

MORFOLOGIA KAWY I MLEKA SUSZONYCH ROZPYŁOWO

Emilia Janiszewska, Gabriela Olszak

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu temperatury powietrza wlotowego oraz prędkości podawania surowca do dysku na cechy morfologiczne cząstek proszków mleka i kawy otrzymywanych metodą suszenia rozpyłowego, takich jak: wielkość, kształt oraz struktura. Zastosowano dwie wartości temperatury suszenia, tj. 120 i 160°C oraz dwa strumienie podawania surowca 0,4 i 1,0 ml·s⁻¹. W wyniku analizy zdjęć mikroskopowych stwierdzono, iż zarówno cząstki mleka, jak i kawy w proszku uzyskane w wyższej temperaturze były bardziej kuliste, a ich powierzchnia bardziej gładka. Różnice w strukturze cząstek mleka i kawy, suszonych rozpyłowo w tych samych warunkach, wynikały z różnego pochodzenia tych materiałów. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego zwiększały się rozmiary cząstek mleka i kawy przy prędkości strumienia podawania surowca 1,0 ml·s⁻¹. Zarówno dla cząstek mleka, jak i kawy odnotowano przesunięcie rozkładu wielkości cząstek w kierunku większych średnic wraz ze wzrostem prędkości strumienia podawania surowca, niezależnie od zastosowanej temperatury powietrza wlotowego.

Słowa kluczowe: morfologia, kawa, mleko, średnica, SEM

WSTĘP

Suszenie rozpyłowe jest jedną z najczęściej stosowanych w przemyśle spożywczym metod suszenia. Popularność tej metody wiąże się z możliwością uzyskania pożądanych cech gotowych produktów w proszku, elastycznością i niskimi kosztami prowadzenia procesu oraz dostępnością urządzeń [Janiszewska i Witrowa-Rajchert 2010, Mujumdar i in. 2010]. Podstawą do produkcji proszków o określonych właściwościach fizycznych są cechy morfologiczne (wielkość, kształt, struktura) poszczególnych cząstek tworzących całe złożo. Morfologia cząstek może mieć wpływ na jakość uzyskanego proszku. W zależności od parametrów prowadzenia procesu, budowy suszarki rozpyłowej oraz składu i właściwości rozpylanego surowca można produkować cząstki proszków o różnych roz-

miarach, kształtach i porowatości. Szerokie zastosowanie suszenia rozpyłowego wynika także z występowania dogodnych warunków wymiany ciepła i masy, co umożliwia otrzymywanie proszków spożywczych o wysokiej jakości zarówno z surowców odpornych, jak i wrażliwych na działanie wysokiej temperatury [Cupiał i Witrowa-Rajchert 2009].

Na rynku spożywczym występuje szeroka gama materiałów sypkich w postaci surowców i półproduktów do dalszego przetwarzania lub produktów gotowych w formie zbioru cząstek stałych [Domian i Lenart 2010]. Suszenie rozpyłowe znalazło zastosowanie do mikrokapsułkowania aromatów, olejów, koncentratów owocowych i warzywnych, hydrolizatów białkowych w celu retencji delikatnych i termolabilnych składników oraz zachowania dużej wartości odżywczej tych produktów. Wśród głównych asortymentów żywności w proszku dużą popularność zdobyły proszki mleczne ze względu na długi okres przydatności do spożycia, łatwość dozowania i dobrą rozpuszczalność w wodzie [Mujumdar i in. 2010]. Istotną cechą zarówno mleka w proszku, jak i innych produktów występujących w tej postaci jest mniejsza objętość w porównaniu z ich płynnymi odpowiednikami, co ułatwia transport i magazynowanie [Janiszewska i in. 2008]. Innym, powszechnie stosowanym produktem sypkim jest kawa suszona rozpyłowo, uzyskana dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych w suszarkach rozpyłowych. Oba wymienione surowce są powszechnie obecnie stosowane w produktach typu „3 w 1”.

