

DARIUSZ CUPIAŁ, DOROTA WITROWA-RAJCHERT

BADANIE MORFOLOGII PROSZKÓW OTRZYMANYCH PODCZAS SUSZENIA ROZPYŁOWEGO HYDROLIZATU BIAŁKOWEGO Z DODATKIEM MALTODEKSTRYNY

Streszczenie

Celem pracy było określenie zmian morfologii i wybranych właściwości fizycznych proszków hydrolizatu białkowego z maltodekstryną, jako nośnikiem, otrzymanych w wyniku suszenia rozpyłowego. Zastosowano dwie wartości temperatury suszenia, tj. 160 i 200 °C oraz trzy strumienie podawania surowca 0,9; 1,18 i 1,28 cm³/s. Największą wilgotność proszku (4,5 %) uzyskano w temperaturze 160 °C i przy strumieniu 1,28 cm³/s. W wyniku obniżenia temperatury suszenia oraz zwiększenia strumienia podawania surowca otrzymywano proszki charakteryzujące się większą wilgotnością. Wzrost strumienia podawania surowca oraz temperatury suszenia nie wpłynął znacząco na uzyskaną wartość gęstości nasypowej luźnej. Uzyskane wartości mieściły się w granicach 493-518 kg/m³. Na wartość gęstości pozornej cząstek istotny wpływ miała temperatura suszenia, której podwyższenie powodowało wzrost wartości gęstości pozornej. Jedynie przy najmniejszym strumieniu surowca temperatura suszenia nie różnicowała tej wielkości. Zmiana strumienia podawania surowca nie wykazała statystycznie istotnego wpływu na uzyskane wartości gęstości pozornej. Proszki wykazywały porowatość zewnętrzną złoża mieszczącą się w granicach 58 - 63 %. Jedynie w temperaturze 200 °C zaobserwowano istotne statystycznie zmniejszenie porowatości zewnętrznej złoża wraz ze wzrostem strumienia podawania surowca. Zdjęcia wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego dowiodły, że cząstki charakteryzowały się kulistym kształtem o gładkiej powierzchni. Przeprowadzona analiza granulometryczna proszków wykazała wzrost wielkości cząstek wraz ze zwiększeniem strumienia podawania surowca oraz temperatury suszenia.

Słowa kluczowe: suszenie rozpyłowe, maltodekstryna, hydrolizat białkowy, gęstość, porowatość

Wprowadzenie

Hydrolizaty białkowe otrzymywane są z surowców białkowych metodą hydrolizy kwasowej lub enzymatycznej. Polega ona na wymuszonym, poprzez kwasy, zasady lub enzymy, rozkładzie wiązań peptydowych znajdujących się w białku, w wyniku czego białko ulega fragmentacji do podstawowych „cegiełek”, tj. proteaz, polipeptydów,

Mgr inż. D. Cupiał, prof. dr hab. D. Witrowa-Rajchert, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

peptydów oraz aminokwasów. Zastosowanie hydrolizy enzymatycznej stwarza ogromne możliwości modelowania właściwości funkcjonalnych białek przez dobór enzymu, warunków i czasu jego działania [5, 6, 10]. Ze względu na wysoką zawartość łatwo przyswajalnego azotu oraz właściwości przeciwutleniające, stabilizujące, pianotwórcze, emulgujące, żelujące, a także wzmacniające uczucie smaku słonego, znajdują one szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, głównie jako składnik mieszanek przyprawowych. Ponadto hydrolizaty białkowe mają w swym składzie bardzo cenne aminokwasy oraz peptydy o wysokiej wartości biologicznej, dzięki którym są one wykorzystywane jako preparaty odżywczo-regenerujące, a także w medycynie podczas np. leczenia schorzeń przewodu pokarmowego [2, 9, 12, 13].

