

Aleksandra Jedlińska^{*}, Emilia Janiszewska^{*}, Mateusz Stasiak^{},
Dorota Witrowa-Rajchert^{*}**

^{*}Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

^{**}Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie
mail: aleksandra_jedlinska@sggw.pl

**WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE
WANILIOWYCH AROMATÓW PROSZKOWYCH
O ZRÓŻNICOWANYM SKŁADZIE CHEMICZNYM
CZĘŚCI AROMATYCZNEJ**

Streszczenie: Celem pracy było zbadanie wpływu składu chemicznego części aromatycznej na właściwości fizyczne proszków, syntetycznych aromatów waniliowych. Dodatkowo badano różnice pomiędzy proszkami pobranymi z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej. Do suszenia podawano roztwory o 50% stężeniu suchej substancji, w tym 10% zawartości aromatu oraz 40% mieszaniny maltodekstryny i gumy arabskiej w stosunku 7:1. W otrzymanych proszkach oznaczono: zawartość wody, aktywność wody, gęstość pozorną, gęstość nasypową luźną, gęstość nasypową utrzoną, kąt nasypu, kąt zsypania, ściśliwość, kohezję, barwę oraz wielkość cząstek. Stwierdzono istotne statystycznie różnice we właściwościach fizycznych proszków pobranych z różnych miejsc suszarki rozpyłowej (wielkość cząstek, zawartość wody, jasność, gęstość pozorną i kohezję). Skład chemiczny części aromatycznej nie miał istotnego statystycznie wpływu na większość wskaźników analizowanych właściwości fizycznych proszków.

Słowa kluczowe: aromaty, proszki spożywcze, właściwości fizyczne.

1. Wstęp

Aromaty waniliowe należą do najpowszechniej stosowanych aromatów spożywczych. Wykorzystywane są przede wszystkim w przemyśle cukierniczym (ciasta, ciasteczka, cukierki, kremy, czekolady, lody), piekarskim (pieczywo, przetwory zbożowe) i mleczarskim (serki, jogurty, puddingi) [Dorland i Rogers 1977; Wright 2004]. W ofercie handlowej firmy „Pollena-Aroma”¹, z której pochodzą analizowane poniżej aromaty, jest ok. 20 rodzajów aromatów waniliowych. Jedne z nich mają nuty śmietankowe, inne mleczne, cynamonowo-migdałowe czy nawet różane.

¹ Badania są prowadzone przy współpracy z firmą „Pollena-Aroma”.

Najważniejsze składniki aromatów waniliowych to wanilina, etylowanilina oraz naturalny ekstrakt z laski wanilii. Budowa chemiczna waniliny (aldehyd 4-hydroksy, 3-metoksy benzoesowy), otrzymywanej na drodze syntezy chemicznej lub biotechnologicznej, głównie poprzez utlenianie ligniny będącej odpadem z przerobu celulozy, jest identyczna z naturalnie występującą w ekstrakcie wanilii. O jej powszechnym stosowaniu decyduje przede wszystkim cena. Kilogram naturalnej waniliny kosztuje około 4000 USD, natomiast syntetycznej, identycznej z naturalną, tylko 12-15 USD. Jeszcze bardziej opłacalne jest stosowanie, niewystępującej naturalnie w przyrodzie, etylowaniliny, której smak jest nawet czterokrotnie bardziej intensywny niż waniliny [Bogacz-Radomska i Pietkiewicz 2009; Brud i Konopacka-Brud 2009; Rutkowski i in. 2003; Zawirska-Wojtasiak 2004; Zawirska-Wojtasiak 2005]. Inne składniki, często dodawane do aromatów waniliowych „po kropelce w celu wprowadzenia nowej nuty”, to np. dwuacetyl, odpowiedzialny za smak maślany, heliotropina, nadająca nutę karmelową, olejek cynamonowy czy aldehyd anyżowy.

Najczęściej aromat syntetyczny wytwarza się poprzez rozpuszczenie części aromatycznej w alkoholu etylowym i glikolu propylenowym. Aromaty przeznaczone do mikrokapsułkowania, w porównaniu z tymi w postaci płynnej, zawierają większą część aromatyczną w stosunku do używanych rozpuszczalników. Część aromatyczna syntetycznych aromatów waniliowych składa się głównie z surowców proszkowych. Zarówno etylowanilina, jak i wanilina występują w postaci proszku i stanowią one średnio ok. 80% całej części aromatycznej [Hoffmann 2005].

Wiele polskich firm stosujących suszenie rozpyłowe ma starego typu suszarki, które nie są zaopatrzone w systemy zapobiegające lokalnym depozytom proszku w komorze (np. młotki, szczotki powietrzne) [Samborska 2008]. W takich suszarkach proszek wydobyty z komory mieszany jest po procesie suszenia z produktem z odbieralnika.

Celem pracy było zbadanie właściwości fizycznych proszkowych, syntetycznych aromatów waniliowych, różniących się składem chemicznym części aromatycznej. Ponadto porównano właściwości proszków pobranych z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej.

2. Materiał badawczy i metodyka

Materiał do badań stanowiły syntetyczne aromaty waniliowe z firmy „Pollena-Aroma”. Stosunek części aromatycznej do rozpuszczalników wynosił 2:3. Jako rozpuszczalniki stosowano etanol i glikol propylenowy w stosunku 2:1. Część aromatyczną stanowiły: składniki płynne, m.in. diacetyl, maślan etylu, limonen, aldehyd anyżowy oraz składniki proszkowe, nadające smak waniliowy: wanilina, etylowanilina, a także heliotropina, maltol. Tabela 1 przedstawia skład aromatów.

