

BADANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH HYDROLIZATU BIAŁKOWEGO SUSZONEGO ROZPYŁOWO

Dariusz Cupiał, Emilia Janiszewska, Dorota Witrowa-Rajchert

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, SGGW
Nowoursynowska159C, 02-776 Warszawa
email: dariusz_cupial@sggw.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań suszenia rozpyłowego hydrolizatu białkowego oraz hydrolizatu białkowego z 20% dodatkiem maltodekstryny. Suszenia przeprowadzono w dwóch temperaturach suszenia, tj. 160 i 200°C, oraz przy trzech strumieniach objętości podawania surowca, tj. 0,88; 1,12 i 1,24 cm³·s⁻¹. Najwyższą zawartość wilgoci (4,5%) uzyskano dla hydrolizatu z dodatkiem nośnika. Wraz ze wzrostem temperatury suszenia wilgotność proszków zmniejszała się, zaś wzrost strumienia objętości podawania surowca wpływał na podwyższenia wilgotności proszków. Dodatek maltodekstryny istotnie wpłynął na wzrost gęstości nasypowej luźnej i utrzęsionej oraz spowodował zmniejszenie gęstości pozornej cząstek i porowatości złoża. Obniżenie temperatury suszenia, w przypadku roztworu samego hydrolizatu białkowego, powodowało zmniejszenie gęstości nasypowej luźnej oraz utrzęsionej o około 17%. Zauważono, że zarówno temperatura suszenia, jak i strumień objętości surowca nie miały istotnego wpływu na gęstość pozorną proszków. Niezależnie od dodatku nośnika oraz zmiany parametrów suszenia, sproszkowany hydrolizat charakteryzował się współczynnikiem Hausnera przekraczającym wartość 1,4.

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

WPROWADZENIE

W dobie wysoko rozwiniętego przemysłu spożywczego oraz produkcji żywności wysoko przetworzonej stosowanie hydrolizatów białkowych jest jak najbardziej uzasadnione. Zastosowanie dodatku hydrolizatów białkowych wpływa znacząco na polepszenie i uwypuklenie smaku produktu oraz zwiększa jego właściwości odżywcze. Hydrolizaty posiadają właściwości przeciwutleniające, emulgujące, żelujące oraz pianotwórcze. Mają również możliwość obniżania aktywności wody. Hydrolizaty białkowe, dzięki dużej zawartości aminokwasów oraz pepty-

dów o wysokiej wartości biologicznej, są chętnie stosowane przez sportowców oraz zalecane podczas karmienia małych dzieci, szczególnie narażonych na alergię pokarmową (Kemp i Beauchamp 1987, Dzwolak i Ziajka 1993, Lahl i Braun 1994, Mahmoud 1994). Hydrolizaty białkowe otrzymywane są w wyniku hydrolizy substancji białkowych przy udziale enzymów lub katalizatorów chemicznych (tj. kwasu lub zasady). Zastosowanie hydrolizy enzymatycznej pozwala uzyskać produkt o lepszym zbilansowaniu aminokwasowym. Na rynku hydrolizaty białkowe dostępne są w postaci mieszanek przyprawowych w formie ciekłej, sproszkowanej lub past, a ich dodatek w stosunku do gotowego produktu zwykle nie przekracza 3% (Vallejo-Cordoba i in. 1987, Flaczyk 1997, Flaczyk i Korczak 1997).

Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod przekształcenia formy ciekłej w formę sproszkowaną jest suszenie rozpyłowe. Polega ono na rozpyleniu cieczy na małe kropelki w komorze suszarniczej, gdzie następuje kontakt materiału z medium suszącym. W wyniku takiego procesu uzyskuje się proszek, którego właściwości fizyczne można modelować, poprzez modyfikację parametrów suszenia. Do zalet tej metody można również zaliczyć fakt, że uzyskany produkt ma formę stałą, co znacznie ułatwia transport, dozowanie i składowanie oraz charakteryzuje się wyższą stabilnością (Janiszewska i Witrowa-Rajchert 2007, Thybo i in. 2008, Tonon i in. 2008).

