

ANALIZA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH  
I CHEMICZNYCH KAKAOWYCH PRODUKTÓW W PROSZKU  
O ZMODYFIKOWANYM SKŁADZIE SUROWCOWYM

*Jolanta Kowalska, Elżbieta Sewastianowicz, Ewa Majewska, Beata Drużyńska,  
Marta Ciecierska, Dorota Derewiaka*

Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydział Nauk o Żywności,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa  
e-mail: jolanta\_kowalska@sggw.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była analiza wpływu składu surowcowego oraz procesu aglomeracji na wybrane właściwości fizyczne i chemiczne kakaowych produktów w proszku. Materiał badawczy stanowiły surowce w proszku: kakao, sacharoza, glukoza, mleko dla dzieci, ich mieszaniny oraz aglomeraty. Zakres badań obejmował analizę wybranych właściwości fizykochemicznych badanych próbek: zawartości wody, aktywności wody, barwy, sypkości, gęstości nasypowej, jak również zwilżalności. Stwierdzono, że zmiana podstawowego składu surowcowego mieszanin, jak również zastosowanie procesu obróbki technologicznej w znaczącym stopniu wpłynęło na zmianę właściwości fizycznych badanych próbek. Proces aglomeracji oddziaływał istotnie na zawartość i aktywność wody, barwę, sypkość (skracając czas wysypu) i gęstość nasypową. Natomiast modyfikacja składu surowcowego i aglomeracja nie polepszyły odtwarzalności większości badanych próbek, za wyjątkiem tych, w których składzie dominowała sacharoza i/lub glukoza. Analizy statystyczne w większości przeprowadzonych badań wykazały statystycznie istotny wpływ aglomeracji na badane właściwości, natomiast nie określono jednoznacznego wpływu modyfikacji składu surowcowego. W oparciu o uzyskane wyniki wskazano mieszaninę, w której sacharozę częściowo zastąpiono mlekiem, jako alternatywę dla produktów rynkowych.

**Słowa kluczowe:** żywność w proszku, kakao, aglomeracja, właściwości fizyczne

## WPROWADZENIE

Kakao w proszku ze względu na charakterystyczne i specyficzne właściwości takie jak zapach, smak i barwa jest wykorzystywane w wielu branżach przemysłu spożywczego, m.in. do produkcji czekolad i wyrobów czekoladowych, lodów, deserów, ciast czy napojów (Rodriguez-Campos i in. 2011). Wzrastająca świadomość

mość konsumentów i wymagania wobec produktów przyczyniają się do rozwoju rynku i rozszerzenia oferty asortymentowej. Klient oczekuje produktu trwałego, zachowującego właściwości w całym okresie przydatności do spożycia, o określonych cechach jakościowych – barwie, zapachu, odtwarzalności (Hii i in. 2009). Natomiast producent podczas transportu, magazynowania czy dozowania może napotykać trudności związane z cechami fizycznymi produktów w proszku, takimi jak pylistość, segregacja czy zbrylanie. Aglomeracja stanowi jedno z rozwiązań, które umożliwia polepszenie cech jakościowych produktów w proszku i ułatwia procesy związane z ich obrotem (Vissotto i in. 2010). Jednym z kluczowych wskaźników determinujących decyzję klientów o zakupie danego środka spożywczego jest jego kaloryczność i składniki stosowane do jego wytworzenia. Oferowane produkty kakaowe z dodatkami przeznaczone do sporządzania napojów zawierają od ok. 60 do ok. 80% sacharozy. Z tego względu charakteryzują się wysoką kalorycznością, a przede wszystkim dominującą zawartością cukru dodanego, nie zalecanego do spożywania, przede wszystkim przez dzieci. Dlatego istnieje potrzeba opracowania nowego produktu, w składzie którego sacharoza zostanie częściowo lub całkowicie zastąpiona innym składnikiem. W związku z występującą nietolerancją laktozy zawartej w mleku krowim, jedną z możliwości jest zastosowanie mleka modyfikowanego przeznaczonego dla niemowląt i małych dzieci.

Celem pracy była analiza wpływu modyfikacji składu surowcowego oraz procesu aglomeracji na wybrane właściwości fizyczne i chemiczne kakaowych produktów w proszku.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły surowce w proszku: kakao (Malezyjska firma JBCacao), sacharoza (producent – Krajowa Spółka Cukrowa S.A., cukier rozdrobniony przez firmę "NOSTA"), glukoza (Delecta S. A.), mleko dla dzieci (Bebilon – producent Nutricia Polska), sporządzone z nich mieszaniny i ich aglomeraty (tab. 1). Podstawowy skład mieszaniny zawierał 20% kakao i 80% sacharozy. Zmiana składu surowcowego dotyczyła częściowego lub całkowitego zastąpienia sacharozy innym produktem.