Roztwory o stężeniu suchej substancji 50%, w tym 10% zawartości aromatu oraz 40% mieszaniny nośników maltodekstryny i gumy arabskiej w stosunku 7:1, homogenizowano przez 5 minut przy użyciu homogenizatora szybkoobrotowego Homo-

Tabela 1. Skład aromatów

Rodzaje surowców	Aromat 1	Aromat 2	Aromat 3
Część aromatyczna proszkowa nadająca smak waniliowy	37,5% (wanilina) 1:0	36% (wanilina: etylwanilina, stosunek 3:1)	40,5% (wanilina: etylwanilina, stosunek 1,25:1)
Pozostała część aromatyczna proszkowa	–	0,6%	0,9%
Część aromatyczna płynna	2,5%	3,9%	0,2%
Rozpuszczalniki	60%	59,5%	58,4%

genizer MPW-120 (Polska) przy prędkości obrotowej 15000 obr./min. Oznaczono gęstość oraz lepkość uzyskanych emulsji.

Lepkość emulsji (η) oznaczono w wiskozymetrze Brookfielda typu RVDV-III. Badanie wykonano przy rosnącej prędkości ścinania od 20 do 100 obr./min. Użyto głowicy typu ULA (Ultra Low Adapter), a wielkość próbki wynosiła 16 cm³.

Gęstość roztworów ρ_r (kg/m³) oznaczono metodą piknometryczną w odniesieniu do wody destylowanej o zadanej temperaturze i wyliczono za pomocą wzoru:

$$\rho_r = \rho_w \frac{m_r}{m_w},$$

gdzie: ρ_r – gęstość roztworu (kg/m³), ρ_w – gęstość wody (kg/m³), m_r – masa roztworu (kg), m_w – masa wody w danej temperaturze (kg).

Suszenia wykonano w dwóch powtórzeniach. Podczas suszenia rozpyłowego w suszarce laboratoryjnej Büchi Mini Spray Dryer B-290 (Szwajcaria) na stałym poziomie utrzymywano: temperaturę powietrza wlotowego: 180°C, strumień podawania surowca: 0,000555 cm³/s, strumień rozpylanego surowca 231 cm³/s, przepływ powietrza 9722 cm³/s. Po suszeniu niezależnie zbierano proszek z komory i odbieralnika suszarki rozpyłowej.

W otrzymanych proszkach oznaczano: zawartość wody (metodą suszarkową, zgodnie z normą PN-A-79011-3), aktywność wody (ROTRONIC HYGROSKOP DT, Szwajcaria) i gęstość pozorną (piknometr helowy Stereopycnometer, Quantachrome Instruments, USA). Gęstość nasypową luźną, gęstość nasypową utrzoną, kąt nasypu, kąt zsypu, ściśliwość i kohezję określono w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie w urządzeniu Powder tester (model PT-S, Hosokawa Micron B.V.). Dokonano także pomiaru barwy w system CIE L*a*b* (Chromametr typu CR-300 firmy Minolta, Japonia). W tym celu zastosowano oświetlenie standardowe C, a próbki proszku o grubości warstwy 10 mm umieszczano w standardowym pojemniku. Oznaczenia analityczne wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Zdjęcia mikroskopowe proszków wykonano przy użyciu skaningowego mikroskopu elek-

tronowego FEI QUANTA 200 z mikroanalizatorem typu EDS i cyfrowym zapisem obrazu. Użyto detektora LFD (Large Field Detector). Do analizy zdjęć wykorzystano program MultiScan v.18.03.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji oraz test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W przypadku niespełnienia założeń analizy wariancji, związanych z niejednorodnością pomiędzy porównywanymi grupami, użyto testu t-Studenta (w przypadku wykluczenia jednej grupy) lub testu Kruskala-Wallisa (gdy istniała konieczność wykluczenia więcej niż jednej grupy).

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Analiza roztworów wyjściowych

Wartości gęstości i lepkości roztworów wyjściowych podano w tabeli 2. Uzyskane roztwory były płynami niutonowskimi. Roztwory różnicowała istotnie statystycznie ich lepkość. Największą lepkością charakteryzował się roztwór, w którym 100% części aromatycznej proszkowej stanowiła wanilina. Dodatek etylowaniliny istotnie statystycznie obniżył lepkość roztworów, jednak wpływ dodatku waniliny i etylowaniliny nie jest jednoznaczny i przypuszcza się, że o lepkości roztworów mogły decydować również pozostałe składniki. Mniejsza lepkość aromatu 2 względem aromatu 3 mogła wynikać ze znacząco większego udziału części aromatycznej płynnej. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy gęstościami analizowanych roztworów.

Tabela 2. Gęstość i lepkość roztworów wyjściowych

Rodzaj aromatu	Lepkość (Pa*s)	Gęstość (kg/m ³)
Aromat 1	0,73±0,05c	1167,8±2,9a
Aromat 2	0,49±0,04a	1165,6±1,4a
Aromat 3	0,59±0,02b	1168,8±1,1a

Źródło: opracowanie własne.