Badania morfologiczne cząstek polegają na określeniu ich wielkości, kształtu oraz opisanu struktury wewnętrznej i zewnętrznej w zależności od różnych czynników. Właściwości fizyczne zbioru cząstek proszków (złoża), takie jak: wygląd, skład granulometryczny, gęstość nasypowa, sypkość i higroskopijność, zależą bezpośrednio od rozmiaru, kształtu i struktury pojedynczych cząstek [Barbosa-Cánovas i Juliano 2005]. Podstawowe cechy morfologiczne cząstek proszków warunkują operacje związane z transportem, dystrybucją, pakowaniem i dalszym przetwarzaniem żywności w postaci proszku. Kształt i struktura cząstek proszków suszonych rozpyłowo zależą także od temperatury powietrza wlotowego. Wysoka temperatura prowadzenia procesu może spowodować rozerwanie powłoki i zniszczenie struktury cząstki [Lewicki i Gwiazda 1989, Goubert i in. 1998]. Według Reineccius [1988] optymalna temperatura na wlocie do suszarki powinna mieścić się w granicach 150–210°C. Temperatura suszenia powyżej 210°C może powodować pęcznienie cząstek i powstawanie zbyt cienkiej ściany, a co za tym idzie – nawet jej pękanie. Badania dotyczące struktury proszku hydrolizatu białkowego wykazały, że w temperaturze 160°C cząstki były kuliste, a wzrost temperatury powietrza wlotowego do 200°C spowodował większe zróżnicowanie morfologiczne i wystąpienie nieznacznej ilości cząstek popękanych i porozrywanych [Cupiał i Witrowa-Rajchert 2009]. Większy stopień kurczenia się materiału zaobserwowano w temperaturze 180°C, co można wyjaśnić transportem wilgoci z wnętrza cząstki w okresie spadku prędkości suszenia [Walton 2000]. W temperaturze powietrza wlotowego równej 190°C cząstki pękają oraz często powstają ubytki na powierzchni, co jest charakterystyczne przy wysokiej temperaturze suszenia [Solval i in. 2012].

Celem pracy było określenie wpływu temperatury powietrza wlotowego oraz prędkości podawania surowca do dysku na cechy morfologiczne cząstek proszków mleka i kawy otrzymywanych metodą suszenia rozpyłowego, takich jak: wielkość, kształt oraz struktura.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Do badań użyto zakupionego na rynku detalicznym mleka zagęszczonego o zawartości suchej masy 25% oraz kawy naturalnej suszonej rozpyłowo 100% Arabica.

Mleko poddawano procesowi suszenia rozpyłowego, bez wcześniejszych przygotowań. W przypadku kawy sporządzano roztwór o zawartości 25% suchej masy.

Suszenie prowadzono współprądowo, przy prędkości obrotowej dysku rozpylającego 37 000 obr·min⁻¹, w suszarce półtechnicznej typu Lab S1 firmy Anhydro (Kopenhaga, Dania). Stosowano dwie wartości temperatury powietrza wlotowego – 120 i 160°C, oraz dwa strumienie podawania surowca – 0,4 i 1,0 ml·s⁻¹.

Analizę morfologii cząstek proszków przeprowadzono na podstawie zdjęć wykonanych przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego HITACHI TM 3000 Tabletop Microscope (Tokyo, Japonia). Do określenia średniej średnicy oraz rozkładu cząstek w złożu wykorzystano program MultiScan Base v. 18.03 (Computer Scanning System, Warszawa, Polska). Każdorazowo do analizy użyto 300 wybranych losowo cząstek proszków.

Analizę statystyczną wykonano przy użyciu programu Statgraphics Plus 5.1, stosując jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności 95%.

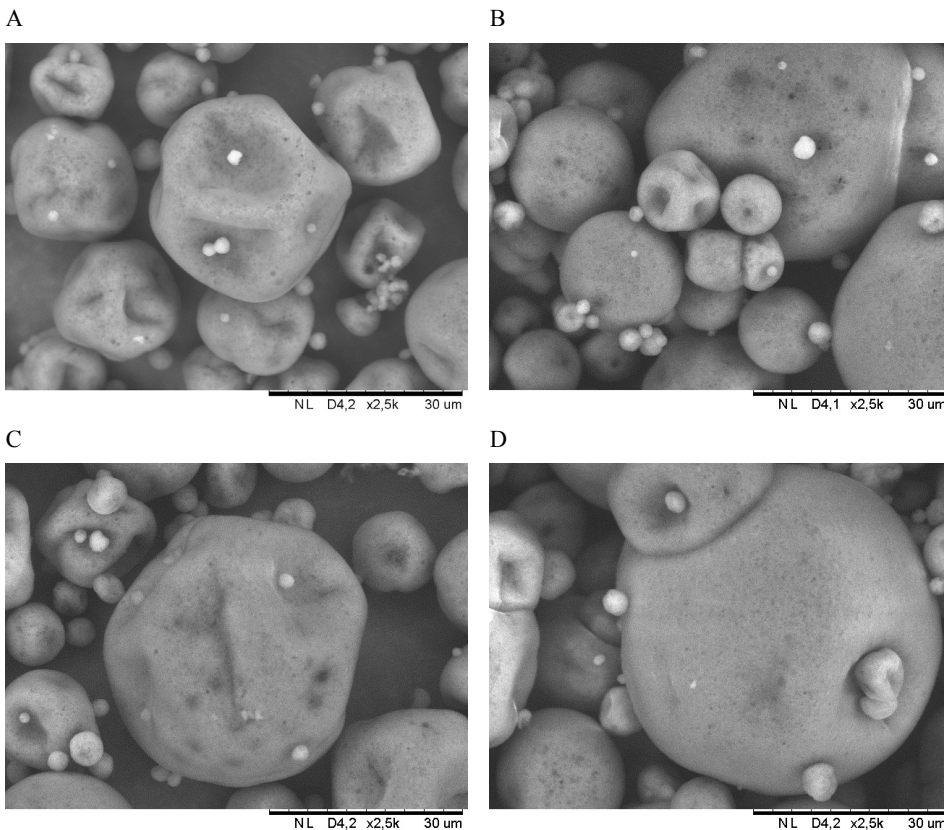
WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza zdjęć wykonanych za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego wykazała, że cząstki mleka oraz kawy różniły się pod względem struktury i wielkości w zależności od użytej temperatury powietrza wlotowego i prędkości podawania surowca.