Technologia otrzymywania aglomeratów polegała na wymieszaniu składników mieszaniny w zbiorniku aglomeratora STREA 1 (Niro-Aeromatic AG) przez 2 minuty po wprowadzeniu ich w stan fluidalny. Następnie uruchamiano pompę dozującą wodę do dyszy rozpyłowej, która wprowadzała ciecz przez natrysk w postaci drobnych kropelek na materiał poddawany aglomeracji. Optymalne masowe natężenie przepływu cieczy nawilżającej, przy którym 0,3 kg proszku nawilżało się równomiernie, a czas nawilżania wynosił 15 minut, przyjęto na poziomie  $15 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , przy ciśnieniu sprężonego powietrza w dyszy rozpylającej 0,2 MPa. Po zakończe-

niu nawilżania mieszanin proszków otrzymany aglomerat dosuszano przez 15 minut, w temperaturze 68°C w leju aglomeratora (Kowalska 2013).

Metody analityczne obejmowały oznaczenie: zawartości wody metodą suszarkową (PN – A-79011-3/98); aktywności wody – pomiaru dokonano w aparacie AquaLab firmy Decagon Devices zgodnie z instrukcją producenta (Domian 1997), zwilżalności metodą Mohra (Domian 1997), pomiar barwy w układzie barw CIE  $L^*a^*b$  z wykorzystaniem chromometru typu CR-300 firmy Minolta (Pratano i in. 2005) i wyznaczenie całkowitej różnicy barwy  $\Delta E$ , gdzie  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  – pomiary dla wzorca, za które uznano mieszaniny przed procesem aglomeracji,  $L$ ,  $a$ ,  $b$  – pomiary rzeczywiste (mieszaniny po procesie aglomeracji),

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}$$

oznaczenie właściwości kohezyjnych (sypkość jako czasu wysypu przez szczelinę z obracającego się naczynka) (Soerensen i in. 1978, Pisecky 1997), oznaczenie gęstości nasypowej luźnej i utrzęsionej (Soerensen i in. 1978, PN-ISO 8460/99).

**Tabela 1.** Skład surowcowy badanych próbek i ich oznaczenie

**Table 1.** Composition of test samples and their designation

Procentowy skład mieszanin i aglomeratów Percentage composition of mixtures and agglomerates	Oznaczenie próbki Sample designation	
	Mieszanina Mixture	Agglomerat Agglomerate
20% kakao + 80% sacharoza 20% cocoa + 80% saccharose	1	2
20% kakao + 80% glukoza 20% cocoa + 80% glucose	3	4
20% kakao + 80% mleko modyfikowane 20% cocoa + 80% modified milk	5	6
20% kakao + 40% sacharoza + 40% glukoza 20% cocoa + 40% saccharose + 40% glucose	7	8
20% kakao + 40% sacharoza + 40% mleko modyfikowane 20% cocoa + 40% saccharose + 40% modified milk	9	10
20% kakao + 40% glukoza + 40% mleko modyfikowane 20% cocoa + 40% glucose + 40% modified milk	11	12

W pracy porównano wpływ modyfikacji składu surowcowego oraz procesu aglomeracji na wybrane właściwości fizyko-chemiczne mieszanek kakao z dodatkami. Przeprowadzono wnioskowanie statystyczne w programie Statistica 10 z wykorzystaniem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Stwierdzono, że zmiana składu surowcowego oraz procesu aglomeracji ma statystycznie istotny wpływ na badane właściwości fizyczne i chemiczne.

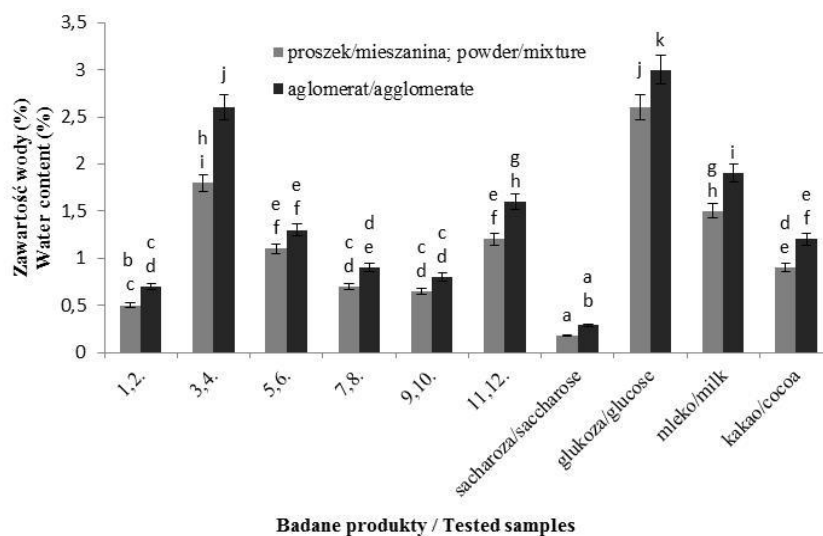
#### WYNIKI I DYSKUSJA

Jakość i bezpieczeństwo żywności są determinowane przez zmiany fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne, jakie mogą zachodzić w produktach podczas procesów wytwarzania i przechowywania oraz towarzyszących etapach, np. dystrybucji. Jednym z głównych czynników decydujących o nasileniu tych zmian jest zawartość i aktywność wody. Zgodnie z zapisami w Dyrektywie 2000/36/WE proszek kakaowy oraz produkty kakaowe w proszku powinny zawierać odpowiednio do 2 i do 9% wody (Dyrektywa 2000/36/WE, Al.-Muhtaseb i in. 2004).