Nie wszystkie jednak substancje nadają się bezpośrednio do suszenia rozpyłowego. Podczas procesu suszenia substancji charakteryzujących się dużą zawartością cukrów prostych oraz kwasów organicznych może wystąpić zjawisko drastycznego obniżenia wydajności procesu w wyniku zbrylania oraz oblepiania ścian suszarki. Aby temu zapobiec, stosuje się dodatek wysokocząsteczkowych substancji nośnikowych. Do takich substancji można zaliczyć przykładowo maltodekstryny, białka serwatkowe, gumy i skrobie modyfikowane. Jednak ich dodatek może także wpłynąć na zmianę właściwości fizycznych uzyskanego proszku (Bhandari i in. 1993, Bhandari i in. 1997, Domian i Bialik 2006).

Celem pracy było określenie wpływu temperatury suszenia rozpyłowego, strumienia podawania surowca oraz zastosowania nośnika w postaci maltodekstryny na wybrane właściwości fizyczne otrzymanego proszku hydrolizatu białkowego.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Hydrolizatem białkowym wykorzystanym do badań była przyprawa Maggi w postaci płynnej. Nośnik stanowiła maltodekstryna średnioscukrzona o DE=19.

Suszeniu poddano hydrolizat białkowy oraz hydrolizat białkowy z dodatkiem 20% nośnika (w stosunku wagowym). Zawartość wody w hydrolizacie białkowym wynosiła 70%, a w przypadku hydrolizatu z dodatkiem nośnika 50%. Su-

szenie przeprowadzono w dwóch temperaturach suszenia 160 i 200°C oraz trzech strumieniach podawania 0,88; 1,12 i 1,24 cm³·s⁻¹, w laboratoryjnej suszarce rozpyłowej firmy ANHYDRO. Prędkość obrotową dysku ustawiono na poziomie 38000 obr·min⁻¹. Wszystkie suszenia wykonano w dwukrotnym powtórzeniu.

W otrzymanych proszkach oznaczono zawartość wody zgodnie z normą PN-78/A-86030, w dwukrotnym powtórzeniu.

Oznaczenie gęstości luźnej, ρ_L , i utrzęsionej (przy 1250 utrzęsieniach), ρ_T , wykonano przy użyciu objętościomierza wstrząsowego STAV 2003 Engelsman GA. Gęstość pozorną cząstek, ρ , oznaczono przy użyciu piknometru helowego Pycnometer Quantachrom GmbH. Do obliczenia stopnia sypkości proszków, tj. współczynnika Hausnera, posłużono się wzorem:

$$I_{HR} = \frac{\rho_T}{\rho_L}, \quad (1)$$

a na podstawie gęstości pozornej cząstek oraz gęstości nasypowej luźnej obliczono porowatość zewnętrzną złoża:

$$\varepsilon_L = 1 - \frac{\rho_L}{\rho} \quad (2)$$

Zdjęcia wykonano w elektronowym mikroskopie skaningowym FEI QUANTA 200 w Centrum Analitycznym SGGW, przy powiększeniu 1000x.

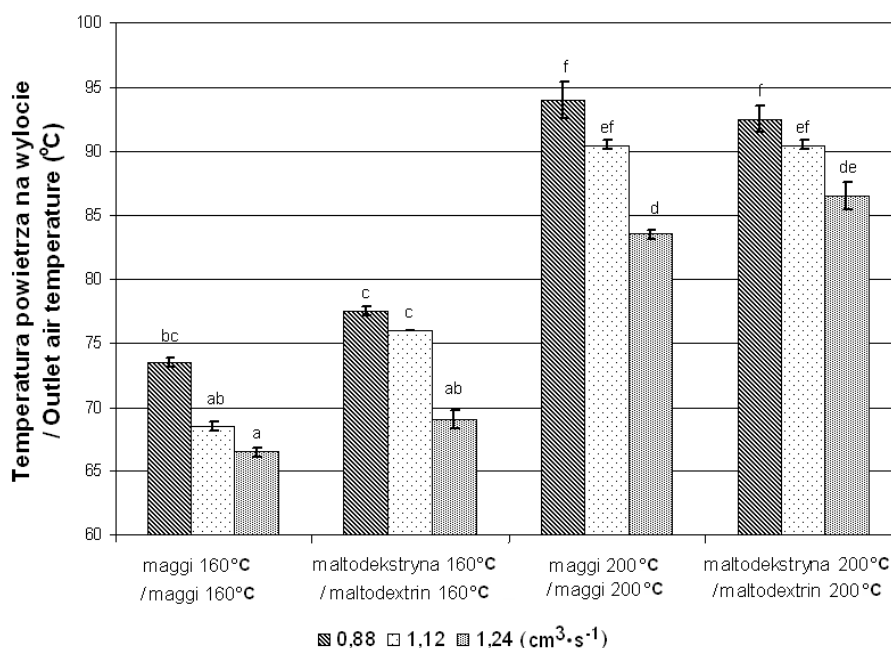
Lepkość roztworu poddawanego suszeniu zmierzono przy pomocy wiskozyometru firmy Anton Paar, model Physica MCR 301, z zastosowaniem układu dwóch cylindrów (nr Seryjny DG26.7/TI).