Analiza proszków mleka

Analiza proszków mleka suszonych w temperaturze 120°C, przy obu prędkościach podawania surowca (0,4 i 1 ml·s⁻¹), wskazuje, że posiadały one nieregularny kształt, a na ich powierzchni zaobserwowano liczne wklęsnięcia (rys. 1A i B). Wraz ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego (160°C) uzyskane cząstki były bardziej kuliste (rys. 1C i D). W próbkach mleka suszonego w temperaturze 120 i 160°C nie zaobserwowano cząstek rozerwanych, co może oznaczać, że powłoki tych cząstek były elastyczne.

Elastyczność powłoki może być związana z jej nawilżeniem, co stwierdzili Nijdam i Langrish [2005]. Wykazali oni, iż w niższej temperaturze suszenia powłoka pozostaje nawilżona i jądra przez dłuższy czas, co pozwala na wydostanie się powietrza z cząstek, które kurczą się w miarę ich stygnięcia. W wysokiej temperaturze wilgoć odparowuje bardzo szybko, a powłoka staje się twarda i sucha, dlatego powietrze z wnętrza cząstki nie może wydostać się na zewnątrz [Nijdam i Langrish 2005, Birchall i in. 2005]. Podobny wpływ temperatury obserwowali Kim i inni [2009], analizując strukturę cząstek proszku mleka odtłuszczonego. Dodatkowo Nijdam i Langrish [2005], badając mleko w proszku uzyskane podczas suszenia rozpyłowego w temperaturze 200°C, zaobserwowali, że zarówno cząstki mleka pełnego, jak i odtłuszczonego były puste w środku. Wyniki te są zgodne z obserwacjami Hassana i Mumforda [1993], którzy



Rys. 1. Morfologia cząstek mleka w proszku: A – 120°C, 0,4 ml·s⁻¹; B – 120°C, 1,0 ml·s⁻¹; C – 160°C, 0,4 ml·s⁻¹; D – 160°C, 1,0 ml·s⁻¹

Fig. 1. Morphology of milk powder particles: A – 120°C, 0.4 mL·s⁻¹; B – 120°C, 1.0 mL·s⁻¹; C – 160°C, 0.4 mL·s⁻¹; D – 160°C, 1.0 mL·s⁻¹

stwierdzili, że dla materiałów typu *skin-forming*, takich jak mleko, pęcherzyk powietrza w środku cząstki formuje się zaraz po wytworzeniu powłoki, co związane jest ze słabą przepuszczalnością gazów przez powłokę. Pęcherzyk powietrza wewnątrz cząstki napęlnia się, kiedy temperatura cząstek przekracza lokalną temperaturę wrzenia w otoczeniu, a ciśnienie pary wzrasta w pęcherzyku powyżej lokalnego ciśnienia otoczenia [Hassan i Mumford 1993].

