

Mgr inż. Jan Robert BAKONIUK
 Mgr inż. Krzysztof MIASTKOWSKI
 Mgr inż. Tomasz LESZCZUK
 Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
 Zakład Techniki Rolno-Spożywczej

WPŁYW LEPISZCZA NA CHARAKTERYSTYKĘ GRANULOMETRYCZNĄ BŁONNIKA SPOŻYWCZEGO GRANULOWANEGO BEZCIŚNIENIOWO®

Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



UNIA EUROPEJSKA
 EUROPEJSKI
 FUNDUSZ SPOŁECZNY



KAPITAŁ LUDZKI
 NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚĆ

Celem badań przedstawionych w artykule było określenie wpływu wybranych substancji wiążących na granulację bezcisnieniową trzech rodzajów błonnika spożywczego: jabłkowego, owsianego, kakaowego. Proces granulacji prowadzono przy wykorzystaniu granulatora talerzowego. Jako lepiszcza użyto wody destylowanej oraz wodny roztwór sacharozy o stężeniu 20%. Badano rozkład wielkości cząstek oraz współczynnik kształtu uzyskanego granulatu przy wykorzystaniu metod komputerowej analizy obrazu. Stwierdzono, że proces realizowany z użyciem roztworu sacharozy poprawia efekty granulacji pozwalając uzyskać produkt o średnicy cząstek większej o 8–29% w porównaniu do granulatu z wodą destylowaną. Granulat błonnika uzyskany przy granulacji z zastosowaniem jako lepiszcza roztworu sacharozy charakteryzował się również największym udziałem frakcji cząstek o wymiarze ponad 3mm – frakcja ta stanowiła ponad 49% analizowanej populacji. Granulat błonnika kakaowego uzyskany podczas granulacji z roztworem sacharozy charakteryzował się udziałem frakcji cząstek o wymiarze powyżej 3 mm, o ponad 23% większym w porównaniu do granulatu granulowanego wodą destylowaną. Produkt uzyskany przy granulacji z wykorzystaniem jako lepiszcza wody, miał większość cząstek o kształcie kulistym – udział frakcji o wartości współczynnika kształtu powyżej 0,8 wynosiła 62-76%, zaś przy granulacji roztworem sacharozy od 19 do 66%.

Słowa kluczowe: błonnik, granulacja bezcisnieniowa, substancje wiążące, lepiszcze.

Spis symboli

- A_p – szerokość przedziału frakcji [mm];
- N_k – liczba cząstek w przedziale [szt];
- λ – współczynnik charakterystyczny rozkładu wykładniczego [mm^{-1}];
- D_{\max} – maksymalna średnica cząstki [mm];
- α – poziom istotności testów statystycznych;
- μ – współczynnik skali rozkładu logarymiczno-normalnego;
- σ – współczynnik kształtu rozkładu logarymiczno-normalnego;
- d_{sr} – średnia średnica cząstki [mm];
- d_{50} – mediana [mm];
- p – komputerowy poziom istotności testów statystycznych.

WSTĘP

W ostatnim czasie daje się zauważyć wzrastające zainteresowanie wykorzystaniem błonnika do wytwarzania szeregu produktów spożywczych. Składnik ten można znaleźć między innymi w pieczywie, wędlinie, płatkach, ciastkach, batonikach zbożowych, napojach, sokach, jogurtach oraz wielu innych produktach prozdrowotnych [4, 10]. Błonnik wykazuje działanie probiotyczne nie zwiększając wartości energetycznej produktów [1, 5]. Poprawia również

ich cechy technologiczne: teksturę i konsystencję, wzbogaca smak, zapobiega szybkiemu wysychaniu poprzez wiązanie wody i tłuszczów [10]. Błonnik w produktach spożywczych stosowany jest w postaci silnie rozdrobnionego proszku powstającego w wyniku mielenia odpadów poprodukcyjnych takich jak: łuski zbóż, owoców, warzyw, nasion roślin strączkowych [14]. W postaci proszku charakteryzuje się pylistością i kohezją oraz jest trudno zwilżalny. Zetknięcie z cieczą jednocześnie dużej liczby ziaren proszku powoduje ich zbrylenie. Bryłki proszku otoczone cieczą pływają po jej powierzchni tworząc mieszaninę dwufazową. Uzyskanie jednorodnej mieszaniny wymaga zastosowania mieszadła mechanicznego do rozbicia grudek, co niejednokrotnie wpływa na zmianę konsystencji otrzymanego produktu [17]. Drobnoziaństwo i pylistość proszku błonnika powoduje znaczne problemy przy jego przetwarzaniu, dozowaniu, mieszaniu, rozczynianiu i transporcie [6]. Pył błonnika w mieszaninie z powietrzem tworzy atmosferę wybuchową, przy czym wielkość cząstek determinuje dolną granicę wybuchowości oraz minimalną energię zapłonu [7]. Jednym ze sposobów poprawy właściwości użytkowych błonnika jest granulacja bezcisnieniowa [12]. Podczas aglomeracji bezcisnieniowej cząsteczki łączą się między sobą samoczynnie lub przy zastosowaniu cieczy wiążącej. Obecność fazy ciekłej pomiędzy cząsteczkami ciała stałego powoduje wytworzenie sił ciśnienia kapilarnego łączących cząstki. Siły te związane są z istnieniem międzyfazowego napięcia powierzchniowego [18]. Zastosowanie dodatkowej substancji ciekłej

powoduje wypełnienie porów i pokrycie cząstek cienką warstwą lepiscza co przyspiesza łączenie się cząsteczek [11, 16]. Przy odpowiednim doborze cieczy wiążącej oraz parametrów procesu uzyskuje się produkt o odpowiedniej granulacji i właściwościach fizycznych [13, 19]. W przemyśle spożywczym do granulacji beczciśnieniowej proszków stosowane są roztwory: agaru, pektyn, mączki chleba świętojańskiego, gumy arabskiej, miodu, skrobi, żelatyny [8, 11, 19].