Analizę statystyczną wykonano przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.1. Zastosowano analizę porównawczą przy poziomie istotności równym $\alpha = 0,05$. Testowano hipotezę o występowaniu istotnego wpływu parametrów suszenia na uzyskane średnie wartości ocenianych właściwości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizując przebieg suszenia można zauważyć, że na temperaturę powietrza opuszczającego suszarkę statystycznie istotny wpływ mają obydwie analizowane parametry procesowe: strumień objętości surówki oraz temperatura powietrza wlotowego (rys. 1). Wzrost temperatury suszenia powodował wzrost temperatury powietrza opuszczającego suszarkę, a wzrost strumienia objętości surówki powodował jej zmniejszenie. Wprowadzenie większej ilości surowca w jednostce czasu spowodowało intensyfikację procesu wymiany ciepła pomiędzy surówką a medium suszącym, co w konsekwencji doprowadziło do zmniejszenia temperatury powietrza opuszczającego suszarkę. Tonon i in. (2008), susząc rozpyłowo sok z jagód palmy brazylijskiej z dodatkiem maltodekstryny w temperaturze powie-

trza wlotowej równej 170°C, zaobserwowali podobną zależność. Wzrost strumienia masy surówki z 5 do 15 i 25 g·min⁻¹ spowodował obniżenie temperatury powietrza wylotowego odpowiednio ze 111 do 96 i 94°C. Dodatek maltodekstryny jako nośnika podczas suszenia nie spowodował statystycznie istotnych zmian wartości temperatury powietrza opuszczającego suszarkę.

