
13	A	3	1	2	1	-	166±0	290±0	546±3
14	A	3	1	2	3	-	244±3	443±13	783±14
15	A	3	2	2	2	-	208±1	378±5	850±53
16	A	3	3	2	2	-	222±4	398±14	725±5
17	A	3	1	1	2	-	224±3	394±17	752±62
18	A	3	1	2	-	1	290±9	497±42	811±33
19	A	3	1	2	-	2	247±4	437±9	724±16
20	A	3	1	2	-	3	246±6	525±15	941±13
21	A	3	1	2	-	4	258±29	687±75	1624±75
22	B	3	1	2	2	-	196±7	346±3	714±123
23	B	1	1	2	2	-	122±4	221±7	449±29
24	B	2	1	2	2	-	141±5	272±6	603±12
25	B	4	1	2	2	-	149±3	260±5	551±22
26	B	3	1	2	1	-	128±2	238±7	624±24
27	B	3	1	2	3	-	168±1	301±3	570±5
28	B	3	2	2	2	-	164±6	322±5	700±26
29	B	3	3	2	2	-	146±3	285±10	714±33
30	B	3	1	1	2	-	157±4	291±4	748±71
31	B	3	1	2	-	1	179±4	301±9	536±6
32	B	3	1	2	-	2	158±12	270±17	483±9
33	B	3	1	2	-	3	179±3	346±9	786±29
34	B	3	1	2	-	4	221±1	392±9	716±2
35	C	3	1	2	2	-	218±4	384±3	605±2
36	D	3	1	2	2	-	196±2	340±3	582±2
37	F	3	1	2	2	-	268±2	506±15	902±11
38	G	3	1	2	1	-	329±8	594±30	957±28
39	H	3	1	2	1	-	302±1	549±2	846±1
40	I	3	1	2	2	-	246±5	467±3	1017±40

* Skład surowcowy podano w Metodocy

Na rysunkach 1a i 1b przedstawiono wpływ temperatury powietrza wlotowego od 25 do 60°C zastosowanej podczas aglomeracji na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów. Niezależnie od rodzaju mieszaniny, aglomeracja powodowała zwiększenie udziału cząstek o większych wymiarach w porównaniu z cząstkami nieaglomerowanymi. Największy wzrost rozmiarów aglomerowanych cząstek powstałych z mieszaniny A zaobserwowano dla temperatury 35°C (Rys. 1a), a następnie dla temperatury 60°C. Podobny przebieg rozkładu, ale mniejsze wymiary cząstek miały aglomeraty A utworzone w temperaturze 25 i 50°C. Dla aglomeratów utworzonych z mieszaniny B (Rys. 1b) największy wzrost wymiarów cząstek zaobserwowano przy

temperaturze powietrza wlotowego 50°C, a najmniejszy dla aglomeratów w 25°C. Pośrednie wymiary cząstek posiadały aglomeraty utworzone w temperaturze 35 i 60°C (Rys. 2). Zastosowanie różnych temperatur powietrza wlotowego od 25 do 60°C podczas aglomeracji wykazało, że na wymiar cząstek ma również wpływ rodzaj materiału poddanego procesowi aglomeracji. Natomiast nie wystąpiła jednoznaczna tendencja zmian składu granulometrycznego w funkcji temperatury aglomeracji.

Przy parametrach procesowych t2p1r2w2, t2p2r2w2 i t2p3r2w2 badano wpływ natężenia przepływu cieczy nawilżającej wody na skład granulometryczny wybranych proszków spożywczych (Tab. 1 i 2).

Wpływ natężenia przepływu cieczy nawilżającej wody na wielkość powstałych aglomeratów A i B przedstawiono na rysunku 2a i 2b. Zaobserwowano niewielkie różnice w składzie granulometrycznym powstałych aglomeratów na skutek zastosowania różnego natężenia przepływu (25-45 g/min) wody. W przypadku aglomeratów utworzonych z mieszaniny A wzrost przepływu cieczy nawilżającej z 25 g/min do 45 g/min powodował niewielki wzrost wymiaru utworzonych cząstek - wartość średniej średnicy d₅₀ wzrosła z 378 do 398 m. W przypadku aglomeratów utworzonych z mieszaniny B występowała odwrotna zależność, wzrost natężenia przepływu powodował spadek wymiaru utworzonych cząstek. Wymiar średniej średnicy d₅₀ utworzonych aglomeratów z mieszaniny B zmalał z 346 do 285 m.