Wzrost zainteresowania hydrolizatem białkowym w postaci sypkiej spowodowany jest dążeniem producentów do obniżania kosztów transportu oraz składowania, a także, dokonywanym przez konsumentów świadomym wyborem produktów łatwiejszych w stosowaniu (łatwość dozowania, mała masa opakowania). Dzięki dogodnym warunkom wymiany ciepła, suszenie rozpyłowe jest jedną z najlepszych metod przemiany fazy ciekłej w fazę stałą sproszkowaną. W istocie polega ono na rozdrobnieniu cieczy na małe kropelki (średnica 10-200 μm) wewnątrz zamkniętej komory suszarki, gdzie następuje kontakt materiału z medium suszącym, zazwyczaj z gorącym nienasyconym powietrzem. Podstawą procesu jest zapewnienie jak największej powierzchni rozpylonego płynu, przypadającej na jednostkę jego objętości. Dzięki temu zwiększa się powierzchnia kontaktu gorącego medium z powierzchnią cząstek oraz zmniejsza się odległość, jaką musi pokonać energia, aby przejść z powierzchni do środka cząstki. W wyniku wytworzenia tak dużej powierzchni kontaktu powietrza z suszonym materiałem, w ciągu kilku sekund zostaje odparowany rozpuszczalnik, a gotowy proszek opada na dno komory suszarniczej [1, 3, 7, 11, 14]. Zastosowanie odpowiednich parametrów suszenia oraz dodatku nośników pozwala na uzyskanie produktu o pożądanych właściwościach fizycznych.

Celem pracy było określenie zmian morfologii i wybranych właściwości fizycznych proszków hydrolizatu białkowego z maltodekstryną jako nośnikiem, otrzymywanych metodą suszenia rozpyłowego, pod wpływem zróżnicowanych parametrów procesowych: strumienia podawania surowca oraz temperatury powietrza wlotowego.

Material i metody badań

Materiałem badawczym był hydrolizat białkowy w postaci płynnej z 20 % dodatkiem substancji nośnikowej w postaci maltodekstryny średniosukrzanej o DE = 19. Suszenie rozpyłowe prowadzono w laboratoryjnej suszarce rozpyłowej typu Lab S1 firmy Anhydro. Suszenie przebiegało współprądowo w temperaturze powietrza wlotowego równej 160 i 200 °C oraz przy trzech poziomach strumienia podawania surowca

do suszarki 0,9; 1,18 i 1,28 cm³/s. Prędkość obrotowa dysku rozpylającego wynosiła 38000 obr./min. Każde doświadczenie przeprowadzano dwukrotnie.

Do oceny zmiany właściwości fizycznych proszków wykonano oznaczenia: gęstości nasypowej luźnej, gęstości pozornej cząstek, a także porowatości złoża oraz zawartości suchej substancji.

Zawartość suchej substancji oznaczano w proszkach zgodnie z normą PN-78/A-86030 w dwukrotnym powtórzeniu.

Oznaczenie gęstości nasypowej luźnej ρ_L wykonywano przy użyciu objętościomierza wstrząsowego STAV 2003 Engelsman GA. Gęstość pozorną cząstek ρ oznaczano przy użyciu piknomietru helowego Pycnometer Quantachrom GmbH.

Na podstawie gęstości pozornej cząstek oraz gęstości nasypowej luźnej obliczano porowatość zewnętrzną złoża:

$$\varepsilon_L = 1 - \frac{\rho_L}{\rho}$$

Analizę morfologii cząstek proszku przeprowadzano na podstawie zdjęć wykonanych przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego FEI QUANTA 200, wykorzystując program MultiScan v 13.11. Określano pole powierzchni cząstek proszków. Na podstawie zebranych danych przedstawiono rozkład pola powierzchni cząstek oraz krzywe skumulowane tego rozkładu.