Badane produkty kakaowe są mieszaniną surowców charakteryzujących się zróżnicowanymi właściwościami. Dlatego za celowe uznano przeanalizowanie ich właściwości przed i po procesie aglomeracji. Analiza surowców wykazała, że najwyższą zawartością wody charakteryzowała się glukoza (2,6%), a najniższą sacharoza (0,18%) (rys. 1).

Proces aglomeracji wpłynął znacząco na wzrost zawartości wody we wszystkich surowcach. Najniższą zawartość wody nadal oznaczono w sacharozie (0,29%). W pozostałych surowcach zawartość wody wzrosła od ok. 0,3 do 0,4 punktu procentowego. Wyższa zawartość wody w produktach aglomerowanych wynika z nawilżania produktu, a także ustalonego czasu procesu aglomeracji i dosuszania, z uwzględnieniem zachowania oczekiwanych właściwości produktu.

Mieszaniny składników charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością wody, co mogło wynikać z właściwości poszczególnych komponentów. Próbki zawierające w składzie 80% glukozy (próbka nr 3 i 4) wykazały najwyższą zawartość wody, analogicznie do surowca. Obecność w składzie sacharozy wpływała na niższą zawartość wody w porównaniu do próbek, w których ten składnik nie występował. Takie zależności otrzymano dla próbek 7-8 oraz 9-10 w porównaniu odpowiednio do 3-4 i 5-6, jak również 11-12 (rys. 1). Proces aglomeracji mieszanin wpłynął na wzrost zawartości wody, podobnie jak w przypadku surowców. Najwyższe różnice uzyskano dla mieszaniny 4 zawierającej 20% kakao i 80% glukozy. Kakaowe produkty w proszku badali Kowalska i Lenart (2003), którzy wykazali, że zawartość wody w mieszaninach oscylowała w przedziale 1,4-4,6%, natomiast dla aglomerowanych mieszanin wartości te wynosiły od 1,7% do 5,5%.

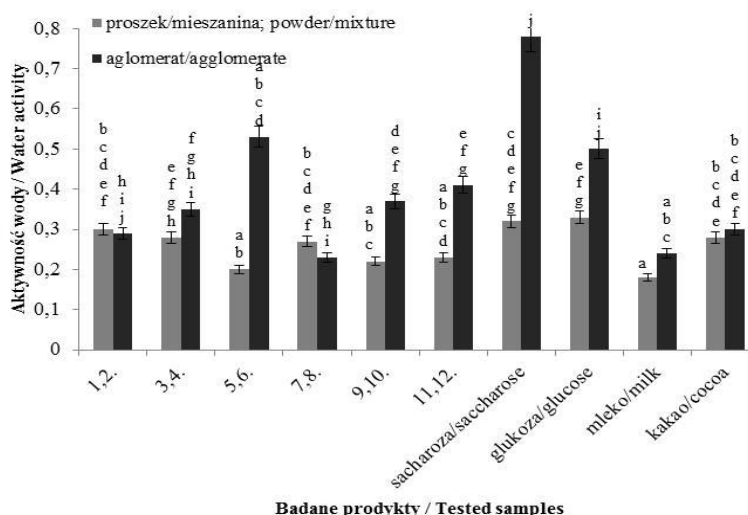


**Rys. 1.** Zawartość wody w badanych składnikach oraz mieszaninach i ich aglomeratach (oznaczenie próbek tab. 1) – a, b, c, ... – taka sama litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

**Fig. 1.** Water content in tested components and mixtures and their agglomerates (sample designation as in Tab. 1) – a, b, c, ... – the same letter means the lack of statistically significant differences between average values at the significance level of  $\alpha = 0.05$

Drugim, istotnym parametrem decydującym o trwałości produktu jest aktywność wody. Jej wartość wpływa na konsystencję, wygląd, smak oraz zapach produktów spożywczych. Oznacza również, w jakim stopniu żywność podatna jest na zepsucia (Tamborski i Wojtczak 2007, Pałacha 2008, Ruszkowska 2011). Na podstawie przeprowadzonej oceny surowców nie poddanych procesowi granulacji można stwierdzić, że najwyższą początkową wartość aktywności wody przyjmuje sacharozą – 0,32. Natomiast najniższą aktywnością wody (0,18) charakteryzuje się mleko w proszku. Aktywność wody pozostałych surowców, tj. glukozy i kakao wynosi odpowiednio: 0,30 i 0,28 (rys. 2). Wartości aktywności wody niezaglomerowanych mieszanin, które zostały poddane badaniu laboratoryjnemu mieszczą się w przedziale od 0,2 do 0,31. Obecność mleka w składzie mieszanin wpłynęła na obniżenie wartości badanego wskaźnika. Częściowe zastąpienie sacharozą mlekiem w proszku w mieszaninie 9 oraz glukozy w mieszaninie 11 wpłynęło na obniżenie aktywności wody odpowiednio o około 10 i 11%. Proces aglomeracji wpłynął na wzrost aktywności wody wszystkich badanych mieszanin. Najwyższe wartości wykazano dla próbek zawierających w składzie, oprócz kakao, sacharozę i/lub glukozę (próbki nr 2, 4, 8) (rys. 2). Wnioskowanie staty-