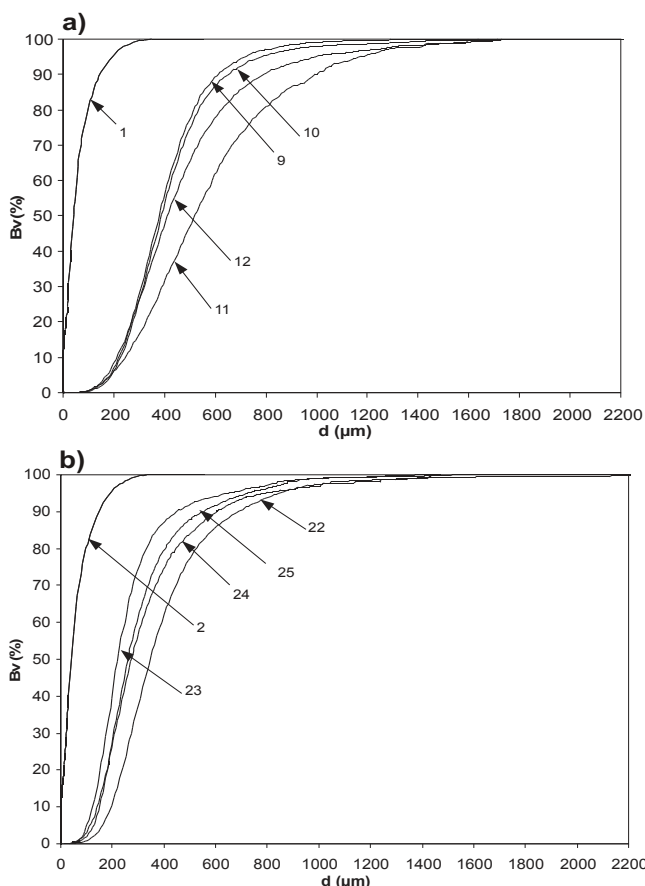
Wpływ rozmiaru dyszy rozpylającej ciecz na skład granulometryczny wybranych proszków spożywczych badano przy następujących parametrach procesowych: t2p1r1w2 i t2p1r2w2 (Tab. 1 i 2).

Zastosowanie do aglomeracji w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym różnej średnicy dyszy 0,5 i 0,8 mm rozpylającej ciecz powodowało nieznaczne zmiany w składzie granulometrycznym otrzymanych aglomeratów (Rys. 3a i 3b). Aglomeraty obu mieszanin poddanych aglomeracji charakteryzowały się większym rozmiarem cząstek przy zastosowaniu dyszy o średnicy 0,8 niż 0,5 mm. Aglomeraty utworzone z mieszaniny A były bardziej podatne na zmianę rozmiaru dyszy.

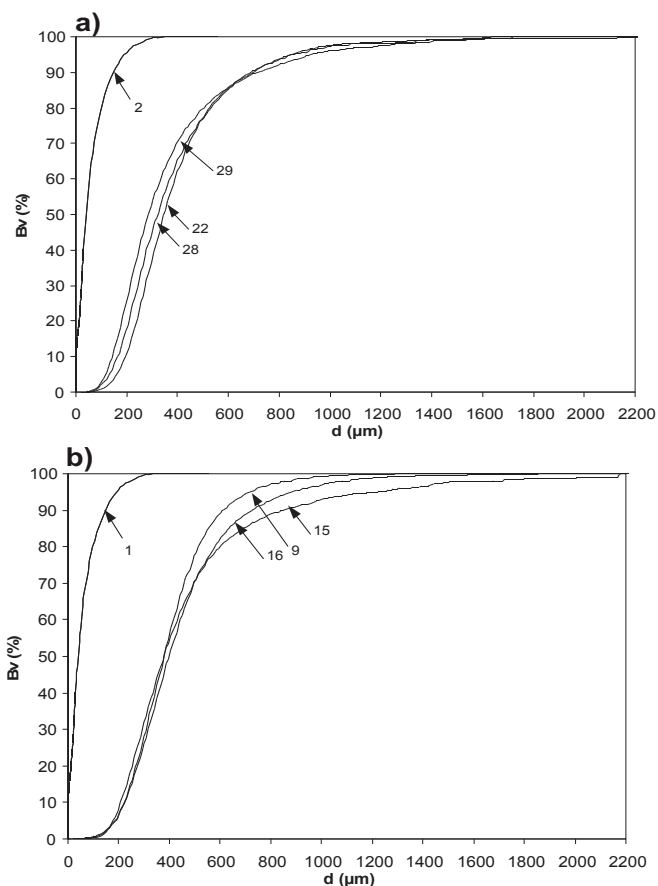
Wpływ ilości cieczy nawilżającej (wody) w zakresie od 40 do 80 g, w stosunku do 300 g masy proszku, na skład granulometryczny wybranych proszków spożywczych analizowano dla aglomeratów t2p1r2w1, t2p1r2w2 i t2p1r2w3 (Tab. 1 i 2).