3.2. Analiza mikroskopowa

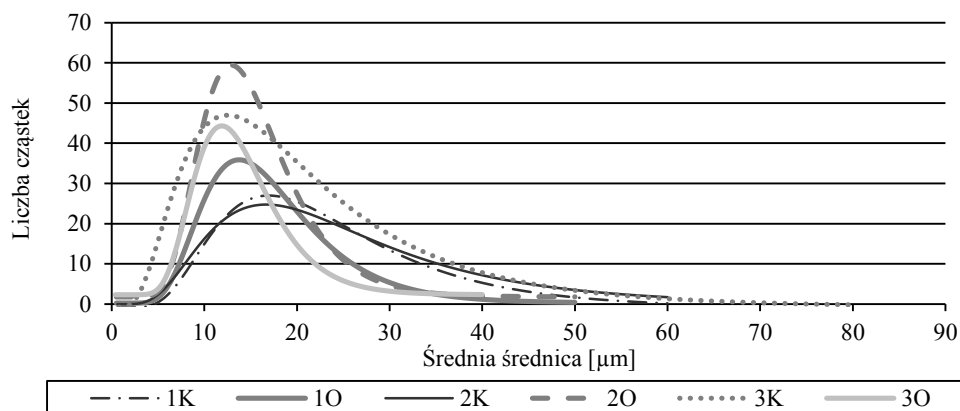
Poniżej (fot. 1) zaprezentowano zdjęcia mikroskopowe proszków. Zauważono, że większą wielkością cząstek charakteryzowały się proszki pobrane z komory. Potwierdza to również sporządzona analiza średnic zastępczych (tab. 3, rys. 1). Jednakże jedynie w przypadku aromatu 2 stwierdzono istotnie statystycznie większe średnice zastępcze cząstek proszków z komory w porównaniu z odbieralnikiem. W dwóch pozostałych próbach aromatów średnice zastępcze cząstek proszków pobranych z komory również były większe od tych pobranych z odbieralnika, ale za-

Tabela 3. Średnice zastępcze proszkowych aromatów waniliowych.

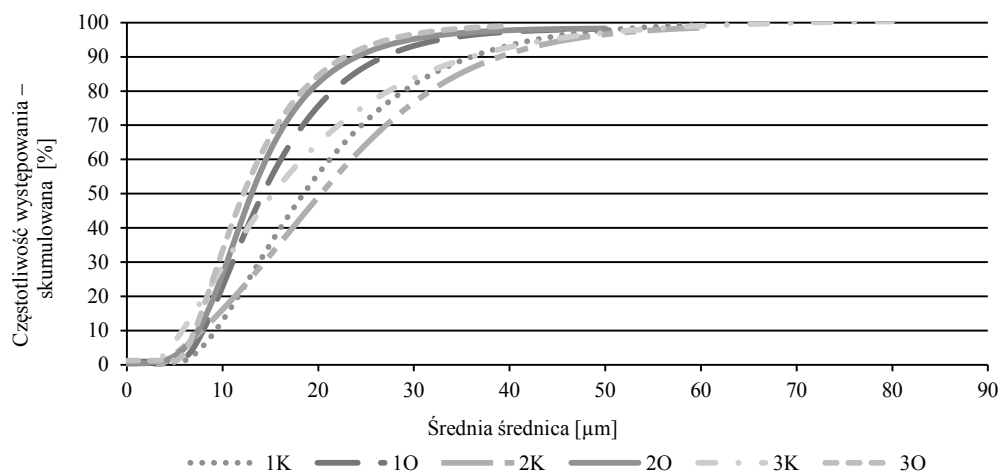
Rodzaj aromatu	1O	1K	2O	2K	3O	3K
Średnica zastępcza [μm]	14,68±0,49 ab	18,72±0,24 bc	13,62±2,71 a	20,77±1,041 c	12,20±1,76 a	17,06±2,68 abc

Oznaczenia: 1, 2, 3 – rodzaje aromatów, jak w tabeli 1; O – odbieralnik, K – komora; a, b, c – grupy statystyczne, poszczególne litery oznaczają grupy homologiczne średnich wydzielonych procedurą Tukeya