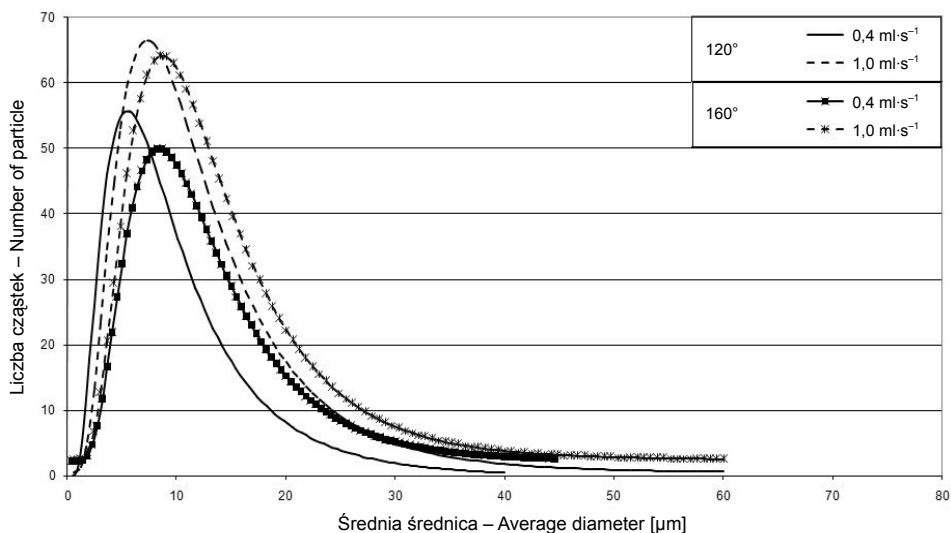
Wraz ze zmniejszeniem prędkości podawania surowca do suszarki, przy zachowaniu stałej temperatury, cząstki wykazywały bardziej nieregularny kształt. Wprowadzenie do suszarki mniejszej ilości surowca, a zatem mniejszej ilości wody do odparowania w jednostce czasu, powoduje szybsze jej odparowanie, a konsekwencją tego jest skurecz cząstek z jednoczesnym załamaniem się ich struktury [Cupiał i Witrowa-Rajchert 2009].

Według Bумы [1971], który obserwował w mikroskopie skaningowym podobną porowatą strukturę cząstek mleka pełnego, pory były początkowo zajęte przez kulki tłuszcz-

czu o średnicy do 4 μm , co odpowiada wielkościom wgłębień w badanych cząstkach. W miarę odparowywania wody kulki tłuszczu rozpraszają się i migrowały w obrębę powstającej fazy stałej, tworząc w ten sposób pory w ścianach cząstek. Tłuszcz ten może być wydobywany z cząstek proszku mlecznego za pomocą rozpuszczalników, które penetrują cząstki przez sieć drobnych pęknięć i porów. Ponadto nadciśnienie wzrastające we wnętrzu cząstki może powodować migrację tłuszczu ku powierzchni przez sieć porów [Nijdam i Langrish 2005].

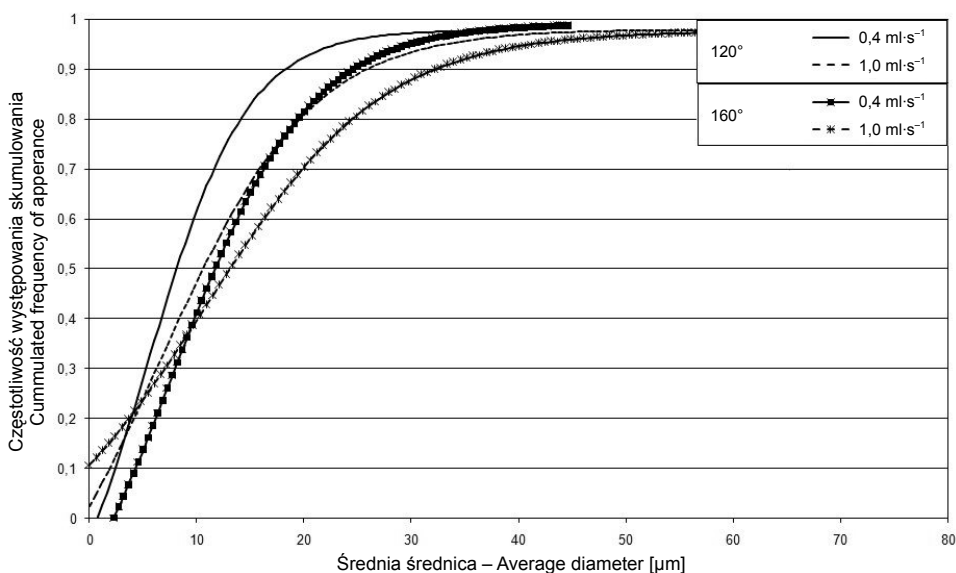
Analiza granulometryczna cząstek mleka

Analizując rozkład frakcji cząstek mleka (rys. 2) stwierdzono, że wzrost prędkości strumienia podawania surowca i wzrost temperatury suszenia (120 i 160°C) spowodował przesunięcie rozkładu średnic cząstek w kierunku wartości większych. Najmniejszą, najczęściej występującą średnicę, równą 5,66 μm , uzyskał proszek suszony w temperaturze 120°C, przy strumieniu surowca równym 0,4 $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$, taką średnicę posiadało 56 cząstek.