Ze względu na niekorzystne cechy użytkowe błonnika w postaci proszku wskazane jest jego aglomerowanie do cząstek o większych wymiarach.

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań dotyczących podatności na granulację proszków błonnika, oraz wpływu wybranych substancji wiążących na skład granulometryczny i kształt cząstek błonnika granulowanego beczciśnieniowo z zastosowaniem granulatora talerzowego.

METODYKA BADAŃ

Do badań użyto trzy rodzaje błonnika spożywczego: jabłkowy, owsiany i kakaowy w postaci proszku pozyskanego bezpośrednio od producenta. Badania granulacji przeprowadzono w granulatorze talerzowym o średnicy 0,5 m, wysokości obrzeża 0,165 m, przy stałej prędkości obrotowej talerza 38 obr/min, oraz stałej masie granulowanego wsadu, co odpowiadało 1,5% wypełnieniu talerza. Kąt pochylenia talerza względem poziomu wynosił 50°. Jako ciecz wiążącą zastosowano wodę destylowaną oraz 20% roztwór wodny sacharozy o temperaturze 50=60°C, podawane do złoża granulującego za pomocą dyszy ciśnieniowej. Strumień cieczy skierowany był w górną część przesypującego się w talerzu złoża, w odległości 0,21 m od dna talerza. Parametry procesowe i konstrukcyjne zapewniały przesypany charakter ruchu złoża w talerzu [9]. Po zakończonym procesie granulacji, uzyskany produkt suszono w suszarce laboratoryjnej przez 24 godziny w temperaturze 80=90 °C.

Wilgotność proszku błonnika oznaczono metodą suszarkową, gęstość nasypową i kąt usypu naturalnego w oparciu o normy: PN-EN 12047:1999, PN-EN 1236:1999. Skład granulometryczny błonników przed granulacją i produktu po granulacji określono przy wykorzystaniu komputerowej analizy obrazu. W metodzie tej wykorzystano mikroskop optyczny Biolar PI oraz kamerę mikroskopową firmy Opta tech 5.0MP CMOS do rejestracji obrazów cząstek proszku błonnika rozproszonych na szkiełku mikroskopowym przy znanym powiększeniu wynoszącym 125. W przypadku zgranulowanego błonnika rejestrowano obrazy granulatów aparatem fotograficznym Samsung S360 na kontrastowym tle przy znanym powiększeniu. Do analiz składu granulometrycznego wykorzystano 4 losowo wybrane obrazy dla każdej próbki błonnika, na których znajdowało się w przypadku proszku błonnika przed aglomeracją ok. 1400 cząstek, zaś dla błonnika zgranulowanego, analizy prowadzono na grupie 700-800 cząstek. Zarejestrowane obrazy analizowano w programie do komputerowej analizy obrazu AnalySIS V. Oprogramowanie to pozwala na bezpośredni pomiar parametrów geometrycznych cząstek na podstawie płaskich obrazów granul [2, 3, 15]. Charakterystykę granulometryczną przedstawiono w oparciu o pomiar średnicy maksymalnej zdefiniowanej jako maksymalny odcinek wpisany w rzut cząsteczki

na płaszczyznę oraz współczynnika kształtu zdefiniowanego jako stosunek najmniejszej średnicy cząstki do największej. Na podstawie powyższych parametrów w programie Statistica 10 określono skład granulometryczny badanych błonników w postaci histogramów. Materiał poddawany granulacji charakteryzował się składem granulometrycznym o postaci wykładniczej. Funkcję gęstości rozkładu można było aproksymować do postaci:

$$N(D_{max}) = \lambda \cdot N_k \cdot A_p \cdot \exp(D_{max}; \lambda) \quad (1)$$

gdzie: A_p – szerokość przedziału frakcji [mm];

N_k – liczba cząstek w przedziale [szt];

λ – współczynnik charakterystyczny rozkładu wykładniczego [mm^{-1}];

D_{max} – maksymalna średnica cząstki [mm].

Parametr λ pozwala na charakterystykę rozkładu pod względem równomierności udziałów poszczególnych frakcji. Im wartość tego parametru jest mniejsza tym udział poszczególnych frakcji jest bardziej wyrównany. Wyższa wartość parametru λ wskazuje na większy udział frakcji o małych wymiarach w analizowanej próbce materiału [3].

Skład granulometryczny uzyskanego granulatu można było opisać rozkładem logarytmiczno-normalnym w związku z tym funkcję gęstości rozkładu aproksymowano do postaci:

$$N(D_{max}) = N_k \cdot A_p \cdot \text{lognorm}(D_{max}; \mu; \sigma) \quad (2)$$

Gdzie: A_p – szerokość przedziału frakcji [mm];

N_k – liczba cząstek w przedziale [szt];

D_{max} – maksymalna średnica cząstki [mm];

μ – współczynnik skali rozkładu logarytmiczno-normalnego;

σ – współczynnik kształtu rozkładu logarytmiczno-normalnego.