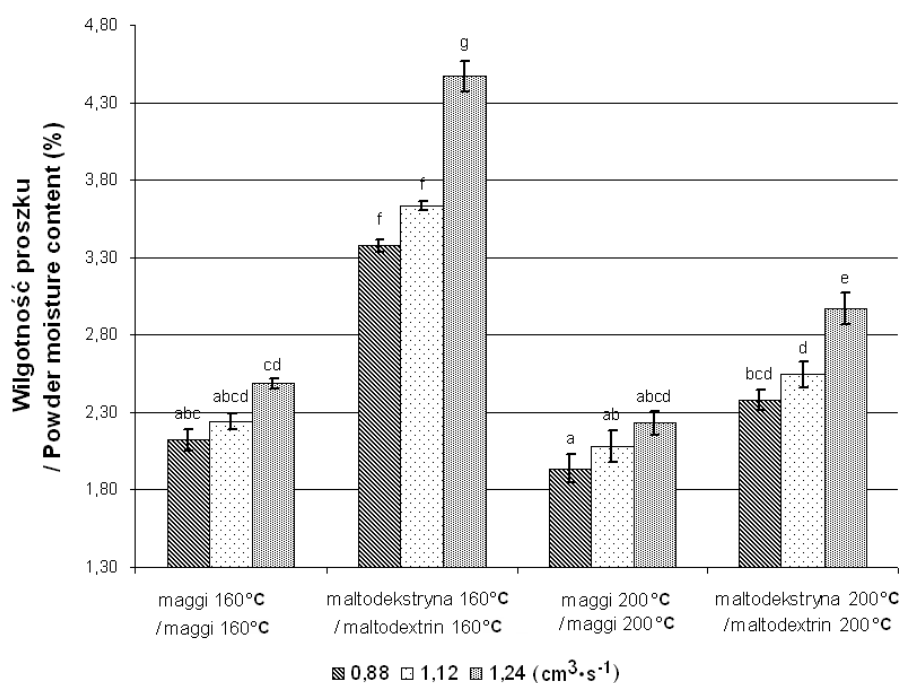


a, b, c, d, e, f – wartości oznaczone różnymi indeksami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($\alpha < 0,05$) / Mean values marked with by different letters differ from one another statistically significantly at $\alpha < 0.05$.

Rys. 1. Temperatura powietrza wylotowego w zależności od zastosowanych parametrów procesowych
Fig. 1. Outlet air temperature in relation to process parameters

Wzrost strumienia objętości surowca przy tej samej prędkości obrotowej dysku, spowodował rozpylenie roztworu na większe krople, charakteryzujące się mniejszą sumaryczną powierzchnią parowania, co w konsekwencji doprowadziło do zwiększenia wilgotności proszku (rys. 2). Zastosowanie nośnika również miało istotny wpływ na wzrost końcowej wilgotności proszku, nawet o 80% w przypadku proszków otrzymanych w temperaturze 160°C, przy strumieniu objętości surowca równym 1,24 cm³·s⁻¹. Zwiększając temperaturę powietrza suszącego zaobserwowano zmniejszenie wilgotności uzyskanego proszku, w wyniku zwiększenia

sprawności wymiany ciepła i masy pomiędzy suszonym materiałem a medium suszącym. Zależność tę najlepiej widać w przypadku hydrolizatu z dodatkiem nośnika, natomiast w przypadku samego hydrolizatu zmiana ta nie jest statystycznie istotna, jednak tendencja do obniżania wilgotności jest zauważalna. Podobną zależność zaobserwowali Rattes i Oliveira (2007), Quek i in. (2007) oraz Grabowski i in. (2006). Im większa była różnica temperatur pomiędzy suszonymi cząsteczkami a medium suszącym, tym intensywniej zachodził proces transportu wilgoci z cząsteczek rozpylonego materiału (Tonon i in. 2008).



a, b, c, d, e, f, g – wartości oznaczone różnymi indeksami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($\alpha < 0,05$) / Mean values marked with by different letters differ from one another statistically significantly at $\alpha < 0.05$.

Rys. 2. Wilgotność uzyskanego proszku w zależności od zastosowanych parametrów procesowych
Fig. 2. Powder moisture content in relation to process parameters

Dodatek maltodekstryny znacząco wpłynął na zmianę gęstości nasypowej luźnej otrzymanego proszku. W porównaniu z proszkami otrzymanymi w wyniku suszenia samego hydrolizatu, zaobserwowano około 65%-owy wzrost tej gęstości (tab. 1). Wytłumaczeniem tego zjawiska może być fakt, że obydwa roztwory przed procesem

suszenia wykazywały różną lepkość (hydrolizat białkowy 2 mPa·s, hydrolizat białkowy z dodatkiem nośnika 23 mPa·s). Im wyższą lepkość posiadał roztwór, tym większe krople powstawały na skutek jego rozpylania, co w konsekwencji pozwala uzyskać proszek o większych cząstkach. Jednocześnie, dodatek maltodekstryny, substancji należącej do materiałów typu „skin-forming”, skutkowało zwiększeniem zróżnicowania granulometrycznego uzyskanego proszku. Wzrost gęstości nasypowej luźnej tego złoża, był następstwem wypełnienia małymi cząstkami pustych przestrzeni pomiędzy wyżej wspomnianymi większymi cząstkami.