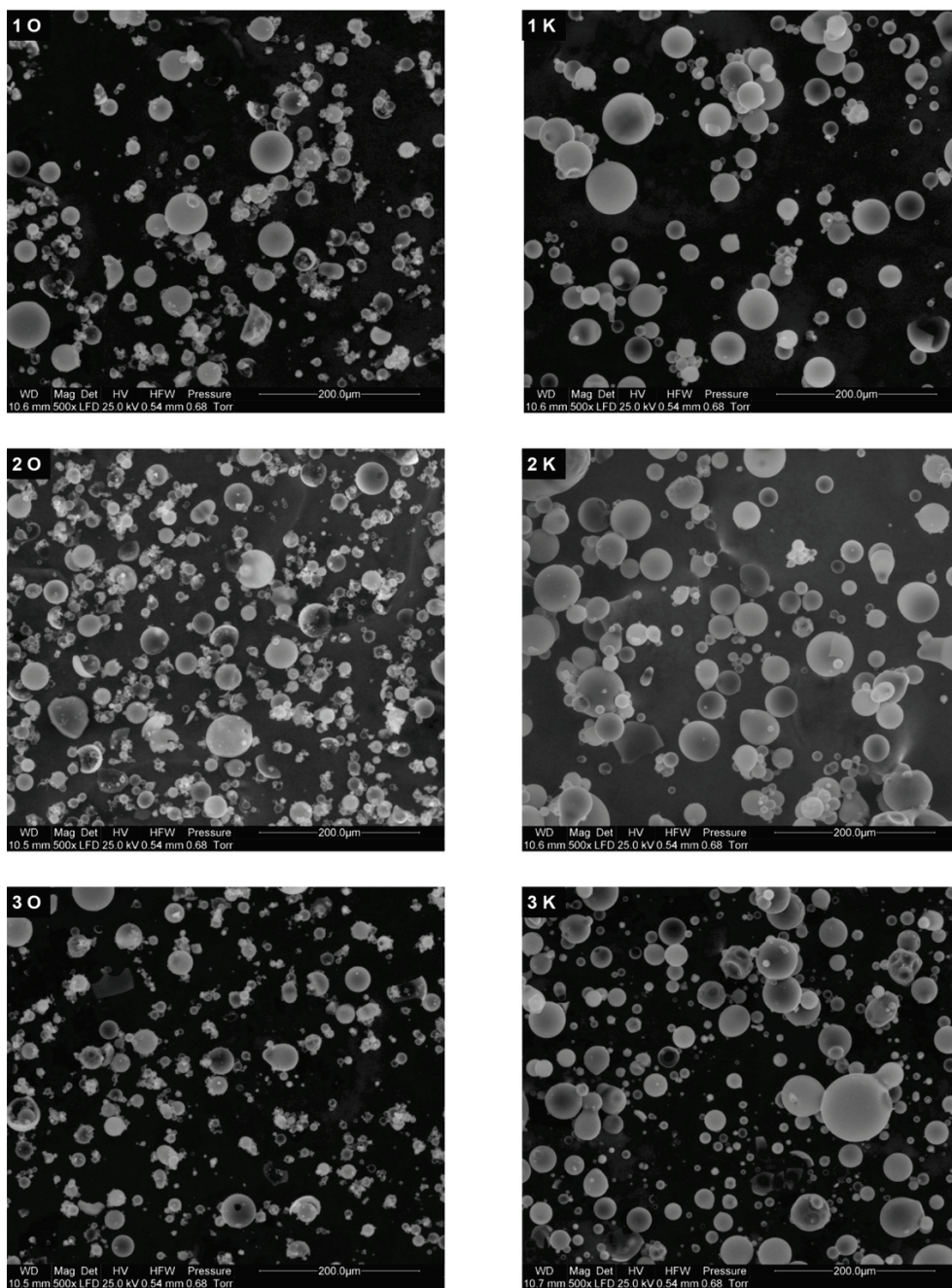
Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 1.** Rozkład wielkości cząstek proszków. Oznaczenia jak w tabeli 3

Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 2.** Krzywe skumulowane rozkładów wielkości cząstek proszków. Oznaczenia jak w tabeli 3

Źródło: opracowanie własne.



Fot. 1. Zdjęcia mikroskopowe proszковых aromatów waniliowych. Oznaczenia jak w tabeli 3

Źródło: opracowanie własne.

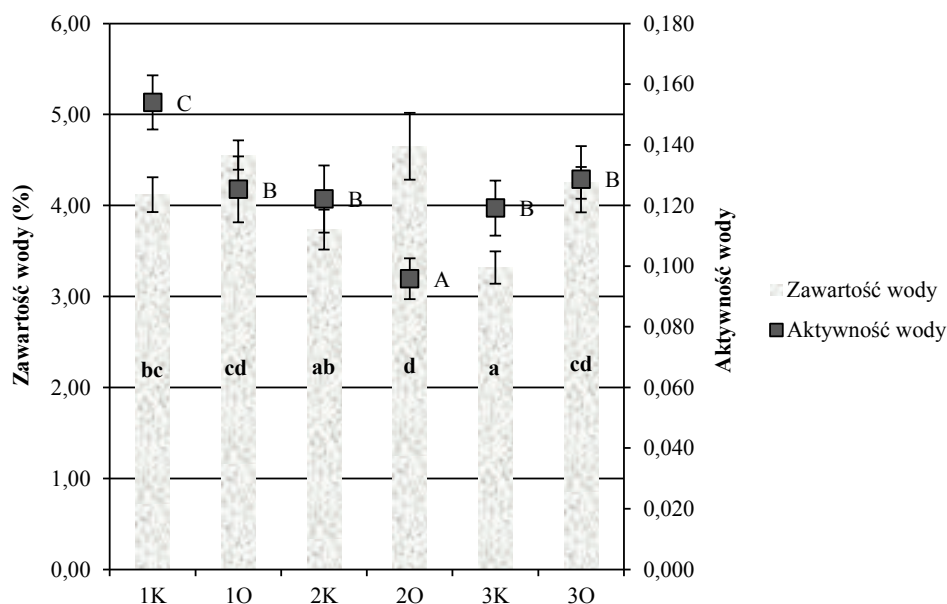
leżność nie była istotna statystycznie. Najprawdopodobniej większe cząstki wykazują większą adhezję i przyklejają się do ścian suszarki. Ponadto proszki pobrane z komory, w porównaniu z proszkami z odbieralnika, charakteryzowały się bardziej równomiernym, okrągłym kształtem. Janiszewska i Witrowa-Rajchert [2009], susząc rozpyłowo olejek rozmarynowy (w ilości $0,5 \text{ cm}^3$ na 100 cm^3 roztworu) z 30% dodatkiem maltodekstryny i gumy arabskiej w stosunku 3:1, otrzymały mniej równomierne, bardziej pozapadane i pomarszczone cząstki. Kształty otrzymanych w prezentowanych badaniach cząstek potwierdzają spostrzeżenia Waltona i Mumforda [1999a, b], że materiały typu *skin forming* (jak np. maltodekstryna) wykazują duże zróżnicowanie morfologiczne – jedne cząstki będą bardziej kuliste i pełne, inne – pozapadane, pomarszczone czy popękane. Zgodnie z częścią doniesień literaturowych, większa lepkość roztworów powinna przekładać się na większą wielkość cząstek uzyskiwanych po wysuszeniu proszków [Jinapong i in. 2008]. Nie potwierdzono tego jednak w prezentowanych badaniach.