Analizę statystyczną wykonano przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.1. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariacji, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do oceny różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Tukey-a (HSD). W celu sprawdzenia hipotezy o występowaniu istotnego wpływu parametrów suszenia na uzyskane wartości ocenianych właściwości przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariacji.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza wyników wykazała, że na końcową wilgotność proszku istotny wpływ miała wartość strumienia podawania surowca do suszarki oraz temperatura powietrza. Wraz ze wzrostem strumienia zaobserwowano wzrost wilgotności końcowej proszku w wyniku zmniejszenia efektywności transportu ciepła. Wprowadzenie większej ilości surówki w jednostce czasu do suszarki spowodowało zmniejszenie czasu kontaktu rozpylonych kropeł z medium suszącym, w wyniku czego została odparowana mniejsza ilość rozpuszczalnika, co wpłynęło bezpośrednio na wzrost końcowej wilgotności proszku. Wzrost strumienia podawania z 0,9 do 1,28 cm³/s spowodował wzrost wilgotności z 3,4 do 4,5 % w temp. suszenia równej 160 °C oraz z 2,4 do 3,0 % w temp. równej 200 °C. Zaobserwowano także, że wzrost temperatury suszenia istotnie wpłynął na zmniejszenie końcowej wilgotności proszku. Tendencja ta jest następstwem

zwiększenia sprawności wymiany ciepła i masy pomiędzy suszonym materiałem a medium suszącym. Wzrost temperatury suszenia strumienia równego $0,9 \text{ cm}^3/\text{s}$ ze 160 do $200 \text{ }^\circ\text{C}$ spowodował zmniejszenie wilgotności z $3,4$ do $2,4 \%$, strumienia równego $1,18 \text{ cm}^3/\text{s}$ z $3,6$ do $2,5 \%$, a strumienia $1,28 \text{ cm}^3/\text{s}$ z $4,5$ do $3,0 \%$. Podobne zależności zaobserwowali Quek i wsp. [16], Rattes i Oliveira [17] oraz Grabowski i wsp. [8]. Wraz ze wzrostem różnicy temperatur pomiędzy medium suszącym a suszonymi cząstkami wzrasta intensywność transportu wilgoci z cząstek rozpylonego materiału [19].

Wzrost strumienia podawania surowca oraz temperatury suszenia nie wpłynął znacząco na uzyskaną wartość gęstości nasypowej luźnej. Uzyskane wartości mieściły się w granicach od 493 do 518 kg/m^3 (tab. 1). Jedynie przy strumieniu podawania surowca równym $1,28 \text{ cm}^3/\text{s}$ oraz temp. suszenia równej $200 \text{ }^\circ\text{C}$ gęstość różniła się od pozostałych wartości i była równa 557 kg/m^3 . Mimo braku istotnych statystycznie różnic, zauważalna była tendencja do wzrostu gęstości nasypowej luźnej wraz ze wzrostem zarówno strumienia podawania, jak i temperatury suszenia.

Wykazano, że na gęstość pozorną czyli gęstość uwzględniającą obecność powietrza wewnątrz cząstek, statystycznie istotny wpływ miała wartość temperatury suszenia. Wzrost temperatury suszenia ze 160 do $200 \text{ }^\circ\text{C}$ spowodował wzrost gęstości pozornej cząstek, przykładowo z 1221 do 1275 kg/m^3 przy strumieniu surowca równym $0,9 \text{ cm}^3/\text{s}$ (tab. 1). Odwrotną zależność zaobserwowali Finney i wsp. [4], badając wpływ parametrów suszenia rozpyłowego na właściwości fizyczne otrzymanych aromatów. Wykazali oni, że proszki uzyskane podczas suszenia w niższych temperaturach powietrza wlotowego charakteryzowały się wyższą gęstością pozorną. Wynika to z faktu, że podczas rozpylania cieczy do cząstki dostaje się mniejsza ilość powietrza, która w trakcie procesu odparowania zostaje w niej zamknięta. Podobnie maltodekstryna, jako materiał „skin-forming” charakteryzujący się tworzeniem nieprzepuszczalnej błonki na powierzchni kropli w trakcie procesu odparowania, powinna w wyższej temperaturze osiągać mniejszą gęstość pozorną. Prawdopodobnie jednak obecność hydrolizatu spowodowała, że obserwowano odwrotną zależność.

Zmiana wartości strumienia podawania surowca nie wykazała statystycznie istotnego wpływu na zróżnicowanie uzyskanych gęstości pozornych.