styczne z wykorzystaniem testu Tuckeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  nie wykazało jednoznacznie wpływu modyfikacji składu surowcowego na aktywność wody badanych mieszanin. Podobne badania przeprowadzili Kowalska i in. (2011), którzy wykazali wpływ modyfikacji składu surowcowego na aktywność wody mieszanin proszku kakaowego, mleka i cukrów. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że aktywność wody badanych mieszanin była zależna od aktywności wody poszczególnych składników i ich udziału procentowego w mieszaninie. Wykazali także wpływ aglomeracji na wzrost aktywności wody większości produktów w porównaniu do mieszanin o tym samym składzie surowcowym. Wyjątkiem były aglomeraty zawierające w składzie sacharozę (poza produktem z dodatkiem mleka w proszku), w przypadku których nie wykazano wpływu aglomeracji na badany parametr.



**Rys. 2.** Aktywność wody badanych produktów (oznaczenie próbek tab. 1) – a, b, c, ... – taka sama litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

**Fig. 2.** Water activity of tested products (sample designation as in Tab. 1) – a, b, c, ... – the same letter means the lack of statistically significant differences between average values at the significance level of  $\alpha = 0.05$

Na podstawie badań przeprowadzonych w niniejszej pracy wykazano wyższą aktywność wody produktów aglomerowanych, a dodatek mleka wpływał na obniżenie analizowanej wielkości w porównaniu do próbki aglomerowanej o podstawowym składzie.

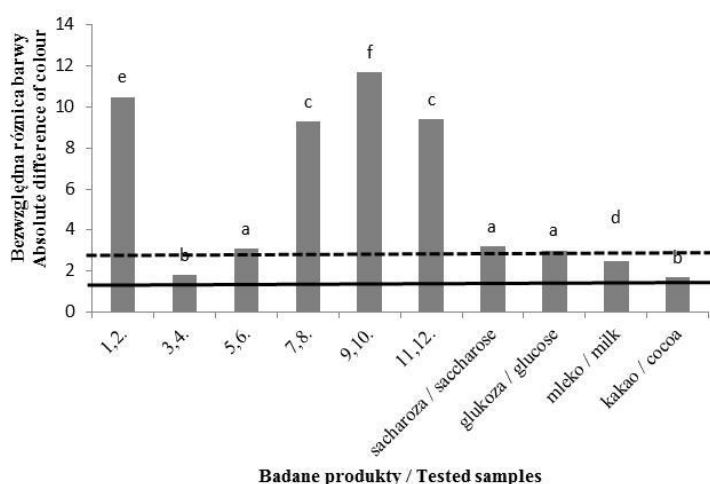
Ze względu na wysoką higroskopijność produktów w proszku, oznaczenie zawartości i aktywności wody jest pomocne przy planowaniu procesu technologicznego, jak również dozowania i przechowywania. Lewicki (2009) określił graniczną aktywność wody wybranych produktów spożywczych w proszku, po przekroczeniu której następuje intensyfikacja procesów enzymatycznych, chemicznych, jak również mikrobiologicznych. Aktywność wody glukozy określono na poziomie 0,40, mleka – 0,20-0,30, kawy rozpuszczalnej – 0,45, herbaty granulowanej – 0,35. Proces aglomeracji wpłynął istotnie na wzrost aktywności wody składników mieszanin analizowanych w niniejszej pracy, co zgodnie z założeniami Lewickiego może spotęgować procesy enzymatyczne i wpłynąć na pogorszenie jakości badanych produktów oraz skrócenie ich czasu przydatności do spożycia.

Wyróżnikiem istotnym dla konsumenta, świadczącym o jakości produktu i determinującym zachodzące w nim zmiany, jest barwa. Na podstawie pomiaru barwy możliwe jest określenie składu chemicznego produktu, jego przydatności do transportu, przechowywania oraz przetwórstwa (Zapotoczny i Zielińska 2005). Jednym ze sposobów określenia barwy jest wykorzystanie metod instrumentalnych opartych na systemie CIE  $L^*a^*b^*$ , który umożliwia również operowanie indeksem nasycenia oraz bezwzględną różnicą barwy.