Funkcja ta posiada dwa charakterystyczne parametry μ i σ . O udziale poszczególnych frakcji w analizowanej próbce decyduje wartość parametru skali μ . Im jego wartość jest niższa tym liczniejsza jest frakcja drobnoziarnista w analizowanej próbce materiału.

Istotność różnic pomiędzy analizowanymi próbkami wyznaczono przy wykorzystaniu statystycznych testów nieparametrycznych: testu Kruskala-Wallisa oraz Kołmogorowa-Smirnowa przy przyjętym poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI BADAŃ I ANALIZA

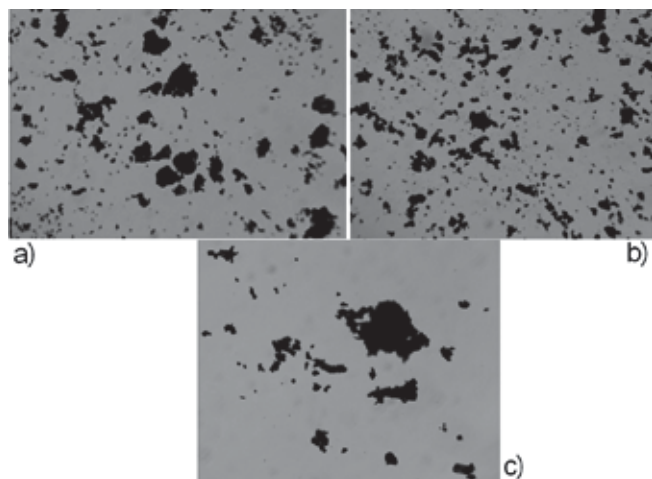
W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiaru parametrów użytkowych proszków błonnika przed granulacją uzyskane jako średnia z 5 pomiarów. Błonnik jabłkowy charakteryzował się najwyższą gęstością nasypową 0,405 g/cm³, pozostałe błonniki, kakaowy i owsiany charakteryzowały się zbliżoną i mniejszą o ok. 35-38% gęstością w stosunku do jabłkowego. Gęstość nasypowa określa sypkość czyli przydatność do procesów przetwórczych proszków [6]. Im gęstość nasypowa jest niższa tym większe są cząsteczki proszku, co ułatwia przebieg procesów technologicznych związanych z ich przetwarzaniem [2, 6].

Na rys. 1 przedstawiono cząsteczki proszków błonnika poddawane granulacji. Analizując fotografie można stwierdzić wyraźne różnice w wielkości cząstek poszczególnych proszków. Najmniejszymi cząstkami charakteryzuje się proszek błonnika kakaowego zaś największe cząstki zarejestrowano dla owsianego.

Tabela 1. Właściwości użytkowe proszków błonnika

Rodzaj błonnika	Wilgotność [%]	Gęstość nasypowa [g/cm ³]
owsiany	6,3	0,262
kakaowy	7,3	0,249
jabłkowy	3,2	0,405

Źródło: Badania własne



Rys. 1. Przykładowe fotografie cząstek proszku błonnika przy powiększeniu 125x: a) jabłkowego, b) kakaowego, c) owsianego.