Rozkład średnic cząstek w proszkach przedstawia rysunek 1. Najczęściej występujące średnice cząstek proszku aromatu 1 pobranego z odbieralnika i komory wynosiły odpowiednio 14 i 17 μm . W przypadku proszków aromatu 2 i 3 najczęściej występujące średnice były równe odpowiednio 13 i 17 μm oraz 11 i 13 μm .

Z krzywej skumulowanej (rys. 2) wynika, że proszki z komory wykazywały większe wartości wielkości cząstek w porównaniu z pobranymi z odbieralnika. Przykładowo, średnicę równą i mniejszą od 20 μm osiągnęło w przypadku aromatu 1 pobranego z komory i odbieralnika odpowiednio 56 i 76% cząstek, a w przypadku aromatu 2 odpowiednio 49 i 83% cząstek. W przypadku aromatu 3 średnicę 20 μm i mniejszą osiągnęło 65 i 85% cząstek pobranych odpowiednio z komory i odbieralnika.

3.3. Zawartość i aktywność wody

Zawartość wody w proszkach pobranych z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej mieściła się odpowiednio w przedziałach od $4,25 \pm 0,17$ do $4,65 \pm 0,37$ i od $3,32 \pm 0,18$ do $4,12 \pm 0,19\%$ (rys. 3). Podobne wartości zawartości wody w przedziale od $3,6 \pm 0,6$ do $4,4 \pm 0,45\%$ otrzymały Janiszewska i in. [2011], susząc rozpyłowo aromat cytrynowy przy użyciu gumy arabskiej jako nośnika (stężenie roztworu wynosiło 30%, dodatek aromatu 6%). Większą zawartością wody charakteryzowały się proszki pobrane z odbieralnika, jednak tylko w przypadku proszków 2 i 3 stwierdzono istotnie statystycznie różnice. Niska zawartość wody w proszkach z komory mogła być spowodowana dłuższym działaniem wysokiej temperatury na znajdujące się tam proszki, przylegające do ścian suszarki. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu na zawartość wody proszków pobranych z odbieralnika. W przypadku proszków pobranych z komory istotnie statystycznie pod względem zawartości wody różniły się aromaty 1 i 3. Zawartość wody była skorelowana z wielkością uzyskanych cząstek proszków. Mniejsze zawartości wody odnotowano



Rys. 3. Zawartość i aktywność wody w zależności od rodzaju aromatu oraz miejsca odbioru proszku. Oznaczenia jak w tabeli 3

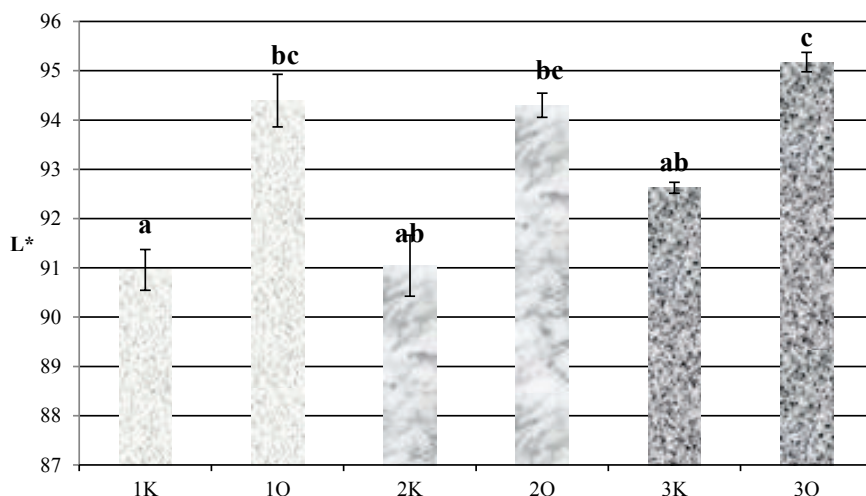
Źródło: opracowanie własne.

w proszkach pobranych z odbieralnika, charakteryzujących się mniejszymi średnicami zastępczymi.

Aktywność wody proszków pobranych z odbieralnika wynosiła od $0,096 \pm 0,007$ do $0,129 \pm 0,011$, natomiast z komory od $0,119 \pm 0,009$ do $0,154 \pm 0,009$ (rys. 3). Podobne wyniki aktywności wody, w granicach 0,1-0,13, otrzymali Turchiuli i in. [2011] w proszku aromatu, w skład którego wchodził ester, aldehyd i lakton w ilości odpowiednio: 96,5; 1 i 2,5%, na bazie mieszaniny maltodekstryny i gumy arabskiej (w stosunku 3:2) jako nośników (stężenie roztworów wynosiło 40%, dodatek nośników 32%, a aromatu 8%). Zauważono, że aktywność wody proszków nie była skorelowana z ich zawartością wody. W przypadku aromatów 1 i 2 stwierdzono istotnie statystycznie większą aktywność wody w proszkach pobranych z komory. Pomimo że proszki z odbieralnika, w porównaniu z proszkami z komory, charakteryzowały się większą zawartością wody, to zawierały one istotnie statystycznie mniejszą ilość wody wolnej. Natomiast wśród proszków pobranych z komory istotnie statystycznie większą aktywność wody wykazywał aromat proszkowy nr 1. Prawdopodobnie mogło to być związane z tym, że roztwór wyjściowy tego aromatu charakteryzował się 100% udziałem waniliny w części aromatycznej proszkowej, co przełożyło się na jego dużą lepkość, utrudniającą odparowanie wody w czasie suszenia.