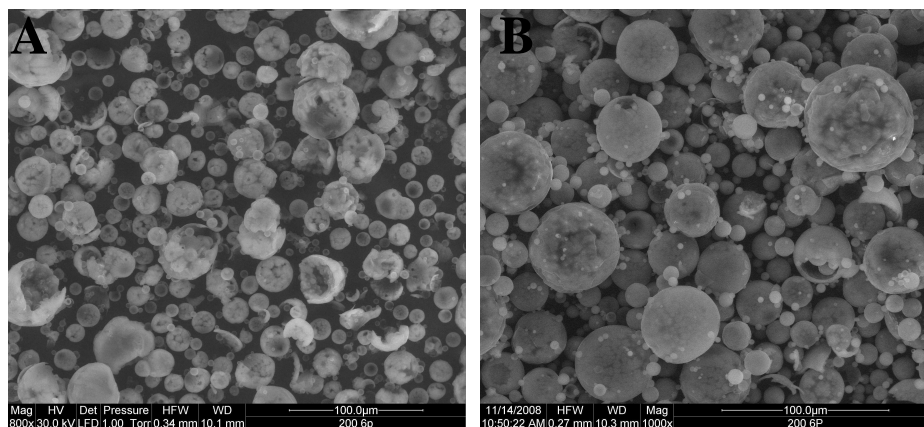
Obniżenie temperatury suszenia powodowało w przypadku roztworu samego hydrolizatu białkowego, zmniejszenie gęstości nasypowej luźnej z 340-380 do 300 kg·m⁻³ oraz nasypowej utrząsionej z 500-560 do 410-460 kg·m⁻³ (tab. 1). Zjawisko to wynika z faktu, iż gęstość nasypowa luźna jest silnie związana z wilgotnością proszku. Im wilgotność proszku jest większa, tym więcej cząstek łączy się w większe skupiska, pozostawiając wolne przestrzenie pomiędzy nimi, co w rezultacie obniża gęstość nasypową luźną (Goula i Adamopoulos 2005). W przypadku suszenia hydrolizatu z nośnikiem nie zaobserwowano znacznych zmian wartości gęstości nasypowych na skutek zmiany temperatury suszenia oraz strumienia podawania surowca. Zauważalna jest jedynie tendencja do wzrostu obu tych gęstości na skutek wzrostu strumienia objętości surowca, jednak nie jest ona statystycznie istotna.

Uzyskana gęstość nasypowa utrząsiona była znacznie wyższa od gęstości nasypowej luźnej. Wzrost ten w przypadku samego hydrolizatu białkowego wynosił średnio 45%, a dla proszku hydrolizatu z dodatkiem maltodekstryny średnio 40%. Świadczy to o znacznej ściśliwości proszku, spowodowanej występowaniem pustych przestrzeni w złożu. Zauważono także tendencję do obniżania gęstości nasypowej utrząsionej złoża samego hydrolizatu białkowego w wyniku zwiększenia strumienia podawania surowca.

Najwyższą gęstość pozorną cząstek, równą 1853 kg·m⁻³, wyznaczono dla proszku zawierającego sam hydrolizat. Oznacza to, że proszek ten charakteryzował się najmniejszą porowatością wewnętrzną, a cząstki okazały się najbardziej „zbite”. W wyniku dodatku nośnika zaobserwowano obniżenie gęstości pozornej proszków do poziomu 1220 kg·m⁻³ (tab. 1). Zjawisko to może być spowodowane tym, że maltodekstryna, nośnik zastosowany podczas suszenia hydrolizatu, należy do materiałów typu „skin-forming”, charakteryzujących się tworzeniem nieprzepuszczalnej błonki na powierzchni kropli w trakcie odparowania, co prowadzi do powstawania cząstek proszków wypełnionych gazem (Walton i Humford 1999). Proszki takie charakteryzują się więc mniejszą gęstością pozorną, ze względu na większą porowatość wewnętrzną. Zmniejszenie gęstości pozornej proszku, na skutek dodatku maltodekstryny może wynikać również z faktu, że maltodekstryna ma mniejszą gęstość rzeczywistą niż gęstość rzeczywista hydrolizatu. Ponieważ

gęstość układu złożonego ma właściwości addytywne, można się spodziewać zmniejszenia gęstości rzeczywistej proszku otrzymanego z mieszaniny, w porównaniu z gęstością rzeczywistą proszku hydrolizatu. Natomiast zmniejszenie gęstości rzeczywistej będzie powodowało obniżenie gęstości pozornej proszku. Zauważono, że zarówno temperatura suszenia, jak i strumień surowca nie miały istotnego wpływu na gęstość pozorną proszków.