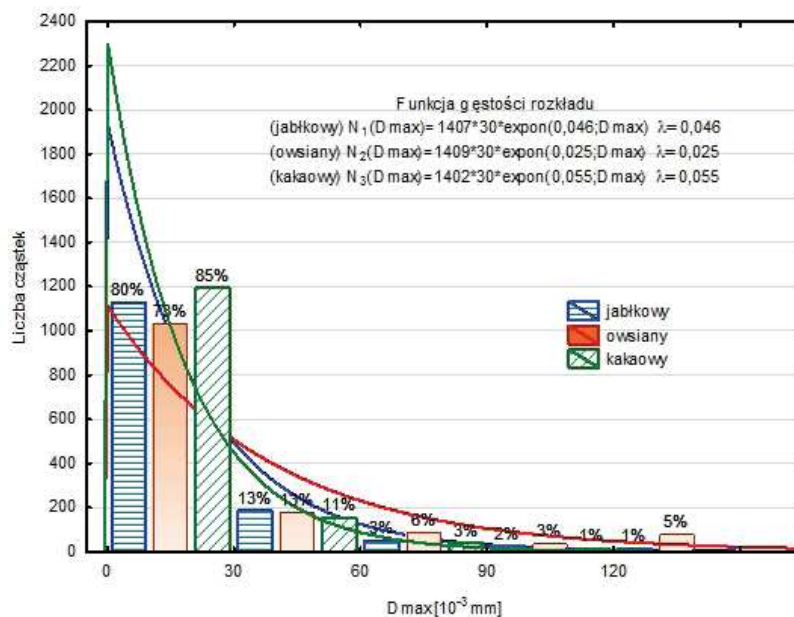
Źródło: Badania własne

Analiza składu granulometrycznego granulatów proszków błonnika (rys. 2) pozwala stwierdzić iż jabłkowy i kakaowy charakteryzują się granulacją o podobnym rozkładzie. Funkcja gęstości rozkładu dla błonnika jabłkowego ma postać $N_1(D_{max})=1407 \cdot 30 \cdot e^{-(0,046 \cdot D_{max})}$ z parametrem charakterystycznym rozkładu $\lambda_1=0,046 \mu\text{m}^{-1}$ zaś dla błonnika kakaowego przyjmuje $N_3(D_{max})=1402 \cdot 30 \cdot e^{-(0,055 \cdot D_{max})}$, $\lambda_3=0,055 \mu\text{m}^{-1}$, błonnik owsiany posiada dużo większe cząsteczki, charakteryzuje się przy tym funkcją gęstości rozkładu w postaci $N_2(D_{max})=1409 \cdot 30 \cdot e^{-(0,025 \cdot D_{max})}$, $\lambda_2=0,025 \mu\text{m}^{-1}$.

Tabela 2. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dla błonników przed granulacją

Zależna: Rodzaj błonnika	Wartość p dla porównań wielokrotnych przed granulacją Zmienna niezależna (grupująca): Dmax Test Kruskala-Wallisa: H (2, N= 4218) =27,37017 p = 0,000		
	jabłkowy R:1503,6	owsiany R:1725,9	kakaowy R:1466,2
jabłkowy		0,000	0,024
owsiany	0,000		0,000
kakaowy	0,024	0,000	

Źródło: Badania własne

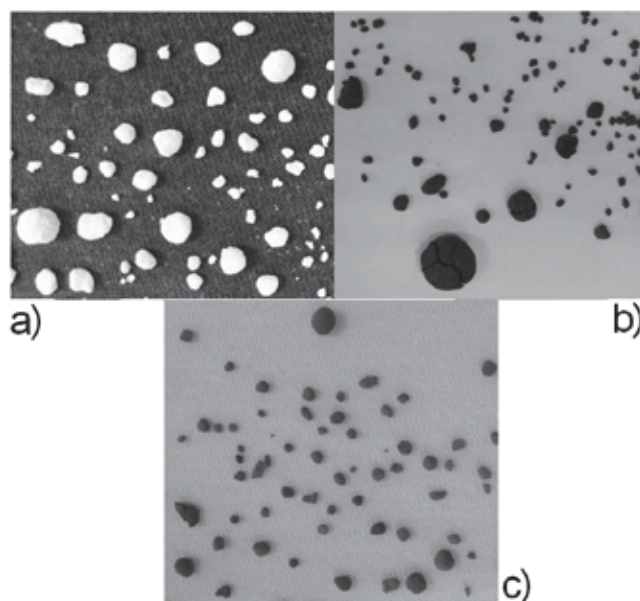


Rys. 2. Histogram składu granulometrycznego błonników: a) jabłkowego, b) kakaowego, c) owsianego.

Źródło: Badania własne

Istotność różnic pomiędzy próbkami błonników przeznaczonymi do granulacji stwierdzono w oparciu o statystyczny test nieparametryczny Kruskala-Wallisa (tabela 2). We wszystkich przypadkach wartość poziomu istotności p jest mniejsza od $\alpha=0,05$. Zatem można stwierdzić, iż występują istotne różnice pomiędzy analizowanymi błonnikami pod względem składu granulometrycznego.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki analiz statystycznych uzyskanych granulatów błonnika. Numerem 1 oznaczono granulaty uzyskane przy granulacji z zastosowaniem jako lepiszcza roztworu sacharozy zaś numerem 2 granulaty z zastosowaniem wody destylowanej. Najwyższą medianę



Rys. 3. Fotografie uzyskanych granulatów z wykorzystaniem wody destylowanej: a) granulatu błonnika owsianego, b) granulatu błonnika kakaowego, c) granulatu błonnika jabłkowego.

Źródło: Badania własne

Tabela 3. Wyniki analiz statystycznych granulowanych błonników

Zmienna	Statystyki opisowe				
	N ważnych	Średnia [mm]	Mediana [mm]	Minimum [mm]	Maksimum [mm]
jabłkowy 1	703	3,082	2,585	1,040	14,82
jabłkowy 2	764	2,719	2,553	1,133	8,39
kakaowy 1	767	3,087	2,462	1,007	14,47
kakaowy 2	763	2,211	1,844	1,069	12,53
owsiany 1	709	3,413	2,949	1,035	14,99
owsiany 2	727	3,153	2,817	1,005	10,61

Źródło: Badania własne

Tabela 4. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dla błonników po granulacji

Zależna: Błonnik [Dmax]	Wartość p dla porównań wielokrotnych, Grupa 1 Test Kruskala-Wallisa: H (2, N= 2175) =63,37507 p =,0000 Grupa 2 :Test Kruskala-Wallisa: H (2, N= 2236) =390,8925 p =0,000					
	jabłkowy 2	kakaowy 2	owsiany 2	jabłkowy 1	kakaowy 1	owsiany 1
jabłkowy 2	-	0,000	0,000	-	-	-
kakaowy 2	0,000	-	0,000	-	-	-
owsiany 2	0,000	0,000	-	-	-	-
jabłkowy 1	-	-	-	-	0,150	0,000
kakaowy 1	-	-	-	0,150	-	0,000
owsiany 1	-	-	-	0,000	0,000	-