Uzyskane podczas suszenia proszki wykazywały porowatość zewnętrzną złoża mieszczącą się w granicach $58 - 63 \%$ (tab. 1). W temp. $160 \text{ }^\circ\text{C}$ nie zaobserwowano wpływu strumienia podawania surowca na wartość porowatości zewnętrznej złoża. Jednak po podwyższeniu temp. suszenia do $200 \text{ }^\circ\text{C}$ wzrost strumienia surowca do największej wartości istotnie wpłynął na obniżenie wartości porowatości zewnętrznej złoża, z około 61 do 58% , przy największym strumieniu. Porowatość jest zależna od gęstości nasypowej luźnej złoża oraz gęstości pozornej cząstek. Wraz ze wzrostem gęstości nasypowej luźnej maleje porowatość złoża. Powyższe wyniki i spostrzeżenia

pozwalają założyć, że proszek uzyskany w temp. 200 °C charakteryzował się większym rozrzutem wymiarów cząstek niż otrzymany w temp. 160 °C.

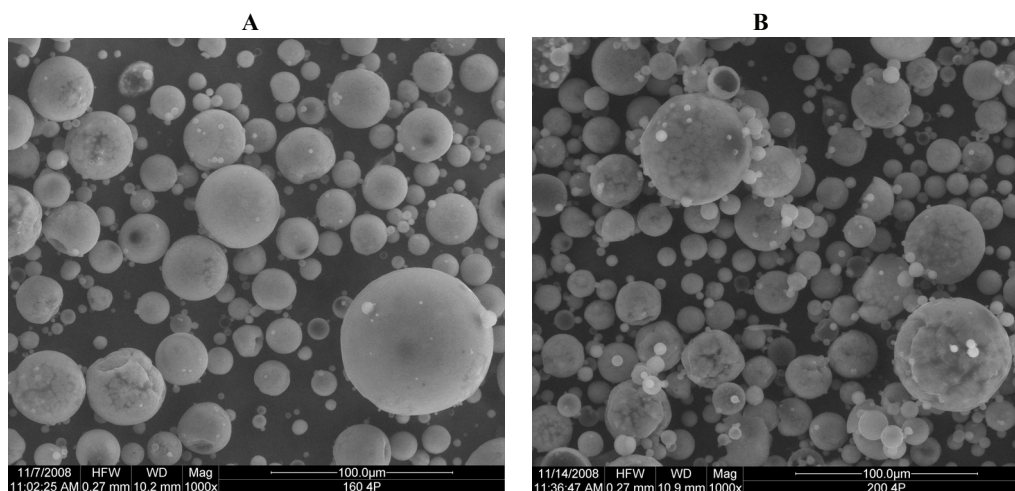
Tabela 1

Charakterystyka proszków uzyskanych w wyniku suszenia hydrolizatu białkowego.
Profile of powders manufactured in a spray drying process of protein hydrolysate.

Temperatura suszenia Drying temperature [°C]	Strumień surowca Raw material flux [cm ³ /s]	Zawartość wody Water content [%]	Gęstość pozorna Apparent density [kg/m ³]	Gęstość luźna Loose density [kg/m ³]	Porowatość złoza Porosity [%]
160	0,9	3,38 ± 0,000 ^c	1221 ± 6 ^a	493 ± 2 ^a	62,4 ± 0,8 ^{ab}
	1,18	3,36 ± 0,000 ^c	1221 ± 2 ^a	494 ± 3 ^a	60,8 ± 0,2 ^{abc}
	1,28	4,47 ± 0,001 ^d	1264 ± 5 ^b	508 ± 6 ^a	62,7 ± 0,7 ^a
200	0,9	2,38 ± 0,001 ^a	1275 ± 10 ^b	503 ± 2 ^a	60,7 ± 0,5 ^{bc}
	1,18	2,54 ± 0,001 ^a	1260 ± 4 ^b	518 ± 2 ^a	59,9 ± 0,3 ^c
	1,28	2,97 ± 0,001 ^b	1277 ± 0,5 ^b	557 ± 7 ^b	58,0 ± 0,4 ^d