Do przygotowania mieszanin zastosowano trzy składniki białe (nieznacznie różniące się pomiędzy sobą odcieniem) i brązowe kakao. Obecność w każdym produkcie proszku kakaowego wpłynęła na barwę każdej próbki. Analiza parametru jasności  $L^*$  dla wszystkich badanych próbek była zbliżona, co potwierdziła analiza statystyczna. Nie wykazano także statystycznie istotnego wpływu procesu aglomeracji na barwę badanych mieszanin. Zarówno współczynnik  $a^*$ , jak również  $b^*$  w mieszaninach był kształtowany przez obecność kakao, dlatego też wartości tych wskaźników dla mieszanin były porównywalne do otrzymanych dla proszku kakaowego. Dla większości badanych próbek wykazano wpływ procesu aglomeracji na oznaczony wskaźnik koloru czerwonego ( $a^*$ ) i żółtego ( $b^*$ ). Barwa jest jednym ze wskaźników, które determinują zakup produktu przez konsumenta. Dlatego z punktu widzenia klienta istotnym parametrem jest bezwzględna różnica barwy ( $\Delta E$ ), która odpowiada barwom postrzeganym przez człowieka. Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa przyjęła podział  $\Delta E$  na trzy zakresy 0-2 – nierozpoznawalne odchylenie barwy; 2-3,5 – rozpoznawalne odchylenie przez doświadczonego obserwatora; powyżej 3,5 – wyraźnie widoczne odchylenie barwy (Zapotoczny i Zieliński 2005). W pracy przeanalizowano wpływ procesu aglomeracji na barwę badanych produktów.

Jedynie produkty zawierające w składzie 20% kakao, 80% glukozy (3, 4) oraz proszek kakaowy charakteryzowały się bezwzględną różnicą barwy poniżej 2, co oznacza, że nawet doświadczony analityki (obserwator) nie zauważyłby różnicy w barwie tych produktów po procesie aglomeracji (rys. 3). Natomiast barwa pozostałych próbek uległa istotnym zmianom, zauważalnym przez każdego obser-

watora, przy czym mieszaniny 1-2, 7-8, 9-10 oraz 11-12 charakteryzowały się wartością  $\Delta E$  powyżej 10 jednostek. Próbki te, za wyjątkiem ostatniej pary oznaczonej numerami 11 i 12, zawierały w składzie sacharozę, która jest podatna na zmiany przy wysokiej wilgotności. Nawilżanie i dodatkowo wysoka temperatura podczas aglomeracji sprzyjają zmianom barwy, co skutkowało znaczącą różnicą analizowanych wyróżników, a tym samym wysokim wskaźnikiem  $\Delta E$ . Oznacza to, że klient jest w stanie zaobserwować różnice w barwie tych produktów.



- zakres  $\Delta E$  poniżej 2 – nierozpoznawalne odchylenie barwy; range of  $\Delta E$  below 2 – undetectable colour deviation
- ..... zakres  $2 < \Delta E < 3,5$  – rozpoznawalne odchylenie barwy przez doświadczonego obserwatora, range of  $2 < \Delta E < 3.5$  – colour deviation recognisable by experienced observer;  $\Delta E$  powyżej 3,5 – wyraźnie widoczne odchylenie barwy,  $\Delta E$  above 3.5 – clearly visible colour deviation

**Rys. 3.** Bezwzględna różnica barwy badanych produktów (oznaczenie próbek tab. 1) – a, b, c, – taka sama litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

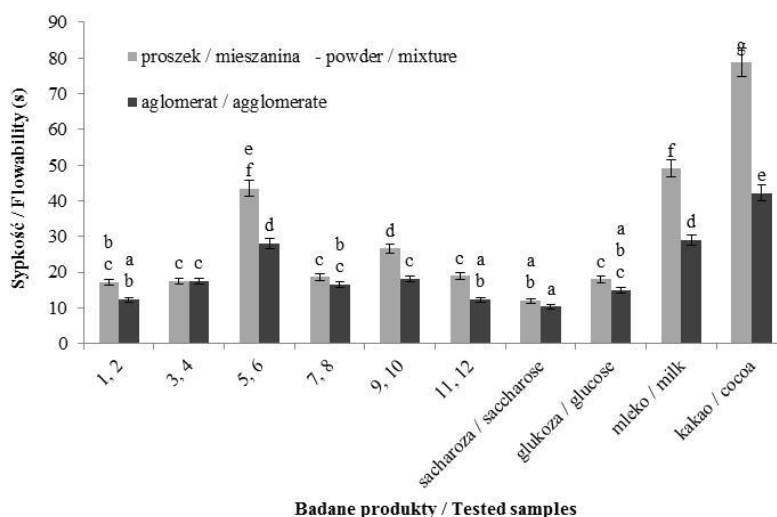
**Fig. 3.** Absolute difference of colour of the products under study (sample designation as in Tab. 1) – a, b, c, – the same letter means the lack of statistically significant differences between average values at the significance level of  $\alpha = 0.05$  podano 2 różne określenie barwy

Poza właściwościami determinującymi cechy jakościowe środków spożywczych istotne są także właściwości mechaniczne, mające wpływ na proces technologiczny, dystrybucję i przechowywanie. Jednym z takich parametrów jest wskaźnik sypkości, który określa zdolności proszków do płynięcia (Domian 2005). Według Pisecký'ego (1987) i Domian (1997) z uwzględnieniem kryteriów NIRO produkt sytki, którego czas wysypu jest krótszy niż 20 sekund, można zakwalifi-



kować do materiałów swobodnie płynących. Natomiast czas wysypu powyżej 60 sekund kwalifikuje taki proszek do grupy materiałów trudno płynących.