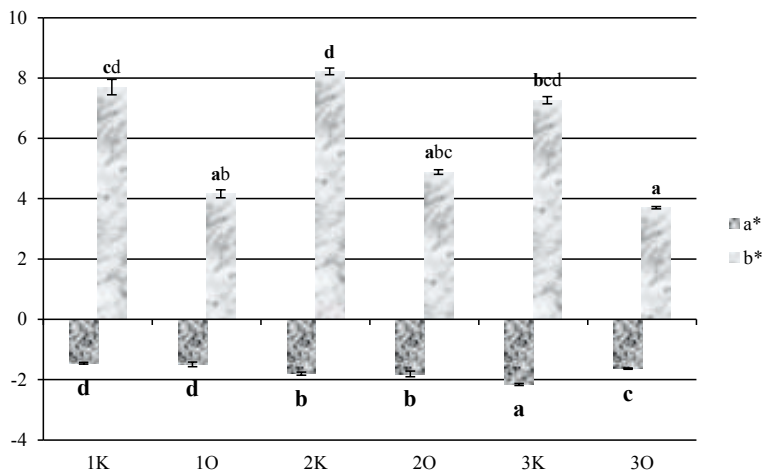
3.4. Barwa

Proszki pobrane z odbieralnika miały jaśniejszą barwę od proszków z komory, co potwierdzają istotnie statystycznie większe wartości parametru L^* (rys. 4). Ciemniejsza barwa proszków pobranych z komory mogła być związana z długotrwałym działaniem wysokiej temperatury na materiał, co mogło prowadzić do intensywnego



Rys. 4. Wartości parametru jasności w zależności od rodzaju aromatu oraz miejsca odbioru. Oznaczenia jak w tabeli 3

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Wartości współczynników chromatycznych a^* i b^* w zależności od rodzaju aromatu i miejsca odbioru. Oznaczenia jak w tabeli 3

Źródło: opracowanie własne.

przebiegu reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Rodzaj aromatu nie miał istotnego statystycznie wpływu na jasność proszków.

Ujemna wartość współczynnika a^* proszków świadczy o większym udziale barwy zielonej w stosunku do barwy czerwonej (rys. 5). Stwierdzono statystycznie istotny wpływ rodzaju aromatu na wartość współczynnika a^* . Statystycznie istotne różnice pomiędzy proszkami z odbieralnika i komory zauważono jedynie w przypadku aromatu proszkowego nr 3.

Dodatnia wartość współczynnika b^* potwierdza żółtą barwę uzyskanych proszków (rys. 5). Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu na wartość współczynnika b^* badanych proszków. Zauważono statystycznie istotne różnice w wartościach współczynnika b^* w zależności od miejsca odbioru proszku. Zanotowano istotnie większy udział barwy żółtej w proszkach z komory w porównaniu z proszkami pobranymi z odbieralnika, co jest zgodne z uzyskanymi wartościami współczynnika jasności.

3.5. Gęstość pozorna

Gęstość pozorna proszków pobranych z odbieralnika i komory wynosiła odpowiednio $0,84 \pm 0,04$ i $0,63 \pm 0,03$ dla aromatu 1, $0,78 \pm 0,02$ i $0,58 \pm 0,02$ dla aromatu 2, $0,86 \pm 0,07$ i $0,78 \pm 0,04$ g·cm⁻³ (tab. 4). Zauważono statystycznie istotne różnice w gęstościach pozornych proszków pobranych z różnych miejsc suszarki rozpyłowej. Istotnie statystycznie większą gęstością pozorną charakteryzowały się proszki z odbieralnika. Otrzymane wyniki potwierdzają informacje podane przez Crosby i Marshalla [1958] oraz Janiszewską i in. [2010], według których mniejsze cząstki, w porównaniu z dużymi, charakteryzują się większą gęstością pozorną. W przypadku proszków, niezależnie od miejsca odbioru proszku oraz kompozycji aromatycznej, zaobserwowano wzrost gęstości pozornej wraz ze zmniejszeniem średnicy cząstek, co skutkowało mniejszą ilością wolnych przestrzeni wewnątrz cząstek, jednakże wzrost ten był statystycznie istotny tylko w przypadku aromatów 1 i 2.

3.6. Kąt nasypu

Wartości kąta nasypu proszkowych aromatów waniliowych wyniosły od $49,9 \pm 2,0^\circ$ do $57,1 \pm 1,7^\circ$ (tab. 4). Kąt nasypu określa nachylenie zbocza stożka powstałego przez swobodny nasyp cząstek na płaską powierzchnię. Duża wartość kąta nasypu świadczy o słabej sypkości proszku (tab. 5). Na podstawie wartości kątów nasypu można stwierdzić, że sypkость proszków była słaba lub zła. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu oraz miejsca odbioru proszku na wartości kąta nasypu.

3.7. Kąty zsyphu

Wartości kątów zsyphu otrzymanych proszków wyniosły od $30,6 \pm 1,3^\circ$ do $45,0 \pm 0,6^\circ$ (tab. 4). Kąt zsyphu to kąt nachylenia zbocza stożka powstałego przez poddanie usypanego stożka materiału działaniu odpowiednich wstrząsów. Im mniejsze są wartości kąta zsyphu, tym materiał jest bardziej podatny na samoistne przesypanie się. Otrzymane wartości kąta zsyphu świadczą o tym, że analizowane waniliowe aromaty proszkowe wykazują „dość wysokie skłonności do fluidyzacji” lub „tendencję do płynięcia” (tab. 4). Nie zauważono istotnych statystycznie różnic pomiędzy proszkami otrzymanymi z różnych miejsc suszarki rozpyłowej. Zarówno w przypadku proszków pobranych z odbieralnika, jak i z komory nie zanotowano istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu na otrzymane wartości kąta zsyphu.