Źródło: Badania własne

Tabela 5. Test Kolmogorowa-Smirnowa istotności różnic pomiędzy analizowanymi zgranulowanymi błonnikami pod względem wielkości cząstek

Zmienna: Rodzaj błonnika	Test Kolmogorowa-Smirnowa Względem zmiennej: Dmax - Rodzaj lepiszcza Zaznaczone wyniki są istotne z p < 0,05000								
	Maks.uj. Różnica	Maks.dod. Różnica	p	Średnia Grupa 1	Średnia Grupa 2	Odch.std Grupa 1	Odch.std Grupa 2	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
owsiany	-0,023	0,140	p < .001	3,413	3,153	1,744	1,480	709	727
kakaowy	-0,022	0,263	p < .001	3,087	2,199	1,947	1,122	767	1245
jabłkowy	-0,117	0,039	p < .001	3,082	2,719	1,716	1,025	703	764

Źródło: Badania własne

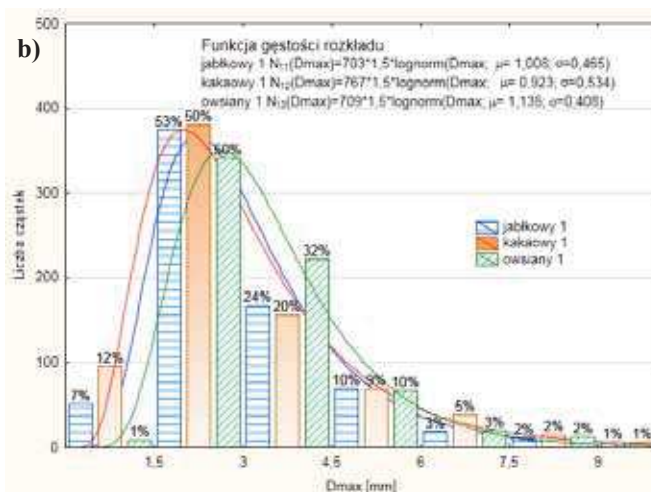
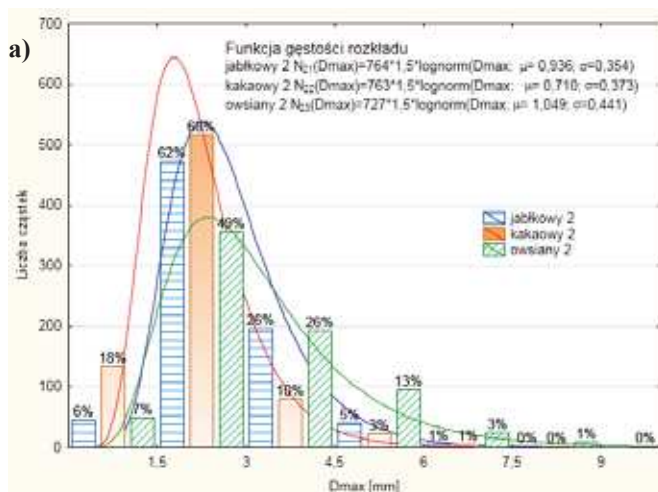
d_{50} = 2,949 mm uzyskano przy granulacji błonnika owsianego z zastosowaniem jako lepiszcza roztworu sacharozy. Również w tym przypadku zarejestrowano największe granule dochodzące do średnicy 15mm. We wszystkich analizowanych przypadkach stwierdzono wyższe wartości median przy zastosowaniu jako lepiszcza roztworu sacharozy.

Istotność różnic w składzie granulometrycznym pomiędzy uzyskanymi granulatami określono przy użyciu testu Kruskala-Wallisa przy poziomie istotności $\alpha=0,05$ (tabela 4). Tylko w przypadku porównania granul błonników kakaowego i jabłkowego przy stosowaniu podczas granulacji jako lepiszcza roztworu sacharozy nie udało się jednoznacznie stwierdzić istotności różnic pomiędzy nimi, wartość $p=0,15 > \alpha=0,05$. W pozostałych przypadkach występują istotne różnice $p < \alpha=0,05$.

Na rys. 3 przedstawiono fotografię trzech próbek granulatów błonnika uzyskanego przy granulacji z wykorzystaniem jako lepiszcza wody destylowanej.

Analizując uzyskane obrazy można już na podstawie oceny sensorycznej stwierdzić iż granulaty różnią się między sobą. O istotności tych różnic można się jednak przekonać dopiero analizując histogramy przedstawiające składy granulometryczne uzyskanych błonników zgranulowanych (rys. 4). W przypadku granulacji z zastosowaniem jako lepiszcza wody uzyskane produkty znacznie różnią się między sobą pod względem składu granulometrycznego (rys. 4a).

Najlepszą podatnością na granulację wodą charakteryzuje się błonnik owsiany. Funkcję gęstości rozkładu dla tego granulatu można aproksymować do postaci: $N_{23}(D_{max})=727 \cdot 1,5 \cdot \log_{norm}(D_{max}; 1,049; 0,441)$ z współczynnikiem skali rozkładu $\mu=1,049$. W przypadku dwóch pozostałych granulatów odczytane wartości współczynnika skali rozkładu dla aproksymowanych funkcji gęstości rozkładu wynoszą: dla kakaowego $\mu=0,710$ zaś dla jabłkowego $\mu=0,936$. Na podstawie wartości współczynnika μ można stwierdzić iż w analizowanych próbkach granulatów błonnika udział



Rys. 4. Histogram składu granulometrycznego błonników względem maksymalnej średnicy cząstki granulowanych z zastosowaniem jako lepiszcza a) czystej wody, b) roztworu polisacharydów.