Rys. 2. Rozkład średnic cząstek mleka w zależności od parametrów suszenia rozpyłowego
Fig. 2. Distribution of the milk particle diameter dependent on the spray-drying parameters

Analiza granulometryczna uzyskanego proszku mleka potwierdziła wzrost wielkości cząstek wraz ze wzrostem prędkości podawania surowca oraz wzrostem temperatury suszenia. Wzrost średnicy d_{50} wraz ze wzrostem prędkości strumienia surowca został wyraźnie zobrazowany w przypadku mleka suszonego w temperaturze 120°C. Z krzywych skumulowanych (rys. 3) wynika, że w temperaturze suszenia 120°C, przy strumieniach podawania surowca 0,4 i 1,0 $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$, 50% cząstek proszku miała średnicę o wartości odpowiednio 7,80 \pm 1,54 μm i 10,22 \pm 1,36 μm , a w temperaturze suszenia 160°C wartości te zwiększyły się i wynosiły 10,89 \pm 1,44 μm dla strumienia 0,4 $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz 12,43 \pm 5,12 μm dla strumienia 1,0 $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 3. Krzywa skumulowana rozkładu średnic cząstek mleka

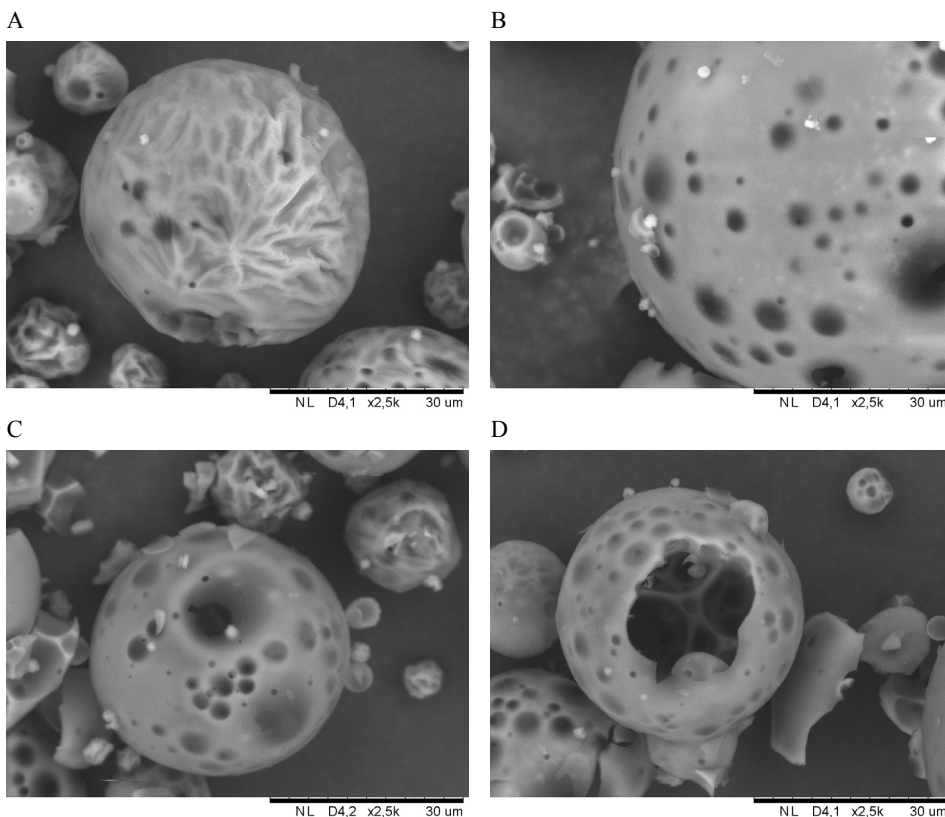
Fig. 3. Cumulated curves of milk particles diameter

Taką zmianę średnic można tłumaczyć wprowadzeniem do suszarki większej ilości roztworu w jednostce czasu, co przy zachowaniu stałej prędkości obrotowej dysku skutkuje wzrostem wielkości kropelek rozpylonego mleka [Cupiał i Witrowa-Rajchert 2009]. Wyższa temperatura suszenia powoduje gwałtowne odparowanie wody z kropelek cieczy i szybsze wytworzenie twardej powłoki na powierzchni cząstki, co objawia się utrzymaniem kulistego kształtu, a zarazem osiągnięciem przez cząstkę większych rozmiarów [Cupiał i Witrowa-Rajchert 2009].