Uzyskane podczas suszenia proszki wykazywały zróżnicowane wartości porowatości złoża. Najwyższą porowatością (0,84) charakteryzowało się złoże uzyskane w wyniku suszenia samego hydrolizatu białkowego w temperaturze 160°C, najniższą (0,58) zaś złoże uzyskane podczas suszenia hydrolizatu białkowego z dodatkiem maltodekstryny w temperaturze 200°C (tab. 1). Dodatek nośnika wpłynął na obniżenie wartości porowatości średnio o 25%. Również wzrost temperatury spowodował obniżenie porowatości o około 5%. Podobną zależność zaobserwowali Zbiciński i Kwapińska (2003) podczas suszenia detergentu. Wzrost temperatury powietrza wlotowego do suszarki ze 150 do 250°C spowodował obniżenie porowatości o 30%. Porowatość jest zależna od gęstości nasypowej luźnej złoża oraz gęstości pozornej cząstek. Wraz ze wzrostem gęstości nasypowej luźnej i zmniejszeniem gęstości pozornej maleje porowatość złoża. Tak duża różnorodność porowatości złoża wynika z faktu, że w skład złoża proszku samego hydrolizatu białkowego wchodziły również popękane cząstki (fot. 1A), co znacząco wpłynęło na powstawanie pustych przestrzeni pomiędzy nimi. Zaś złoże hydrolizatu białkowego z dodatkiem maltodekstryny (fot. 1B) charakteryzowało się dużym zróżnicowaniem granulometrycznym, co jest charakterystyczne dla materiałów „skin-forming”.



Fot. 1. Zdjęcia proszków uzyskanych w temperaturze 200°C oraz przy strumieniu podawania surowca 1,12 cm³·s⁻¹; A – sam hydrolizat białkowy, B – hydrolizat białkowy z dodatkiem maltodekstryny
Photo 1. Photos of powders obtained at temperature of 200°C and raw material flux of 1.12 cm³ s⁻¹; A – protein hydrolysate, B – protein hydrolysate with addition of maltodextrin

Z gęstością nasypową luźną i utrzoną związany jest współczynnik Hausnera (Domian 2005). Współczynnik ten w zdecydowanej większości przekraczał wartość 1,4. Najniższą wartością (1,36) charakteryzował się hydrolizat białkowy z dodatkiem maltodekstryny suszony w temperaturze 200°C, najwyższą zaś (1,55) sam hydrolizat białkowy suszony w temperaturze 160°C (tab. 1). Wszystkie proszki charakteryzowały się więc słabą sypkością oraz wykazywały właściwości charakterystyczne dla proszków spójnych.

WNIOSKI

1. Dodatek nośnika oraz zwiększenie strumienia podawania surowca powodował wzrost wilgotności proszków nawet do wartości 4,5%. Podwyższenie temperatury suszenia skutkowało obniżeniem wilgotności proszków
2. Zaobserwowano nawet 60% wzrost gęstości nasypowej luźnej oraz utrzonej w wyniku dodatku maltodekstryny jako nośnika. Wzrost strumienia podawania surowca oraz temperatury suszenia nie wpłynął istotnie na analizowane wartości gęstości.
3. Dodatek nośnika wpłynął istotnie na obniżenie gęstości pozornej cząstek, z 1800 do 1200 kg·m⁻³. Zauważono tendencję wzrostu gęstości pozornej wraz ze wzrostem strumienia podawania surowca.
4. Uzyskane proszki charakteryzowały się słabą sypkością oraz wykazywały właściwości charakterystyczne dla proszków spójnych.