Objaśnienia: / Explanatory notes:

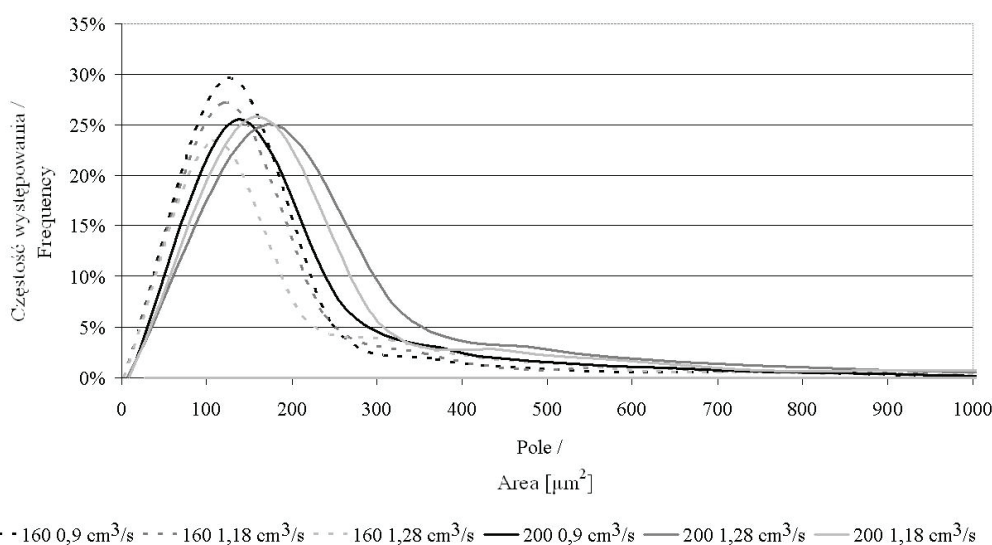
a, b, c, d – wartości średnie w kolumnach oznaczone indeksami różnią się od siebie statystycznie istotnie ($\alpha < 0,005$) / Mean values in the same columns, denoted by different letters, vary statistically significant among themselves at $\alpha < 0.005$.



Fot. 1. Struktura cząstek hydrolizatu białkowego z dodatkiem maltodekstryny jako nośnika; A – temp. 160 °C, strumień 0,9 cm³/s, B – temp. 200 °C, strumień 0,9 cm³/s.

Phot. 1. Structure of protein hydrolysate particles with the addition of maltodextrin as carrier; A – temperature of 160 °C; stream pf 0.9 cm³/s; B – temperature of 200 °C; stream 0.9 cm³/s.

Analiza zdjęć wykonanych za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego wykazała, że cząstki, niezależnie od zastosowanych parametrów suszenia rozpyłowego, charakteryzowały się kulistą budową o gładkiej powierzchni i różnych wielkościach (fot. 1), co jest charakterystyczne dla proszków otrzymanych metodą suszenia rozpyłowego [19]. W miarę wzrostu temperatury suszenia proszek wykazuje większe zróżnicowanie morfologiczne, co jest charakterystyczne dla materiałów typu „skin-forming” [20]. Zauważono obecność cząstek popękanych i porozrywanych, jednak ich ilość była nieznaczna i w większości występowały w proszkach otrzymanych w temp. 200 °C.