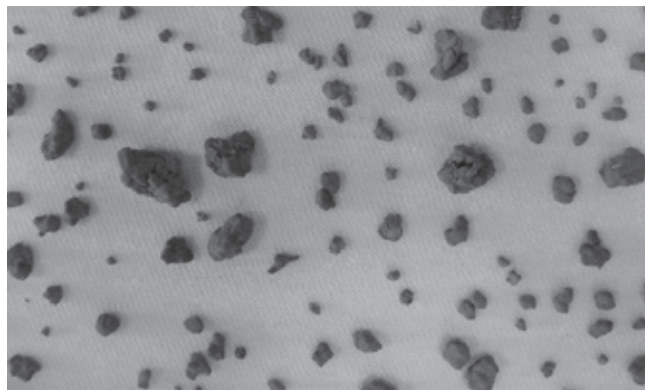
Źródło: Badania własne

frakcji drobnoziarnistej jest najmniejszy dla błonnika jabłkowego, zaś największy dla owsianego. Potwierdza to również analiza histogramu (rys 4a). Dla granulatu błonnika owsianego uzyskano najwyższą medianę 2,949mm oraz największy wynoszący ponad 44% udział cząstek frakcji powyżej 3 mm. W przypadku błonnika jabłkowego udział ten wynosił 32% zaś dla kakaowego tylko 15%. Zastosowanie jako lepiszcza roztworu sacharozy pozwala na uzyskanie większych cząstek w porównaniu do granulatu uzyskanego z dodatkiem wody (rys 3b). Zastosowanie roztworu sacharozy w przypadku błonników: owsianego zwiększa udział cząstek we frakcji powyżej 3 mm o 5%, dla jabłkowego o 8% zaś dla kakaowego aż o 23% w porównaniu do granulacji wodą. Również w tym przypadku granulaty błonnika owsianego charakteryzuje się największym udziałem frakcji większych w porównaniu do dwóch pozostałych granulatów. Funkcja gęstości rozkładu dla granulatu błonnika owsianego granulowanego roztworem sacharozy ma postać $N_{13}(D_{max})=709 \cdot 1,5 \cdot \log_{norm}(D_{max}; 1,135; 0,408)$ z współczynnikiem skali rozkładu $\mu=1,135$. Dla granulatu błonnika kakaowego $\mu=0,923$ zaś dla jabłkowego $\mu=1,008$.

Istotność wpływu rodzaju lepiszcza na wielkość uzyskiwanych cząstek granulatu błonnikowego określono przy wykorzystaniu testu statystycznego Kołmogorowa-Smirnowa (tabela 5). Wyniki tego testu pozwalają przy poziomie $p < \alpha = 0,05$ stwierdzić istotność różnic pod względem wielkości cząstek między granulatem błonnika uzyskanego przy granulacji lepiszczem w postaci wody destylowanej (Grupa 2) i roztworu sacharozy (Grupa 1).

Podczas prowadzenia procesu granulacji zaobserwowano, że zastosowanie jako lepiszcza roztworu sacharozy wpływa również na kształt uzyskiwanych cząstek granulatu. Granule błonnika otrzymywane przy granulacji czystą wodą miały kształt zbliżony do kulistego zaś zastosowanie jako lepiszcza roztworu sacharozy spowodowało otrzymanie granul globularnych rys. 5 (nazewnictwo wg normy

PN-EN ISO 3252:2002). W wyniku łączenia się granul powstają większe aglomeraty.