Zastosowanie różnej ilości wody jako cieczy nawilżającej przedstawiono na rysunku 4a i 4b. Dla aglomeratów utworzonych z mieszaniny A (Rys. 4a) wraz ze zwiększeniem ilości dodanej wody wzrasta rozmiar cząstek. Podobnie przedstawia się to w przypadku aglomeratów powstałych z mieszaniny B, zwiększenie ilości wody z 40 do 60 g powoduje wzrost rozmiaru cząstek jednak dalsze zwiększenie ilości wody z 60 do 80 g nie wpływa już na zwiększenie cząstek, a wręcz na pomniejszenie ich rozmiaru (Rys. 4b).

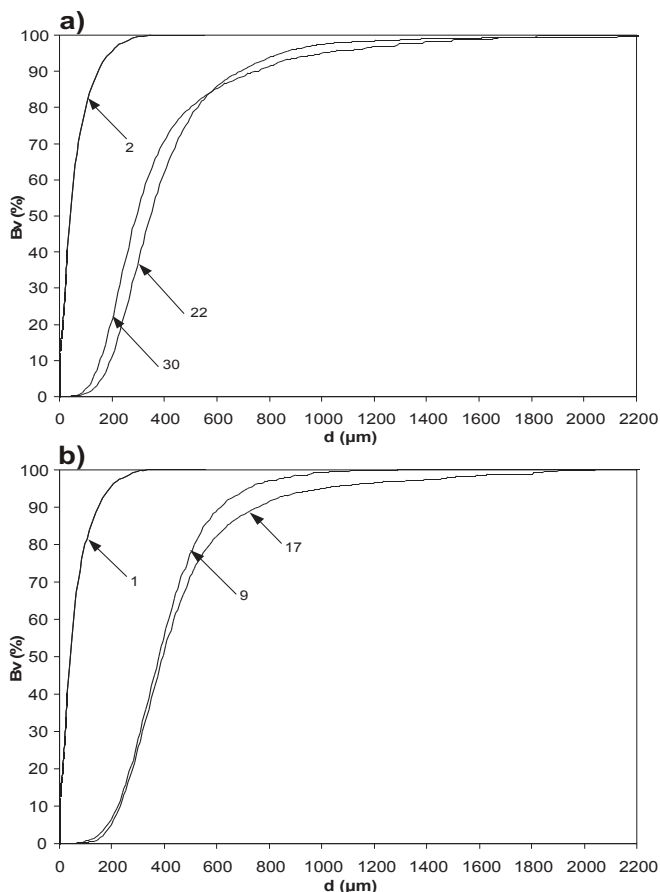
Wpływ rodzaju cieczy nawilżającej analizowano na podstawie aglomeratów otrzymanych przy parametrach t2p1r2w2, t2p1r2n1, t2p1r2n2, t2p1r2n3 i t2p1r2n4 (Tab. 1 i 2).



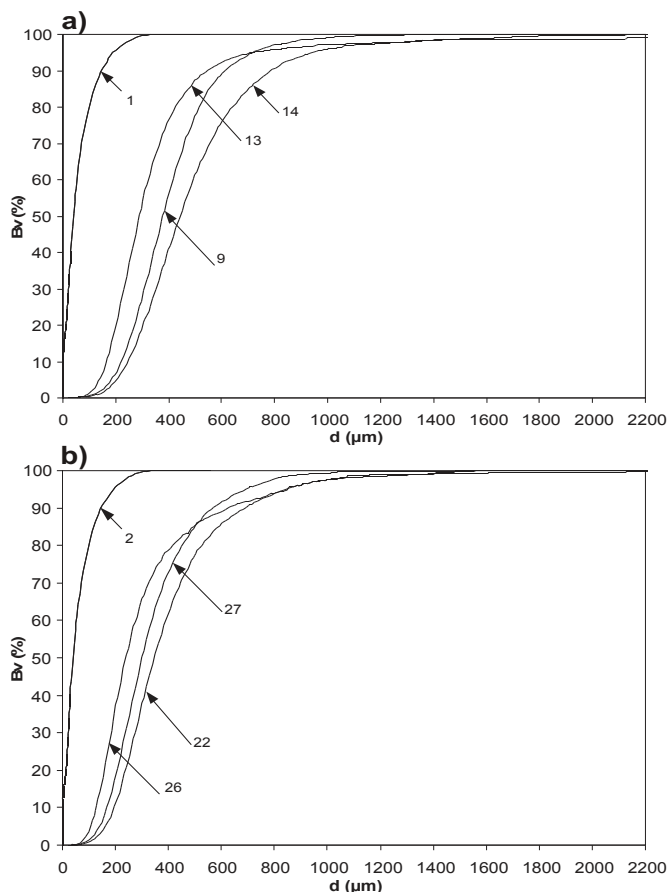
Rys. 1. Wpływ temperatury powietrza wlotowego na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów: a) z mieszanki A, b) z mieszanki B