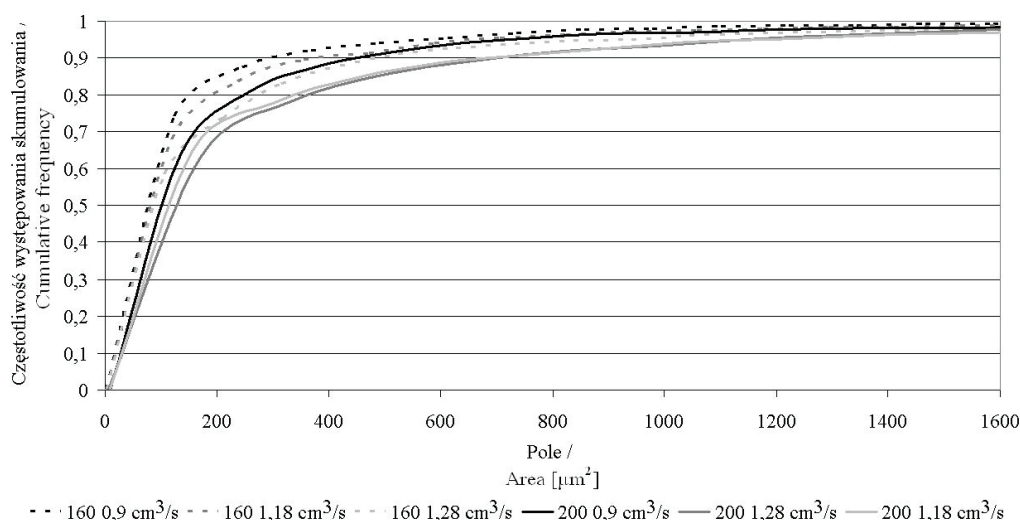


Rys. 1. Rozkład pola powierzchni cząstek w zależności od parametrów suszenia.

Fig. 1. Particle size distribution depending on the drying parameters.

Analizując wielkość pola powierzchni cząstek (rys. 1) zaobserwowano, że wzrost strumienia podawania surowca w temp. 160 °C powodował zmniejszenie procentowej zawartości cząstek o mniejszych wartościach pola powierzchni. Wzrost strumienia w temp. 200 °C skutkowało przesunięciem rozkładu wielkości cząstek w kierunku większego pola powierzchni. Największym najczęściej występującym polem, równym 170 μm^2 , charakteryzował się proszek uzyskany w temp. suszenia równej 200 °C przy największym strumieniu, równym 1,28 cm^3/s i około 25 % cząstek osiągało to pole przekroju. Z krzywej skumulowanej (rys. 2) wynika, że ponad 60 % cząstek miało pole przekroju równe bądź mniejsze od tej wartości. Najmniejszą wartość pola najczęściej występującego, równą 107 μm^2 , uzyskał proszek suszony w temp. 160 °C przy strumieniu równym 1,28 cm^3/s – około 23 % cząstek osiągało to pole przekroju. Proszek otrzymany w tej samej temperaturze suszenia i przy strumieniu równym 0,9 cm^3/s cha-

rakteryzował się polem przekroju najczęściej występującym równym $125 \mu\text{m}^2$ (29 % cząstek osiągało tę wartość), a odsetek cząstek mających pole przekroju równe lub mniejsze od tej wartości wynosiła 74 %. Natomiast gdy proszek suszono przy strumieniu $0,9 \text{ cm}^3/\text{s}$, jedynie 58 % cząstek osiągnęło pole powierzchni równe lub mniejsze od wartości najczęściej występującej (rys. 2).



Rys. 3. Krzywa skumulowania rozkładu pola powierzchni cząstek w zależności od parametrów suszenia.

Fig. 3. Cumulative Curve of Particle Size Distribution depending on the drying parameters.