3.8. Gęstość nasypowa luźna

Gęstość nasypowa luźna proszków mieściła się w przedziale od $0,14 \pm 0,01$ do $0,20 \pm 0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (tab. 4). Dla porównania Janiszewska i in. [2010], susząc rozpyłowo aromat cytrynowy przy dodatku maltodekstryny i gumy arabskiej, otrzymały wartości gęstości nasypowej luźnej, w zależności od dodatku aromatu, w przedziale od $0,44 \pm 0,01$ do $0,48 \pm 0,00$. Różnice mogą wynikać z uzyskania większych niż w cytowanych badaniach średnic cząstek proszków oraz z dużej ilości przestrzeni powietrznych wewnątrz cząstek (mała gęstość pozorna). W efekcie uzyskuje się proszek o mniejszej masie, który zajmuje większą objętość. W analizowanych badaniach nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu oraz miejsca odbioru proszku na wartości gęstości nasypowej luźnej.

3.9. Gęstość nasypowa utrzęsiona

Gęstość nasypowa utrzęsiona proszków mieściła się w przedziale od $0,28 \pm 0,02$ do $0,40 \pm 0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (tab. 4). Nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy proszkami otrzymanymi z różnych miejsc suszarki rozpyłowej. Istotnie statystycznie pod względem wartości gęstości nasypowej utrzęsionej różniły się aromaty 2 i 3. Jest to związane z uzyskanymi wielkościami cząstek proszków. Proszki na bazie aromatu nr 3 uzyskały niższe wartości średnich średnic, co pozwoliło na najlepsze upakowanie złoża po utrzęsaniu.

3.10. Ścisłość

Ścisłość proszków mieściła się w przedziale od $47,2 \pm 3,2\%$ do $51 \pm 0,7\%$ (tab. 4). Otrzymane wartości ścisłości świadczą o tym, że sytkość proszkowych aromatów waniliowych była bardzo zła (tab. 5). Pod względem ścisłości proszkowe aromaty waniliowe nie różniły się od siebie istotnie statystycznie.

3.11. Kohezja

Kohezja proszków otrzymanych z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej wyniosła odpowiednio od $66,6 \pm 3,3\%$ do $75,9 \pm 6,3\%$ i od $12,3 \pm 0,4\%$ do $20,4 \pm 6,3\%$ (tab. 4). Na podstawie wartości kohezji można stwierdzić, że proszki z komory charakteryzowały się słabą sypkością, a proszki z odbieralnika bardzo złą sypkością, a więc znaczną kohezynością (tab. 5). Otrzymane wyniki są zgodne z obserwacjami – proszki z odbieralnika przesypane do foliowej torebki podczas ugniatania dopas-

Tabela 4. Właściwości fizyczne waniliowych aromatów proszkowych

Rodzaj proszku	Kąt nasypu [°]	Kąt zsyphu [°]	Gęstość nasypowa luźna [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Gęstość nasypowa utrzęsiona [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Gęstość pozorna [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Ściśliwość [%]	Kohezja [%]
1K	$57,1 \pm 1,7$ a	$34,5 \pm 4,2$ ab	$0,16 \pm 0,01$ ab	$0,30 \pm 0,04$ abc	$0,63 \pm 0,03$ a	$47,1 \pm 3,2$ a	$17,1 \pm 1,5$ a
1O	$52,5 \pm 4,7$ a	$31,8 \pm 4,5$ ab	$0,14 \pm 0,01$ ab	$0,29 \pm 0,03$ ab	$0,84 \pm 0,04$ bc	$51,0 \pm 1,3$ a	$70,9 \pm 24,4$ b
2K	$55,9 \pm 2,6$ a	$30,6 \pm 1,3$ a	$0,14 \pm 0,01$ ab	$0,28 \pm 0,02$ a	$0,58 \pm 0,02$ a	$48,9 \pm 1,8$ a	$12,3 \pm 0,4$ a
2O	$51,6 \pm 1,6$ a	$33,0 \pm 5,2$ ab	$0,14 \pm 0,01$ a	$0,28 \pm 0,02$ a	$0,78 \pm 0,02$ b	$50,6 \pm 0,1$ a	$66,6 \pm 3,3$ b
3K	$57,0 \pm 0,9$ a	$39,7 \pm 0,5$ ab	$0,20 \pm 0,01$ b	$0,40 \pm 0,01$ c	$0,78 \pm 0,04$ b	$51 \pm 0,7$ a	$20,4 \pm 6,3$ a
3O	$49,9 \pm 2,0$ a	$45,0 \pm 0,6$ b	$0,19 \pm 0,02$ ab	$0,39 \pm 0,03$ bc	$0,86 \pm 0,07$ c	$50,2 \pm 2,3$ a	$75,9 \pm 6,3$ b

Oznaczenia jak w tabeli 3.

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 5. Wskaźniki sypkości i fluidyzacji proszków

Wskaźniki sypkości proszków				Wskaźnik fluidyzacji proszków	
stopień sypkości	kąt nasypu [°]	ściśliwość [%]	kohezja [%]	skłonność do fluidyzacji	kąt zsyphu [°]
bardzo dobra	≤ 30	≤ 10		bardzo wysoka	≤ 25
dosyć dobra	31-35	11-15		dosyć wysoka	26-40
dobra	36-40	16-20		wykazuje tendencje do płynięcia	41-50
przeciętna	41-45	21-25	≤ 6		
słaba	46-55	26-31	7-30	czasami może płynąć	51-57
zła	56-65	32-37	31-55		
bardzo zła	66-90	≥ 38	≥ 56	nie wykazuje właściwości płynięcia	≥ 58

Źródło: [Instrukcja... 2010].

wywały się do kształtu dłoni, natomiast proszki pobrane z komory nie ulegały odkształceniu pod wpływem ugniatania. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju aromatu na wartość kohezji.