Najkrótszym czasem wysypu charakteryzowała się sacharoza, natomiast najdłuższym mleko i kakao (rys. 4). Większość mieszanin wykazywała dobre właściwości kohezyjne i czas wysypu poniżej 20 s. Dodatek mleka do składu znacząco pogarszał sypkość, co mogło wynikać z właściwości tego surowca. Wszystkie próbki aglomerowane charakteryzowały się krótszym czasem wysypu w porównaniu do mieszanin o tym samym składzie surowcowym. Największe różnice wykazano dla próbek zawierających w składzie mleko.



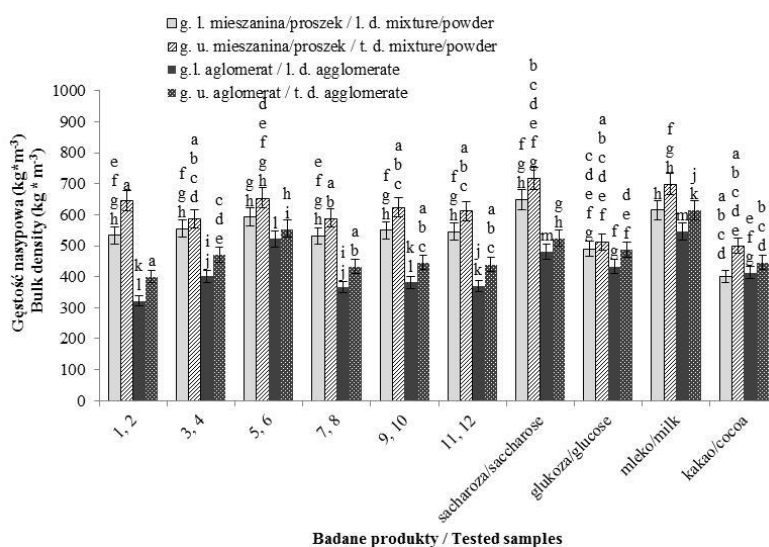
**Rys. 4.** Sypkość badanych produktów (oznaczenie próbek tab.1) – a, b, c, ... – taka sama litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

**Fig. 4.** Flowability of the products under study (sample designation as in Tab. 1) – a, b, c, – the same letter means the lack of statistically significant differences between average values at the significance level of  $\alpha = 0.05$

Podobne badania sypkości proszków spożywczych wykonali Ostrowska-Ligęza i Lenart (2008), którzy wykazali, podobnie jak w bieżącej pracy, że najlepszą sypkością charakteryzował się cukier kryształ. Z kolei najdłuższym czasem wysypu charakteryzowało się mleko w proszku, natomiast wartości pośrednie uzyskano dla maltodekstryny i kakao. W niniejszej pracy najdłuższym czasem wysypu charakteryzował się proszek kakao. Różnice mogły wynikać z rodzaju zastosowanego mleka i zawartości w nim tłuszczu, jak również aktywności oraz zawartości wody.

Wielkością istotną przy projektowaniu lejów zasypowych, zbiorników magazynowych, a także opakowań jednostkowych jest gęstość usypowa (Wójtowicz 2007). W dużym stopniu jest uzależniona od upakowania cząstek, ich wielkości i porowatości (Domian 2005).

Analiza surowców wykazała najmniejszą gęstość usypową w przypadku kakao, co mogło wynikać z drobnoziarnistej, pylistej formy cząstek tego proszku (rys. 5). Składnik ten jako jedyny po procesie aglomeracji charakteryzował się wyższą gęstością usypową, co z kolei mogło być związane z nawilżeniem cząstek, powstaniem drobnych granulatów o ograniczonej pylistości, mniejszym oddziaływaniem międzycząsteczkowych oraz lepszym upakowaniem cząstek.



g. l. – gęstość usypowa luźna; g. u. – gęstość usypowa utrząsiona

l. d. – loose density; t. d. – tapped density

**Rys. 5.** Gęstość usypowa badanych produktów (oznaczenie próbek tab. 1) – a, b, c, ... – taka sama litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

**Fig. 5.** Bulk density of the products under study (sample designation as in Tab. 1) – a, b, c, – the same letter means the lack of statistically significant differences between average values at the significance level of  $\alpha = 0.05$

Gęstość badanych mieszanin była zbliżona, natomiast proces aglomeracji wpłynął istotnie na zmniejszenie wartości gęstości usypowej, co oznacza, że do zapakowania takiej samej masy produktu aglomerowanego potrzebne będzie większe opakowanie. Różnice te były istotne dla próbek zawierających w składzie sacharozę i/lub glukozę. Zaobserwowano, że te surowce w istotny sposób wpły-

wały na badaną wielkość. Gęstość usypową mieszaniny mleka i kakao badali również Zawislak i Sobczak (2007). Analizowali także wpływ rodzaju cieczy aglomerującej na badaną wielkość. Wykazali, że gęstość usypowa luźna dla mieszaniny zawierającej 70% mleka i 30% kakao wynosiła  $543 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , a po utrzęsieniu  $567 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . W oparciu o przeprowadzone analizy stwierdzili obniżenie gęstości zarówno luźnej, jak i utrzęsionej wszystkich aglomeratów w porównaniu do mieszanin. Podobne zależności uzyskano w niniejszej pracy.