Przeprowadzona analiza granulometryczna proszków wykazała wzrost wielkości cząstek wraz ze wzrostem strumienia podawania surowca oraz wzrostem temperatury suszenia. Z krzywej skumulowanej (rys. 2) wynika, że w temp. $160 \text{ }^\circ\text{C}$ przy strumieniu równym $0,9 \text{ cm}^3/\text{s}$ pole 50 i 90 % cząstek w złożu było mniejsze bądź równe odpowiednio 50 i $315 \mu\text{m}^2$. Wraz ze wzrostem strumienia wartość ta wzrosła odpowiednio do 70 i $385 \mu\text{m}^2$ w przypadku strumienia równego $1,18 \text{ cm}^3/\text{s}$ oraz do 75 i $485 \mu\text{m}^2$, gdy suszono podając roztwór w ilości $1,28 \text{ cm}^3/\text{s}$. Podobną zależność zaobserwowano w temp. suszenia równej $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Wzrost strumienia podawania surowca powodował wzrost wartości pola osiągniętych przez 50 i 90 % cząstek z 93 i $460 \mu\text{m}^2$, przez 100 i $700 \mu\text{m}^2$ do 105 i $705 \mu\text{m}^2$ w przypadku najwyższego strumienia podawania surowca. Wytworzenie większych cząstek, na skutek wzrostu strumienia podawania surowca, spowodowany jest bezpośrednio wprowadzeniem do suszarki odpowiednio większego strumienia w jednostce czasu, co bez zmiany prędkości obrotowej dysku skutkuje wzrostem wielkości kropelek rozpylonego płynu. Wraz ze wzrostem temperatury suszenia w wyniku szybszego odparowania rozpuszczalnika powstają cząstki o więk-

szym polu wskutek szybszego wytworzenia twardej struktury cząstki, co zapobiega jej kurczeniu się w dalszym procesie suszenia [18].

Wnioski

1. Wilgotność uzyskanego proszku zwiększała się wraz ze wzrostem strumienia podawania surowca. Wzrost temperatury prowadzenia procesu suszenia spowodował zmniejszenie wilgotności proszku.
2. Wzrost temperatury suszenia ze 160 do 200 °C oraz strumienia surowca z 0,9 do 1,28 cm³/s nie wpłynął znacząco na zmianę wartości gęstości nasypowej luźnej złoża. Zwiększenie temperatury suszenia spowodowało natomiast wzrost gęstości pozornej proszków. Jedynie przy największym strumieniu temperatura suszenia nie różnicowała tej wielkości.
3. Uzyskane podczas suszenia proszki wykazywały porowatość zewnętrzną złoża mieszczącą się w granicach 58 - 63 %. Jednak w temperaturze 200 °C wzrost strumienia surowca istotnie wpłynął na obniżenie wartości porowatości zewnętrznej złoża.
4. W miarę wzrostu temperatury proszek wykazywał większe zróżnicowanie morfologiczne, co jest charakterystyczne dla materiałów „skin-forming”. Jednak zwiększenie gęstości pozornej wraz ze wzrostem temperatury nie potwierdziło, że mieszaninę maltodekstryny i hydrolizatu białkowego można zaliczyć do proszków tego typu.
5. Wzrost strumienia podawania surowca oraz wzrost temperatury suszenia znacząco wpływał na wzrost pola powierzchni cząstek hydrolizatu.

Literatura

- [1] Bajsic I., Kranjcevic E.: Automation of industrial spray dryer. *Instrumentation Sci. Technol.*, 2001, **29** (1), 41-52.
- [2] Dzwolak W., Ziajka S.: Kierunki wykorzystania hydrolizatów białkowych. *Przem. Spoż.*, 1993, **47** (11), 298-300.
- [3] Filkova I., Mujumdar A.S.: *Industrial Spray Drying Systems*; (ed. A.S. Mujumdar). *Handbook of Industrial Drying*, vol. 1, second ed., Marcel Dekker, Inc., New York 1995, pp. 263-308.
- [4] Finney J., Buffo R., Reineccius G. A.: Effects of type of atomization and processing temperatures on the physical properties and stability of spray-dried flavors. *J. Food Sci.*, 2002, **67** (3), 1108-1114.
- [5] Flaczyk E., Korczak J.: Wielofunkcyjne właściwości hydrolizatów białkowych w produktach mięsnych. *Gosp. Mięs.*, 1997, **49**(12), 30, 32-33.
- [6] Flaczyk E.: Zalety technologiczne i żywieniowe hydrolizatów białkowych. Cz. II. *Przem. Spoż.*, 1997, **51** (4), 43-45.
- [7] Goula A.M., Adamopoulos K.G.: Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *J. Food Eng.*, 2005, **66**, 35-42.
- [8] Grabowski J.A., Truong V.D., Dubert C.R.: Spray-drying of amylase hydrolyzed sweet potato puree and physicochemical properties of powder. *J. Food Sci.*, 2006, **71** (5), E209-E217.