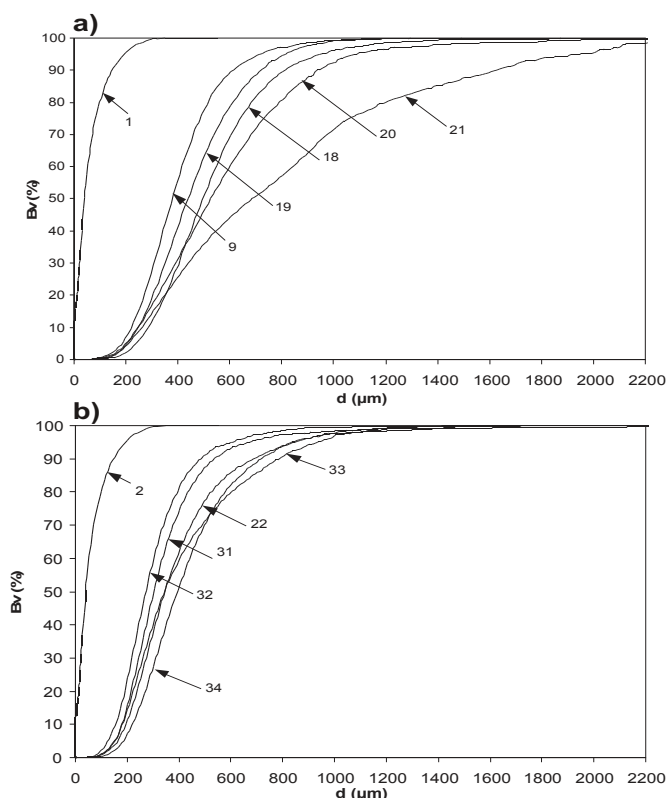
Rys. 2. Wpływ natężenia przepływu cieczy nawilżającej (wody) na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów: a) z mieszanki A, b) z mieszanki B



Rys. 3. Wpływ rozmiaru dyszy rozpryskującej ciecz (wodę) na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów: a) z mieszanki A, b) z mieszanki B



Rys. 4. Wpływ ilości cieczy nawilżającej (woda) na wielkość utworzonych aglomeratów: a) z mieszanki A, b) z mieszanki B

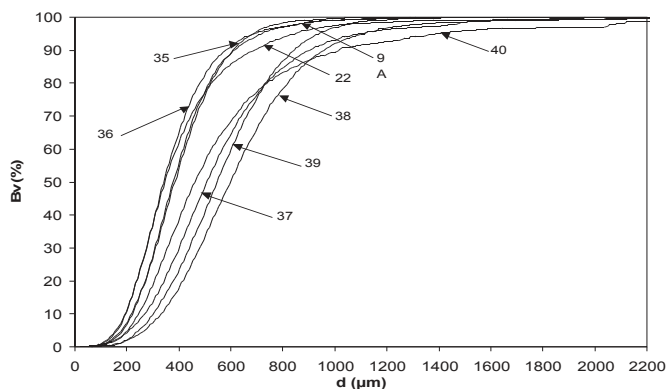


Rys. 5. Wpływ rodzaju cieczy nawilżającej na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów:
a) z mieszaniny A, b) z mieszaniny B

Z każdym rodzajem cieczy nawilżającej do aglomerowanej mieszaniny wprowadzano taką samą ilość wody.