Analiza proszków kawy

Na podstawie zdjęć z mikroskopu skaningowego stwierdzono kulisty kształt cząstek kawy suszonej rozpyłowo, niezależnie od zastosowanych parametrów procesu (rys. 4). Cząstki suszone w temperaturze 120°C, przy strumieniu surowca równym 0,4 ml·s⁻¹, miały pomarszczoną powierzchnię, co świadczy o powolnym odparowaniu wody z wnętrza cząstki (rys. 4A).

Gładką powierzchnię cząstek z wyraźnie widocznymi ubytkami uzyskano w temperaturze powietrza wlotowego równej 160°C (rys. 4C, D). Nie zaobserwowano wpływu strumienia podawania surowca na kształt i strukturę cząstek kawy. Wystąpienie ubytków i pęknięć na powierzchni cząstek spowodowane było małą odpornością składników kawy na działanie wysokiej temperatury. Lepszą jakością i stabilnością kawy suszonej rozpyłowo można uzyskać, stosując technikę mikrokapsułkowania. Rodrigues i Grosso [2008] analizowali strukturę cząstek kawy z dodatkiem gumy z nerkowca, suszonych rozpyłowo w temperaturze 180°C. Nie zauważyli pęknięć i szczelin na powierzchni cząstek, co spowodowane było obecnością nośnika, który otaczał rdzeń mikrokapsułki i chronił materiał zamykany przed działaniem wysokiej temperatury.



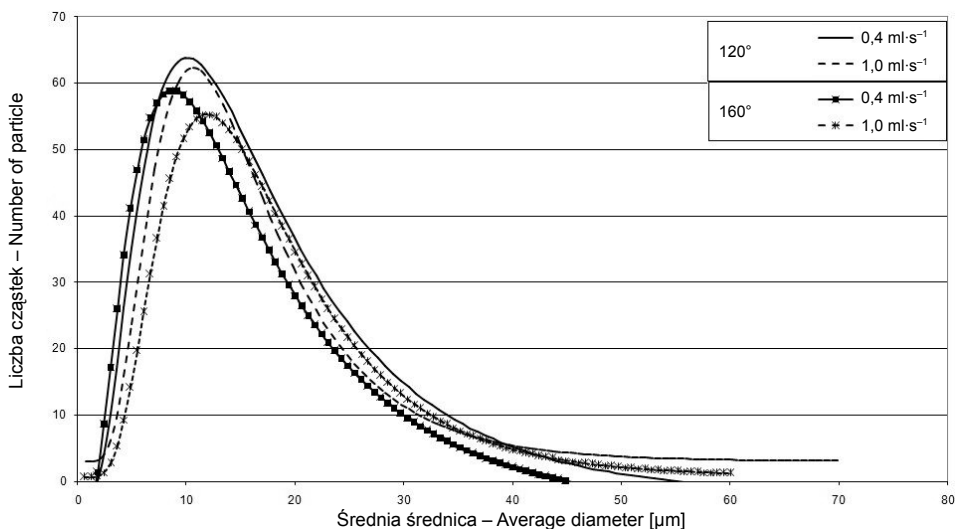
Rys. 4. Morfologia cząstek kawy suszonej rozpyłowo: A – 120°C, 0,4 ml·s⁻¹; B – 120°C, 1,0 ml·s⁻¹; C – 160°C, 0,4 ml·s⁻¹; D – 160°C, 1,0 ml·s⁻¹

Fig. 4. Morphology of coffee powder particles: A – 120°C, 0,4 mL·s⁻¹; B – 120°C, 1,0 mL·s⁻¹; C – 160°C, 0,4 mL·s⁻¹; D – 160°C, 1,0 mL·s⁻¹