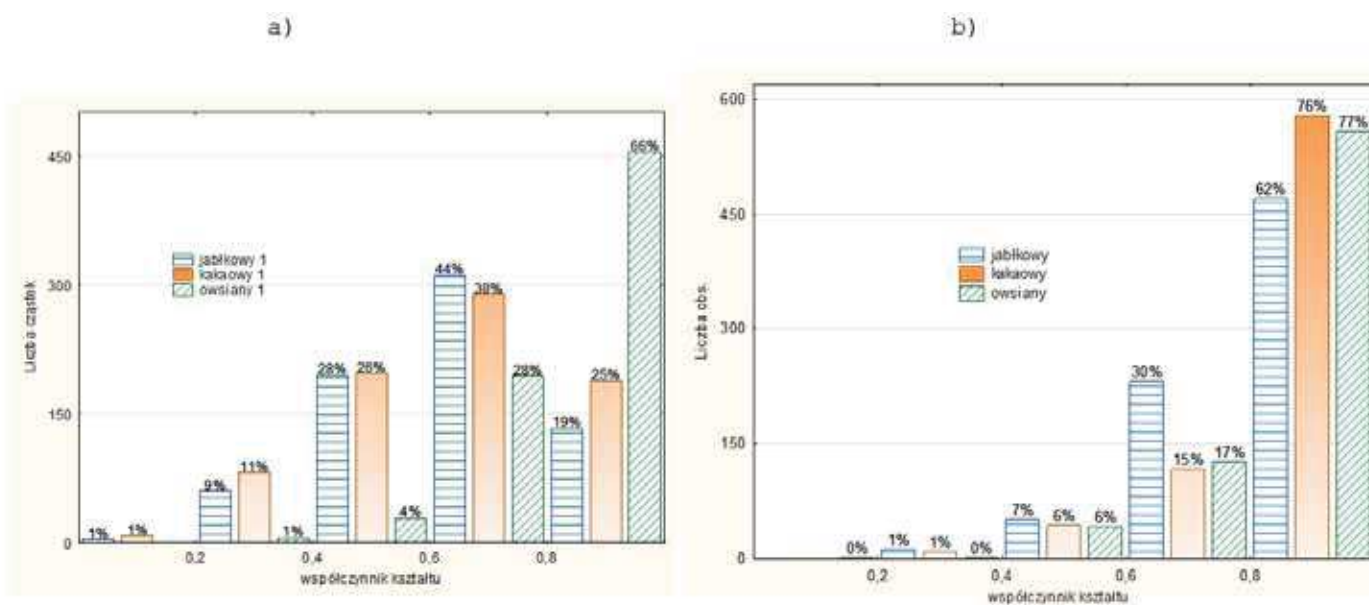


Rys. 5. Fotografia granulatu błonnika jabłkowego uzyskanego przy granulacji z zastosowaniem jako lepiszcza roztworu sacharozy.

Źródło: Badania własne

Analizy statystyczne z wykorzystaniem testu nieparametrycznego Kołmogorowa-Smirnowa przy poziomie $p < \alpha = 0,05$ (tabela 6) pozwoliły stwierdzić, iż występują istotne różnice pomiędzy analizowanymi próbkami granul pod względem kształtu cząstek.

Analiza histogramu przedstawiającego skład granulometryczny względem współczynnika kształtu granulatu błonnika z zastosowaniem jako lepiszcza wody destylowanej (rys. 6b) pozwala stwierdzić, iż kształt zbliżony do kulistego (współczynnik kształtu $> 0,8$) posiada ponad 66% granulatu błonnika jabłkowego, 76% kakaowego a owsianego 77%. Zastosowanie jako lepiszcza roztworu węglowodanów sprawia, iż uzyskany granulaty posiada cząstki kuliste w 19% dla błonnika jabłkowego, 25% dla kakaowego i 66% dla owsianego rys. 6a.



Rys. 6. Histogram składu granulometrycznego względem współczynnika kształtu błonników granulowanych z zastosowaniem jako lepiszcza a) roztworu sacharozy b) wody destylowanej.

Źródło: Badania własne

Tabela 6. Test Kolmogorowa-Smirnowa istotności różnic pomiędzy analizowanymi zgranulowanymi błonnikami pod względem współczynnika kształtu cząstek

Rodzaj błonnika	Test Kolmogorowa-Smirnowa Względem zmiennej: Współczynnik kształtu - rodzaj lepiszcza Zaznaczone wyniki są istotne z $p < 0,05000$								
	Maks.uj. Różnica	Maks.dod Różnica	p	Średnia Grupa 1	Średnia Grupa 2	Odch.std Grupa 1	Odch.std Grupa 2	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
jabłkowy	-0,443	0	$p < .001$	0,644	0,805	0,168	0,133	703	764
kakaowy	-0,534	0	$p < .001$	0,652	0,845	0,189	0,139	767	763
owsiany	-0,201	0,021	$p < .001$	0,815	0,844	0,110	0,118	709	727

Źródło: Badania własne

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono iż różne rodzaje proszków błonnika wykazują różne właściwości użytkowe. Błonnik kakaowy charakteryzuje się największym udziałem cząstek najmniejszych, owsiany zaś ma najwięcej cząstek największych. Proszki błonnika owsianego oraz jabłkowego różnią się pod względem gęstości nasypowej, zaś brak jest tej różnicy pomiędzy proszkami błonnika owsianego i kakaowego. Uzyskane wyniki są związane z różnicami w budowie surowca. Przeprowadzone analizy uzyskanych granulatów wykazały istotność wpływu zastosowania wybranych lepiszczy na przebieg i efekty granulacji bezciśnieniowej proszków błonnika w granulatorze talerzowym. Zastosowanie lepiszczy wpływa w sposób istotny na przebieg procesu granulacji bezciśnieniowej oraz na jakość uzyskiwanego granulatu. Na podstawie przeprowadzonych badań procesu granulacji 3 rodzajów błonnika z zastosowaniem jako lepiszcza wody destylowanej i roztworu sacharozy można stwierdzić iż:

1. występują statystycznie istotne różnice w składzie granulometrycznym wielkości cząstek pomiędzy analizowanymi produktami granulacji bezciśnieniowej błonników, zatem rodzaj surowca wpływa na wielkość uzyskiwanych cząstek;
2. zastosowanie jako lepiszcza roztworu sacharozy poprawia warunki granulacji w wyniku czego uzyskuje się produkt o większych cząsteczkach;
3. zastosowanie jako lepiszcza roztworu sacharozy wpływa również na kształt granul, uzyskuje się cząstki o kształcie globularnym zamiast kulistych, co jest wynikiem łączenia się powstałych granul w większe aglomeraty;
4. istnieje możliwość granulacji bezciśnieniowej proszków błonnika w celu poprawy ich właściwości użytkowych.

Wskazane jest prowadzenie dalszych badań mających na celu optymalizację składu lepiszcza i uzyskiwanie produktów o pożądanym cechach jakościowych i ilościowych.