PIŚMIENNICTWO

- Bhandari B.R., Datta N., Howes T., 1997. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(2), 671-684.
- Bhandari B.R., Senoussi A., Dumoulin E.D., Lebert A., 1993. Spray drying of concentrated fruit juice. *Drying Technology*, 11(5), 1081-1092.
- Domian E., Bialik E., 2006. Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku. *Acta Agrophysica*, 8(4), 803-814.
- Domian E., 2005. Sypkość aglomerowanej żywności w proszku. *Acta Agrophysica*, 6(3), 605-615.
- Dzwolak W., Ziąjka S., 1993. Kierunki wykorzystania hydrolizatów białkowych. *Przemysł Spożywczy*, 47(11), 298-300.
- Flaczyk E., Korczak J., 1997. Wielofunkcyjne właściwości hydrolizatów białkowych w produktach mięsnych. *Gospodarka Mięsna*, 49(12), 30, 32-33.
- Flaczyk E., 1997. Zalety technologiczne i żywieniowe hydrolizatów białkowych. Cz. II. *Przemysł Spożywczy*, 51(4), 43-45.
- Goula A.M., Adamopoulos K.G., 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*, 66, 35-42.
- Grabowski J.A., Truong V. D., Dubert C.R., 2006. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweet potato puree and physicochemical properties of powder. *Journal of Food Science*, 71(5), E209-E217.
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D., Mikrokapsulacja aromatu rozmarynowego podczas suszenia rozpyłowego. *Postępy Techniki Przetw. Spoż.*, 2007, 2(17), 33-36.

- Kemp S., Beauchamp G., 1987. Flavor modification by sodium chloride and monosodium glutamate. *Journal of Food Science*, 59(3), 682-686.
- Kwapińska M., 2002. Wpływ parametrów suszenia i rozpylania na własności fizyczne produktów. Praca doktorska WIPiOŚ, Politechnika Łódzka.
- Lahl W., Braun S., 1994. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. *Food Technology*, 10, 68-71.
- Mahmound M., 1994. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technology*, 10, 89-94, 113.
- Papadakis S.E., Gardeli Ch., Tzia C., 2006. Spray drying of raisin juice concentrate. *Drying Technology*, 24, 173-180.
- Quek S.Y., Chok N.K., Swedlund P., 2007. The physicochemical properties of spray-drying watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392.
- Rattes A.L.R., Oliveira W. P., 2007. Spray drying conditions and encapsulating composition effects on formation and properties of sodium diclofenac microparticles. *Powder Technology*, 171(1), 7-14.
- Thybo P., Hovgaard L., Lindelov J.S., Brask A., Andersen S.K., 2008. Scaling up the spray drying process from pilot to production scale using an atomized droplet size criterion. *Pharmaceutical Research*, 25, 7, 1610-1620.
- Tonon R.V., Brabet C., Hubinger M.D.; 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88, 411-418.
- Vallejo-Cordoba B., Nakai S., Powrie D., Beveridge T., 1987. Extended shelf life of frankfurters and fish frankfurter-analogs with added soy protein hydrolysates. *Journal of Food Science*, 52(5), 1133-1136.
- Zbiciński I., Kwapińska M., 2003. Physical properties – formed during spray drying – of materials with the properties of an agglomerate. *Acta Agrophysica*, 2(2), 443-455.

PHYSICAL PROPERTIES OF SPRAY DRIED PROTEIN HYDROLYSATES

Dariusz Cupiał, Emilia Janiszewska, Dorota Witrowa-Rajchert

Department of Food Engineering and Process Management,
Faculty of Food Sciences, SGGW-WULS
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
email: dariusz_cupial@sggw.pl

Abstract. The results of the spray drying process of protein hydrolysate and protein hydrolysate with an addition of maltodextrin (20%) are presented in the paper. Two values of inlet air temperature (160°C and 200°C) and three raw material fluxes (0.88; 1.12 and 1.24 cm³ s⁻¹) were used. The highest moisture content in the powders (4.5%) was obtained for protein hydrolysate powders with carrier. It was found that the moisture content in powders decreased with a rise in the spray temperature and increased with a rise in the feed flux. Maltodextrin addition increased loose and tapped density and decreased apparent density and bulk porosity. Reduction of the drying temperature caused a decrease in the loose bulk and tapped density, by about 17%, in the case of protein hydrolysate without carrier. It was noticed that both the temperature of drying and the flux of the material did not influence substantially the apparent density of powders. Powdered hydrolysate was characterized with values of Hausner coefficients above 1.4, irrespective of the addition of the carrier and the change of spray drying parameters.

Keywords: spray drying, maltodextrin, protein hydrolysate, density, porosity