4. Wnioski

1. Różnice w składzie części aromatycznej płynnych mieszanin aromatów waniliowych nie wpłynęły istotnie na większość właściwości fizycznych analizowanych proszków. Tak więc zastosowanie określonych mieszanek aromatów waniliowych powinno zależeć od wymagań sensorycznych związanych z przeznaczeniem tych proszków.

2. Stwierdzono istotne statystycznie różnice we właściwościach fizycznych (wielkość cząstek, zawartość wody, jasność, gęstość pozorna i kohezja) pomiędzy proszkami pobranymi z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej. Sugeruje to, aby nie mieszać po procesie suszenia proszków pozyskanych z komory i odbieralnika, co dotychczas powszechnie stosowane jest w praktyce przemysłowej.

Literatura

- Bogacz-Radomska L., Pietkiewicz J.J., *Przegląd metod otrzymywania aromatów stosowanych do aromatyzowania żywności*, „Nauki Inżynierskie i Technologie” 2009, nr 57 (1), s. 124-140.
- Brud W.S., Konopacka-Brud I.K., *Podstawy perfumierii*, Oficyna Wydawnicza MA, Łódź 2009.
- Carr R.L., *Evaluating flow properties of solids*, „Chemical Engineering” 1965, no. 72, s. 163-168.
- Crosby E.J., Marshall W.R., *Effects of drying conditions on the properties of spray-dried particles*, „Chemical Engineering Progress” 1958, no. 7, s. 56-63.
- Dorland W.E., Rogers J.A., *The Fragrance and Flavor Industry*, Wayne E. Dorland Company, Mendham, NJ 1977.
- Hoffmann B., *Nośniki aromatów*, „Cukiernictwo i Piekarstwo” 2005, nr 9, s. 82-84.
- Instrukcja obsługi testera właściwości proszków model PT-S, Hosokawa Micron B.V., 2010, s. 128-129
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D., *The influence of powder morphology on the effect of rosemary aroma microencapsulation during spray drying*, „International Journal of Food Science & Technology” 2009, no. 44, s. 2438-2444.
- Janiszewska E., Krupa K., Witrowa-Rajchert D., *Wpływ sposobu homogenizacji na wybrane właściwości fizyczne otrzymanych metodą suszenia rozpyłowego mikrokapsulek aromatu cytrynowego*, „Acta Agrophysica” 2011, nr 18(2), s. 287-296.
- Janiszewska E., Śliwińska D., Witrowa-Rajchert D., *Wpływ zawartości aromatu cytrynowego na wybrane właściwości fizyczne mikrokapsulek*, „Acta Agrophysica” 2010, nr 16(1), s. 59-68.
- Jinapong N., Suphantharika M., Jamnong P., *Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration*, „Journal of Food Engineering” 2008, 84, s. 194-205.
- Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., *Kompendium dodatków do żywności*, Hortimex, 2003.
- Samborska K., *Suszenie rozpyłowe w przemyśle spożywczym*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” 2008, nr 18/32(1), s. 63-69.
- Turchiuli Ch., Cuvelier M., Giampaoli P., Dumoulin E., *Aroma encapsulation in powder by spray drying, and fluid bed agglomeration and coating*. 11th International Congress on Engineering and Food „Food Process Engineering in a Changing World”, May 22-26, 2011, Athens, Greece.

- Walton D.E., Mumford C.J., *Spray-dried products- characterization of particle morphology*, „Transaction of the Institution of Chemical Engineers” 1999a, no. 77, s. 21-37.
- Walton D.E., Mumford C.J., *The morphology of spray dried particles. The effect of process variables upon the morphology of spray-dried particles*, „Transaction of the Institution of Chemical Engineers” 1999b, no. 77, s. 442-460.
- Wright J., *Flavor creation*, „Allured Publishing Corporation”, Carol Stream, IL, USA 2004.
- Zawirska-Wojtasiak R., *Aromaty, barwniki, konserwanty perspektywy zastosowania*, „Przemysł Spożywczy” 2005, nr 4, s. 4-10.
- Zawirska-Wojtasiak R., *Naturalne czy syntetyczne? Substancje dodatkowe w napojach bezalkoholowych*, „Agro Przemysł” 2004, nr 4, s. 32-34.

PHYSICAL PROPERTIES OF SYNTHETIC, VANILLA AROMA IN POWDER FORM WITH VARIOUS CHEMICAL COMPOSITION OF THE AROMATIC PART

Summary: The aim of this study is to investigate the influence of chemical composition on the physical properties of synthetic, vanilla aroma in powder form. In addition, the physicochemical properties of powders obtained from receiver and chamber of spray dryer were analyzed. The concentration of drying solutions was 50%, aroma content 10% and addition of maltodextrin and arabic gum in ratio 1:7. The obtained powders were examined in terms of water content, water activity, particle density, bulk and tapped density, angle of repose, angle of fall, compressibility, cohesion, colour and the size of powder particles. Micrographs were taken to define the size of powder particles. Significant statistical differences between physicochemical properties (particle size, water content, colour, particle density and cohesion) of powders received from different parts of the dryer were observed. The chemical composition of the aromatic part had no statistically significant effect on the physical properties of most analyzed powders.

Keywords: aromas, food powders, physical properties.