Wyróżnikiem istotnym dla konsumenta jest zdolność produktów żywnościowych w proszku do odtwarzania w cieczy i przygotowywania ich do spożycia. Jedną z metod jest określenie czasu zwilżania, podczas którego określona masa próbki zostanie całkowicie zanurzona pod powierzchnią cieczy.

**Tabela 2.** Zwilżalność badanych produktów (oznaczenie próbek tab. 1)

**Table 2.** Wettability of the products under study (sample designation as in Tab. 1)

Procentowy skład mieszanin i aglomeratów Percentage composition of mixtures and agglomerates	nr No.	mieszanina mixture	aglomerat agglomerate
		Zwilżalność Wettability (s)	
20% kakao – cocoa + 80% sacharozy – saccharose	1,2	25	10
20% kakao – cocoa + 80% glukozy – glucose	3, 4	31	11
20% kakao – cocoa + 80% mleka – milk	5, 6	> 60	> 60
20% kakao – cocoa + 40% sacharozy – saccharose + 40% glukozy – glucose	7, 8	27	11
20% kakao – cocoa + 40% sacharozy – saccharose + 40% mleka – milk	9, 10	> 60	50
20% kakao – cocoa + 40% glukozy – glucose + 40% mleka – milk	11, 12	> 60	60
sacharoza – saccharose		3	1
glukoza – glucose		5	1
mleko – milk		> 60	> 60
kakao – cocoa		> 60	> 60

Proszki, których czas zwilżania jest krótszy niż 20 sekund, są określane jako instant. Większość badanych próbek nie ulegała zwilżeniu w wodzie o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  (tab. 2). Za czas graniczny przyjęto 60 s. Jedynie sacharoza i glukoza oraz mieszaniny 1, 3 i 7 uległy zwilżeniu. Proces aglomeracji istotnie skrócił czas zwilżania tych produktów, nadając im cechy instant. Domian i Bialik (2006) wykazali, że modyfikacja składu surowcowego, w tym zwiększenie udziału malto-

dekstryny w składzie suszonego soku jabłkowego, wpłynął na wydłużenie czasu zwilżania. Choć badane proszki wykazywały cechy instant, to produkt zawierający najwięcej maltodekstryny odtwarzał się najdłużej. W innej pracy badano etapy zwilżania kazeiny i serwatki oraz ich mieszaniny (Gaiani i in. 2007). Wykazano, że kazeina zwilżała się w krótkim czasie, ale bardzo powoli dyspergowiała, w związku z czym cały proces był czasochłonny.

#### WNIOSKI

1. Analiza składników napoju kakaowego wykazała zróżnicowanie ich właściwości. Mieszaniny otrzymane z połączenia poszczególnych surowców charakteryzowały się cechami, które w większości badanych próbek były związane z właściwościami poszczególnych komponentów. Wykazano, że obecność sacharozy w składzie mieszaniny wpłynęła na obniżenie zawartości wody i gęstości usypowej, poprawę sypkości i zwilżalności oraz zwiększenie aktywności wody. Natomiast częściowe lub całkowite zastąpienie sacharozy mlekiem (próbki 5 i 9) wpłynęło na obniżenie aktywności wody, pogorszenie barwy, wzrost gęstości.

2. Proces aglomeracji wpłynął na większość badanych właściwości. Nastąpił wzrost zawartości i aktywności wody wszystkich mieszanin. próbki aglomerowane charakteryzowały się niższą gęstością, co może skutkować koniecznością zastosowania większych opakowań do konfekcjonowania produktów w proszku. Wykazano poprawienie sypkości i odtwarzalności analizowanych mieszanin.

3. Mieszanina zawierająca w składzie 20% kakao, 40% sacharozy i 40% mleka charakteryzowała się pośrednimi właściwościami fizycznymi, a jednocześnie w składzie częściowo zastąpiono sacharozę mniej kalorycznym mlekiem. Ten produkt, w oparciu o przeprowadzone analizy, można uznać za optymalny i zaproponować jako alternatywę dla produktów rynkowych, zawierających w składzie 20% kakao i 80% sacharozy.

#### PIŚMIENNICTWO

- Domian E., 1997. Studia nad właściwościami sorpcyjnymi mieszanin proszków spożywczych, Praca doktorska, KLiMPS, SGGW, Warszawa.
- Domian E., 2005. Właściwości fizyczne modelowej żywności w proszku w aspekcie metody aglomeracji. *Żyw. Nauk. Tech. Jak.*, 4 (45), 87-97.
- Domian E., Bialik E., 2006. Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku. *Acta Agrophysica*, 142, 8 (4), 803-814.
- DYREKTYWA 2000/36/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 czerwca 2000 r. odnosząca się do wyrobów kakaowych i czekoladowych przeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz.U. L 197 z 3.8.2000, str. 19).
- Gaiani C., Schuck P., Scher J., Desorby S., Banon S., 2007. Dairy powder rehydration: Influence of protein state, incorporation mode and agglomeration. *J. of Dairy Scie.*, 90, 2, 570-581.