- [9] Kowalczyk D., Baraniak B.: Wpływ chemicznej modyfikacji i metody koagulacji białek nasion soczewicy i wyki na właściwości przeciwutleniające otrzymanych hydrolizatów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **2** (43) Supl., 89-96.
- [10] Kowalczyk D., Stryjecka M., Baraniak B.: Porównanie wpływu acetylacji na właściwości funkcjonalne hydrolizatów białkowych otrzymanych z nasion roślin strączkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4** (49), 90-100.
- [11] Kramkowski R., Pasławska M., Peroń S.: Dobór parametrów suszenia zawiesiny skrobi pszennej w suszarce rozpyłowej. *Inżynieria Rolnicza*, 2001, 12.
- [12] Lahl W., Braun S.: Enzymatic Production of Protein Hydrolysates for Food Use. *Food Technology*, 1994, 10, 68-71.
- [13] Mahmoud M.: Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technol.*, 1994, **10**, 89-94, 113.
- [14] Masters K.: *Spray Drying – Handbook*. Wiley, New York 1985.
- [15] Nijdam J.J., Langrish T.A.J.: The effect of surface composition on the functional properties of milk powder. *J. Food Eng.*, 2006, **77** (4), 919-925.
- [16] Quek S.Y., Chok N.K., Swedlund P.: The physicochemical properties of spray-drying watermelon powders. *Chem. Eng. Proc.*, 2007, **46**, 386-392.
- [17] Rattes A.L.R., Oliveira W.P.: Spray drying conditions and encapsulating composition effects on formation and properties of sodium diclofenac microparticles. *Powder Technology*, 2007, **171** (1), 7-14.
- [18] Reiniccius G.A.: Multiple-core encapsulation – the spray drying of food ingredients. *Microencapsulation of Food Ingredients* (ed. P. Vilstrup). Leatherhead Publishing, Surrey, 2001, pp. 151-185.
- [19] Tonon R.V., Brabet C., Hubinger M.D.: Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.*, 2008, **88**, 411-418.
- [20] Walton D.E., Mumford C.J.: The morphology of spray dried particles. The effect of process variables upon the morphology of spray-dried particles. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 1999, **77**, part A, 442-460.

INVESTIGATING THE MORPHOLOGY OF POWDERS OBTAINED IN A PROCESS OF SPRAY DRYING OF PROTEIN HYDROLYSATES CONTAINING MALTODEXTRIN

S u m m a r y

The objective of the investigation was to describe changes in the morphology and selected physical properties of protein hydrolysate powders with maltodextrin as a carrier. The powders investigated were obtained in a process of spray drying. Two inlet air temperatures (160 °C and 200 °C) and three raw material fluxes (0.9, 1.18, and 1.28 cm³/s) were used. The highest moisture content in powders (4.5 %) was obtained at a temperature of 160 °C and with a 1.28 cm³/s flux of raw material. Decreasing the drying temperature and increasing the feeding flux of raw material resulted in the manufacturing of powders of a higher moisture value. The increased feeding flux of raw material and the drying temperature did not significantly impact the loose density value obtained. The values obtained ranged from 493 to 518 kg/m³. The drying temperature had a significant impact on the apparent density of particles and its increase caused the apparent density to increase. The drying temperature did not differentiate the density only when the raw material flux was the lowest. Changing the feeding flux of raw material did not show any statistically significant impact on the apparent density values obtained. The bed external porosity of powders

ranged from 58 to 63 %. A statistically significant decrease in the bed external porosity was found only at a temperature of 200 °C, and it occurred along with the increased raw material flux. The photographs taken by a scanning microscope demonstrated that the particles were characterized by a spherical, smooth-faced shape. The performed screen analysis of powders showed the increase in the particle size along with the increase in the feeding flux of raw material and in the drying temperature.

Key words: spray drying, maltodextrin, protein hydrolysate, density, porosity 