Zastosowanie jako cieczy nawilżającej wodnych roztworów węglowodanów: maltozy i maltodekstryny przedstawiono na rysunku 5a i 5b. Wzrost stężenia maltozy z 30 do 50% powodował zmniejszenie wymiaru cząstek otrzymanych aglomeratów niezależnie od rodzaju mieszaniny poddanej aglomeracji w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym. Odwrotna zależność występowała w przypadku użycia jako cieczy nawilżającej roztworu maltodekstryny. Wzrost stężenia roztworu maltodekstryny z 30 do 50% powodował wzrost wymiarów cząstek utworzonych aglomeratów. Aglomeraty powstałe przy użyciu roztworów maltodekstryny jako cieczy nawilżającej posiadały większy wymiar cząstek niż te powstałe z zastosowaniem roztworów maltozy. Niezależnie od rodzaju mieszaniny użytej do aglomeracji największy wymiar cząstek uzyskano przy zastosowaniu 50% roztworu maltodekstryny.

Wpływ rodzaju badanego materiału (aglomeraty: A, B, C, D, F, G, H, I) na skład granulometryczny wybranych proszków



Rys. 6. Wpływ rodzaju materiału na skład granulometryczny utworzonych aglomeratów

spożywczych analizowano na podstawie aglomeratów utworzonych przy następujących parametrach $t_{3p}lr_{2w}2$.

Na skład granulometryczny oprócz zastosowanych parametrów procesowych ma również wpływ rodzaj badanego materiału (Rys. 6). Na rysunku 6 występują wyraźne dwa pęki krzywych, na pierwszy składają się krzywe: 9, 22, 35, 36, a na drugi: 37, 38, 39, 40 co może świadczyć o zbliżonych właściwościach badanych mieszanin. Badane mieszaniny proszków spożywczych poddane procesowi aglomeracji zawierające w swym składzie izolat białka sojowego w ilości 34% i więcej udziału w całej masie, charakteryzowały się znacznie mniejszym wymiarem cząstek niż pozostałe aglomeraty.

WNIOSKI

1. Aglomeracja nawilżeniowa w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym niezależnie od zastosowanych parametrów procesowych powoduje istotną zmianę składu granulometrycznego badanej modelowej żywności w proszku powodując zwiększenie wymiarów cząstek w tym średniej średnicy o około 8 razy.
2. Wśród badanych zmiennych procesowych aglomeracji, najbardziej znaczący wpływ na skład granulometryczny badanych mieszanin miała ilość i rodzaj cieczy nawilżającej oraz skład surowcowy materiału poddanego temu procesowi. Optymalną ilość dodawanej wody jako cieczy nawilżającej przyjęto na poziomie 60 g na 300 g mieszaniny.
3. Temperatura aglomeracji (powietrza wlotowego), natężenie przepływu cieczy nawilżającej, jak i średnica dyszy rozpryskującej ciecz miały znacznie mniejszy wpływ na wielkość otrzymanych aglomeratów i były uzależnione od rodzaju materiału poddanego procesowi aglomeracji.
4. Przed wykorzystaniem uzyskanych wyników badań do zastosowania w przemyśle, zespół autorski zamierza przeprowadzić badania w skali półtechnicznej.

LITERATURA

- [1] Domian E., Aglomeracja w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy, 2002, 8(56): 80-88
- [2] Fitzpatrick J., Ahrené L., Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. Chemical Engineering and Processing, 2005, 44, 209-21
- [3] Schubert H.: Food particle technology. Part I: Properties of particles and particulate food systems. Journal of Food Engineering, 1986, 6(1): 1-32
- [4] Schubert H., Instantization of powdered foods. International Chemical Engineering, 1993, 33: 28-45

EFFECT OF AGGLOMERATION IN PNEUMATICALLY FLUIDIZED BED ON PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF MODELLED FOOD POWDERS

SUMMARY

The effect of wet agglomeration in fluidized bed of multicomponent mixtures of food powders on particle size of received agglomerates was evaluated. Mixtures were created on base of following food powders: whey, soy protein isolate, whey protein isolate, glucose, maltodextrine, milk powder, arabic gum, xanthan gum, vegetable oil in powder. Particle size of received agglomerates was measured by particle size analyzer in air. The characteristic parameters of particles set were determined on the basis of volumetric distribution. Agglomerated mixtures were characterized by significant increasing of particles sizes, among them average diameter 8 times.

Badania w ramach pracy naukowej finansowanej ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003-2005 (projekt badawczy nr 3 P06T 041 25).