- Hii C.L., Law C.L., Suzannah S., Misnaw I., Cloke M., 2009: Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *As. J. Food Ag – Ind*, 2(04), 702-722.
- Kowalska J., 2013. Wpływ modyfikacji składu surowcowego, aglomeracji i powlekania napoju kakaowego w proszku na właściwości fizyczne, chemiczne, zdrowotne i sensoryczne. *Rozprawy Naukowe i Monografie*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW.
- Kowalska J., Lenart A., 2003. Wpływ aglomeracji na właściwości ogólne wieloskładnikowej żywności w proszku. *Technologia Alimentaria*, 2(2), 27-36.
- Kowalska J., Majewska E., Lenart A., 2011. Aktywność wody napoju kakaowego w proszku o zmodyfikowanym składzie surowcowym. *Żyw. Nauk. Tech. Jak.*, 4(77), 57-65.
- Lewicki P. P. (edited by M. Shafiur Rahman), 2009. *Data and models of water activity. Food properties Handbook*, CRS Press, 33-152.
- L-Muhtaseb A.H., McMinn W.A.M., Magee T.R.A., 2004. Water sorption isotherms of starch powders. *Journal of Food Engineering*, 61, 297-301.
- Ostrowska-Ligęza E., Lenart A., 2008. Wpływ aktywności wody i naprężenia ściskającego na odkształcenie wybranych składników napoju kakaowego w proszku. *Acta Agrophysica*, 11(2), 475-485.
- Pałacha Z., 2008. Aktywność wody – ważny parametr żywności. *Przemysł Spożywczy*, 62(4), 22-26.
- Pisecky J., 1997. *Handbook of Milk Powder Manufacture*. A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Denmark. PN-A-79011-3/98. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości wody.
- PN-ISO 8460/99. Kawa rozpuszczalna. Oznaczanie gęstości nasypowej swobodnej i gęstości nasypowej ubitej.
- Pratano Y., Salokhe V.M., Rakshit S.K., 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38, 267-272.
- Rodriguez-Campos J., Escalona-Buendia H.B., Orozco-Avila I., Lugo-Cervantes E., Jaramillo-Flores M. E., 2011. Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research Int.*, 44, 250-258.
- Ruszkowska M., 2011. Ocena jakości wybranych odżywek w proszku dla dzieci. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2 (50), 34-35.
- Soerensen J. H., Krag J., Pisecky J., Westergaard V., 1978. *Analytical methods for dry milk products*. A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Denmark.
- Tamborski Z., Wojtczak M., 2007. Wpływ jakości cukru na przebieg izoterm sorpcji wilgoci. *Gazeta Cukrownicza*, 10, 318-319.
- Vissotto F.Z., Jorge L.C., Makita G.T., Rodrigues M.J., Menegalli F.C., 2010. Influence of the process parameters and sugar granulometry on cocoa steam agglomeration. *J. Food Eng.*, 97, 283-291.
- Wójtowicz A., 2007. Ocena wybranych cech jakościowych ekstrudowanych zbożowych kaszek błyskawicznych. *Żyw. Nauk. Tech. Jak.*, 4(53), 46-54.
- Zapotoczny P., Zielińska M., 2005. Rozważania nad metodyką instrumentalnego pomiaru barwy marchwi. *Żyw. Nauk. Tech. Jak.*, 1(42), 121-132.
- Zawiślak K., Sobczak P., 2007. Zmiany wybranych właściwości fizycznych granulatu uzyskanego z dodatkiem różnych substancji wiążących. *Inżynieria Rolnicza*, 11, 5 (93), 437-444.

ANALYSIS OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES  
OF COCOA POWDER PRODUCTS  
WITH MODIFIED RAW MATERIAL COMPOSITION

*Jolanta Kowalska, Elzbieta Sewastianowicz, Ewa Majewska, Beata Drużyńska,  
Marta Ciecierska, Dorota Derewiaka*

Department of Biotechnology, Microbiology and Food Evaluation,  
Faculty of Food Sciences, Warsaw University of Life Sciences  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: jolanta\_kowalska@sggw.pl

**Abstract.** The aim of the study was to analyse the impact of raw material composition and agglomeration process on selected physical and chemical properties of cocoa powder products. The experimental material consisted of powder materials: cocoa, sucrose, glucose, milk for children, their mixtures and agglomerates. The scope of study included the analysis of selected physicochemical properties of test samples: water content, water activity, colour, flowability, bulk density, and wettability. It was found that a change of the basic composition of the raw material mixture as well as the use of the processing had a significant effect on the physical properties of the samples tested. The agglomeration process significantly influenced the water content and activity, colour, flowability (reducing the discharge time) and bulk density. In contrast, modification of fibre composition and agglomeration did not improve the reproducibility of a majority of the samples tested, with the exception of those whose composition was dominated by sucrose and/or glucose. In most cases, the statistical analysis showed a statistically significant effect of agglomeration on the properties investigated, but did not demonstrate any clear influence of modification of fibre composition. Based on the results obtained, a mixture in which sucrose was partly replaced by milk was indicated as an alternative to commercial products.

**Keywords:** food powders, cocoa, agglomeration, physical properties