LITERATURA

- [1] ANDLAUER W., FUERST P. 1999. *Does cereal reduce the risk of cancer?* Cereal Food World, 44 (2): 76-78.
- [2] BAKIER S., MIASTKOWSKI K. 2011. *Badania zależności pomiędzy wybranymi własnościami użytkowymi a składem granulometrycznym glukozy krystalicznej.* Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z 567, 11-20.
- [3] BAKIER S., MIASTKOWSKI K. 2010. *Analiza składu granulometrycznego glukozy krystalicznej.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego nr 1, 36-40.
- [4] CEGLIŃSKA A., CACAK-PIETRZAK G., DOJCZEW D., HABER T., SZULIM M. 2007. *Wpływ dodatku różnych form błonnika na jakość wybranych wyrobów ciastkarskich.* Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2 (51), 80-90.
- [5] DEMBIŃSKI L., BANASZKIEWICZ A., RADZIKOWSKI A. 2010. *Dieta bogatoresztkowa – definicja, korzyści i normy w pediatrii.* Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka. 12, 139-145, 2.
- [6] DOMIAN E., JANOWICZ M., KOWALSKA H., LENART A. 2005. *Sypkość białkowo-węglowodanowych mieszanin proszków spożywczych aglomerowanych w złożu fluidalnym.* Inżynieria Rolnicza. Nr 11 (71), 59-67.
- [7] ECKHOFF R. K. 2002. *Dust Explosions in the Process Industries.* Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [8] GROCHOWICZ J., SOBCZAK P., ZAWIŚLAK K., PANASIEWICZ M. 2003. *Analiza współczynnika lepkości dynamicznej wybranych substancji wiążących.* Inżynieria Rolnicza 8(50). 141-147.
- [9] HEJFT R., LESZCZUK T. 2011. *Dobór parametrów procesu bezciśnieniowej aglomeracji (otoczkowania nasion).* Część I: Stanowisko badawcze. Inżynieria Aparatury Chemicznej, 50, 1, 15-16.
- [10] KOLANOWSKI W. 1998. *Zastosowanie błonnika pokarmowego w produkcji żywności.* Żywność. Żywnienie. Zdrowie, 4, 412.
- [11] KOPAL W., WEINER W., ANTONIAK M. 1998. *Granulaty pyłowo-cementowe w budowie dróg.* Seminarium Naukowo-Szkoleniowe „Popioły a środowisko. Przegląd dotychczasowych prac naukowo-badawczych – wyniki gospodarczego wykorzystania popiołów”, Pradocin k/Bydgoszczy 8-10/12.
- [12] KOWALSKA J., LENART A., 2002 b. *Wpływ aglomeracji i powlekania na kinetykę sorpcji pary wodnej przez napój kakaowy w proszku.* Inżynieria Rolnicza 4, 37, 72-79.

- [13] **KOWALSKA J., LENART A. 2003.** *Wpływ aglomeracji na właściwości ogólne wieloskładnikowej żywności w proszku.* Technologia Alimentaria 2(2), 27-36.
- [14] **KRAWCZYK W. 1992.** *Nowe produkty o zwiększonej zawartości błonnika pokarmowego.* Przegląd Gastrologiczny, 4, 4-5.
- [15] **LESZCZUK T., MIASTKOWSKI K. 2012.** *Metody określania parametrów geometrycznych sypkich nawozów rolniczych i ogrodniczych.* Postępy Nauki i Techniki nr 12, 139-148.
- [16] **PIETSCH W. 2002.** *Agglomeration Processes. Phenomena, Technologies, Equipment.* Wiley-VCH. Verlag Gmbh Weinheim Germany.
- [17] **PIJANOWSKI E. 1996.** *Ogólna technologia żywności.* WNT, Warszawa.
- [18] **RUMPF H. 1962.** *The Strength of Granules and Agglomerates* (W.A.K. Knepper ed.), Agglomeration, Interscience, New York, 379÷414.
- [19] **ZAWIŚLAK K., SOBCZAK P. 2007.** *Zmiany wybranych właściwości fizycznych granulatu uzyskanego z dodatkiem różnych substancji wiążących.* Inżynieria Rolnicza 5, 437-444.

INFLUENCE OF THE BINDER ON THE GRANULOMETRIC CHARACTERISTICS OF DIETARY FIBER GRANULAR PRESSURELESS

SUMMARY

The aim of this study was to determine the effect of different binders for granulation of three types of dietary fibers: apple, oatmeal, cocoa. The granulation was carried out using a disc granulator. The binder consisted of: distilled water; an aqueous solution of polysaccharides (sucrose) at a concentration of 20%. Granulation with polysaccharide solution is improving the granulation obtained a product with a larger particle diameter of 8 - 29% depending on the type of fiber. The granules obtained by granulation of oat fiber with a binder solution of polysaccharides were characterized by the largest fraction of particles of size more than 3mm - fraction accounted for more than 49% of the analyzed population. Cocoa fiber pellets obtained during the granulation solution of polysaccharides were characterized by the fraction of particles of size greater than 3 mm over 23% higher compared to the granules granulated with distilled water. The product of the granulation water was most spherical particles - fraction of a shape factor values above 0.8 was 62-76%, and the granulation solution of sucrose from 19 to 66%.

Key words: fiber, pressureless granulation, binders.