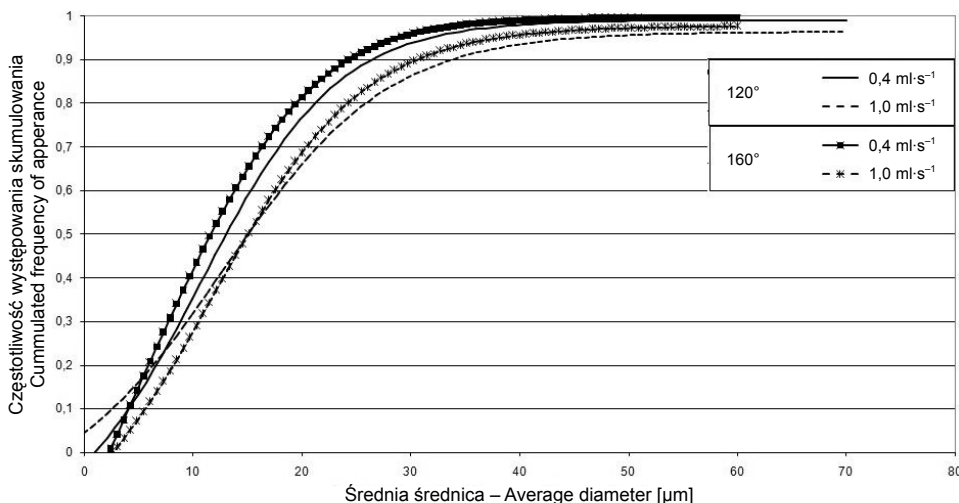
Analiza granulometryczna cząstek kawy

Na rysunku 5 przedstawiono rozkład średnic cząstek kawy, otrzymanych przy różnych wartościach temperatury powietrza wlotowego i prędkościach strumienia surowca w procesie suszenia rozpyłowego. Zaobserwowano, że wzrost prędkości podawania surowca spowodował wzrost wielkości cząstek kawy. Dla temperatury 120°C najczęściej występowała średnica 9,90 i 10,61 μm, odpowiednio dla strumienia surowca 0,4 i 1,0 ml·s⁻¹. Dla temperatury 160°C najczęściej występujące średnice cząstek osiągały wartość: 8,48 μm przy strumieniu równym 0,4 ml·s⁻¹ i 12,12 μm przy strumieniu równym 1,0 ml·s⁻¹.

Można zauważyć, że wzrost średnic d_{50} kawy wraz ze wzrostem prędkości podawania strumienia roztworu był statystycznie nieistotny. Z krzywych skumulowanych (rys. 6) wynika, że w temperaturze 120°C, przy strumieniu równym 0,4 i 1,0 ml·s⁻¹, 50% cząstek w złożu osiągnęło średnicę odpowiednio 12,78 ± 0,93 i 13,74 ± 4,27 μm. W temperaturze 160°C wartości te wyniosły odpowiednio: 11,83 ± 0,82 μm przy strumieniu surowca



Rys. 5. Rozkład średnic cząstek kawy w zależności od parametrów suszenia rozpyłowego
 Fig. 5. Distribution of the coffee particle diameter dependent on the spray-drying parameters



Rys. 6. Krzywa skumulowana rozkładu średnic cząstek kawy
 Fig. 6. Cumulated curves of coffee particles diameter

$0,4 \text{ ml}\cdot\text{s}^{-1}$ i $14,44 \pm 0,91 \mu\text{m}$ dla strumienia $1,0 \text{ ml}\cdot\text{s}^{-1}$. W przypadku kawy z półki sklepowej średnica sitowa cząstek osiągnęła wartość największą, równą $70,75 \pm 6,46 \mu\text{m}$, dla 50% cząstek w układzie. Największą średnicą sitową d_{50} , równą $70,75 \pm 6,46 \mu\text{m}$, charakteryzowały się cząstki kawy ze sklepu i oznacza to, że produkcja kawy w warunkach przemysłowych wymaga wprowadzania znacznej ilości surowca do komory suszarki w celu uzyskania cząstek o tak dużej wielkości.

Oznaczone w doświadczeniu średnice d_{50} cząstek kawy w proszku (rys. 6) odpowiadają w przybliżeniu średnicom cząstek kawy oznaczonym przez Frascareli i in. [2012], bowiem zakres wielkości cząstek mieścił się w granicach od 7,88 do 13,13 μm , w efekcie suszenia w zakresie 150–190°C.

WNIOSKI

1. Zarówno cząstki mleka, jak i kawy w proszku uzyskane w wyższej temperaturze były bardziej kuliste, a ich powierzchnia była bardziej gładka.
2. Różnice w strukturze cząstek mleka i kawy, suszonych rozpyłowo w tych samych warunkach, wynikały z różnego składu chemicznego tych materiałów.
3. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego zwiększały się rozmiary cząstek zarówno mleka, jak i kawy, przy prędkości strumienia podawania surowca 1,0 $\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$.
4. Zarówno dla cząstek mleka, jak i kawy odnotowano przesunięcie rozkładu wielkości cząstek w kierunku większych średnic wraz ze wzrostem prędkości strumienia podawania surowca, niezależnie od zastosowanej temperatury powietrza wlotowego.

LITERATURA

- Barbosa-Cánovas G.V., Juliano P., 2005. Physical and chemical properties of food powders. In: Ch. Onwulata (ed.) *Encapsulated and Powdered Foods*. CRC Press LLC, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 39–71.
- Birchal V.S., Passos M.L., Wildhagen G.R.S., Mujumdar A.S., 2005. Effect of spray dryer operating variables on the whole milk powder quality. *Drying Technol.* 23, 611–636.
- Buma T.J., 1971. Free fat in spray-dried whole milk. The relationship between free-fat content and particle porosity of spray-dried whole milk. *Milk Dairy J.* 498, 123–140.
- Cupiał D., Witrowa-Rajchert D., 2009. Badanie morfologii proszków otrzymanych podczas suszenia rozpyłowego hydrolizatu białkowego z dodatkiem maltodekstryny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (67), 27–36.
- Domian E., Lenart A., 2010. Właściwości fizyczne żywności sypkiej. W: Z. Pałacha, I. Sitkiewicz (red.) *Właściwości fizyczne żywności*. WNT, Warszawa, 298–333.
- Frascareli E.C., Silva V.M., Tonon R.V., Hubinger M.D., 2012. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food Bioprod Process.* 90 (3), 413–424.
- Goubert I., Le Quere J.L., Voilley A., 1998. Retention of aroma compounds by carbohydrates: influence of their physicochemical characteristics and of their physical state. A review. *J. Agric. Food Chem.* 48 (5), 1981–1990.
- Hassan H.M., Mumford C.J., 1993. Mechanisms of drying of skin-forming materials. *Drying Technology* 11 (7), 1765–1782.
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D., 2010. Właściwości fizyczne mikrokapsułkowanych aromatów spożywczych otrzymanych w wyniku suszenia rozpyłowego. W: D. Witrowa-Rajchert, A. Lenart, R. Rybczyński (red.) *Wpływ procesów technologicznych na właściwości materiałów i surowców roślinnych*. Wydawnictwo Naukowe FRNA, Komitet Agrofizyki PAN, Lublin, 31–42.
- Janiszewska E., Cupiał D., Witrowa-Rajchert D., 2008. Wpływ parametrów suszenia rozpyłowego na jakość hydrolizatu białkowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5 (60), 206–216.

- Kim E.H.J., Chen X.D., Pearce D., 2009. Surface composition of industrial spray-dried milk powders. 2. Effects of spray drying conditions on the surface composition. *J. Food Eng.* 94, 169–181.
- Langrish T.A.G., Marquez N., Kota K., 2006. An Investigation and Quantitative Assessment of Particle Shape in Milk Powders from a Laboratory-Scale Spray Dryer. *Drying Technol.* 24, 1619–1630.
- Lewicki P.P., Gwiazda D., 1989. Podstawy retencji składników aromatycznych w procesie suszenia. *Przem. Spoż.* 8, 201–203.
- Mujumdar A.S., Huang L.X., Chen X.D., 2010. An overview of the recent advances in spray-drying. *Dairy Sci. Technol.* 90 (2–3), 211–224.
- Nijdam J.J., Langrish T.A.G., 2005. An investigation of milk powders produced by a laboratory-scale spray dryer. *Drying Technol.* 23, 1043–1056.
- Reineccius G.A., 1988. Spray drying of food flavor. ACS Symposium series 370: flavor encapsulation. S.J. Risch, G.A. Reineccius (ed.). Washington DC, American Chemical Society, 55–66.
- Rodrigues R.A.F., Grosso C.R.F., 2008. Cashew gum microencapsulation protects the aroma of coffee extracts. *J. Microencapsulation* 25 (1), 13–20.
- Solval M.K., Sundararajan S., Alfaro L., Sathivel S., 2012. Development of cantaloupe (*Cucumis-melo*) juice powders using spray drying technology. *LWT – Food Sci. Technol.* 46 (1), 287–293.
- Walton D.E. 2000. The morphology of spray-dried particles a qualitative view. *Drying Technol.* 18 (9), 1943–1986.

MORPHOLOGY OF MILK AND COFFEE AFTER SPRAY DRYING

Summary. The aim of this study was to determine the effect of inlet air temperature and feed rate of raw material to the morphological characteristics of the particles of milk and coffee powder obtained by spray drying. In the experiment two drying temperatures 120°C and 160°C and two material feed streams 0.4 mL·s⁻¹ and 1.0 mL·s⁻¹ were used. As a result of microscopic analysis of the image it was found that both the particles of milk and coffee powder obtained at higher temperatures are more spherical with the smoother surface. Differences in the structure of, spray-dried under the same conditions, milk and coffee particles result from the different chemical composition of these materials. With the increase in the inlet air temperature, the particle size increased both for milk and coffee at the raw material feed flow rate of 1.0 mL·s⁻¹. For both milk and coffee particles a shift in the particle size distribution towards larger diameter with increasing raw material feed flow rate was observed, regardless of the inlet air temperature.

Key words: morphology, coffee, milk, diameter, SEM