

CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI WODY I PARAMETRÓW
GEOMETRYCZNYCH ODPADÓW MELISY
W ASPEKTCIE ICH WYKORZYSTANIA JAKO DODATKU DO PASZ*

Sławomir Obidziński

Zakład Techniki Rolno-Spożywczej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok
e-mail: obislaw@pb.edu.pl

Streszczenie. Jednym z roślinnych odpadów poprodukcyjnych, generowanych przez zakłady pozyskujące surowce zielarskie, są drobnoziarniste odpady powstające podczas pakowania ziół. W zakładach Herbapol Białystok S.A., takich odpadów powstaje w skali roku około 30 ton, a najczęstszym sposobem ich zagospodarowania jest stosowanie jako dodatku do pasz. W pracy przedstawiono wyniki badań aktywności wody (jako krytycznego parametru kontroli jakości) drobnoziarnistych odpadów poprodukcyjnych melisy, w zależności od wilgotności odpadów i wielkości cząstek, oraz dokonano analizy morfologii cząstek melisy pod względem współczynników kształtu, przy wykorzystaniu metod stereologicznych i komputerowej analizy obrazu. Do analizy morfologicznej cząstek odpadów melisy wykorzystano: ułamek obszaru cząstki i obszaru jego części wypukłych, współczynnik wydłużenia oraz współczynnik kształtu. Uzyskane wyniki badań pokazują, że zwiększenie wilgotności odpadów od 7,60 do 15,33% powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,341 do poziomu 0,798. Aby nie dopuścić do rozwoju pleśni w odpadach melisy, należy przechowywać je w warunkach gwarantujących utrzymanie wilgotności mniejszej niż 10%. Zwiększenie cząstek odpadów od $d < 0,063$ mm do cząstek o wielkości $0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$ (przy wilgotności 10,33%) powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,562 do 0,598. Wpływ wilgotności i wielkości cząstki odpadów melisy na aktywność wody można opisać równaniem funkcji logarytmicznej. Przeprowadzone obserwacje mikroskopowe i ich analiza pokazały, że najwięcej cząstek opadów melisy (oprócz cząstek największych, o średnicy $d > 0,5$ mm) charakteryzuje się kształtem zbliżonym do kuli.

Słowa kluczowe: aktywność wody, odpady melisy, wilgotność, wielkość cząstki

* Praca wykonana w ramach pracy statutowej S/WM/2/2010.

WSTĘP

Jednym z roślinnych odpadów poprodukcyjnych, generowanych przez zakłady pozyskujące surowce zielarskie, są odpady powstające podczas pakowania ziół (np. odpady melisy). W przypadku zakładów Herbapol Białystok S.A. takich odpadów powstaje w skali roku około 30 ton. Są one (np. odpady mięty czy szałwi) zazwyczaj sprzedawane przez zakład za niewielkie kwoty lub oddawane za cenę ich transportu (Obidziński 2010).

Odpady zielarskie w niewielkim stopniu wykorzystuje się w przemyśle cukierniczym oraz jako podkłady ogrodnicze. Najczęstszym sposobem zagospodarowania odpadów ziołowych jest ich zastosowanie jako dodatku do pasz, ze względu na ich działanie bakteriobójcze (np. szałwia), immunostymulujące (jeżówka), antyoksydacyjne (np. rozmaryn) i sedatywne, czyli uspokajające i nasenne (np. melisa). Mogą one też obniżać poziom cholesterolu w organizmie. Niektóre z nich poprawiają też zapach i smakowitość paszy (Grela 2001, Paschma 2004, Hanczakowska 2007). Aby wykorzystać tę różnorodną aktywność, często stosuje się mieszanki ziół (Hanczakowska 2007).

W przypadku pasz oraz innych surowców i produktów roślinnych parametrem, którego znajomość w trakcie produkcji i przechowywania jest bardzo ważna (często przyjmowana jako krytyczny parametr kontroli jakości), jest aktywność wody. Zawartość wody i aktywność wody, a w szczególności w żywności, decyduje o możliwości rozwoju mikroflory, a tym samym trwałości produktów. Według Szlachty i Podawca (2007) aktywność wszystkich form drobnoustrojów jest zahamowana, jeżeli $a_w < 0,6$. Rozwój drożdży osmofilnych jest możliwy przy $a_w > 0,6$; rozwój pleśni następuje przy $a_w > 0,7$; rozmnażanie drożdży wymaga $a_w > 0,8$; rozwój bakterii następuje dopiero przy $a_w > 0,9$.

Znajomość aktywności wody jest szczególnie ważna w przypadku mieszanek paszowych, których składniki w momencie produkcji różnią się istotnie aktywnością wody. W takim przypadku produkt nie znajduje się w stanie równowagi termodynamicznej, a pomiędzy jego składnikami zachodzi wymiana masy. Potwierdzają to badania Gondek i Lewickiego (2008), które dotyczyły aktywności wody w mieszance płatków zbożowych z suszonymi owocami i innymi dodatkami.

Źródłem wielu cennych informacji na temat stanu wody w surowcach i produktach jest izoterma sorpcji, tj. zależność między aktywnością wody a zawartością wody w produkcie (Lewicki 2000, 2004). Znajomość przebiegu izoterm adsorpcji pary wodnej produktu pozwala m.in. na przewidywanie kinetyki i projektowanie procesu suszenia, przewidywanie charakteru zepsucia i okresu trwałości żywności czy też określenie optymalnej zawartości wody i aktywności wody produktu (Gondek i Lewicki 2005). Znajomość izoterm i kinetyki sorpcji pozwala na ustalenie optymalnych warunków przechowywania oraz doboru odpowiednich opakowań (Foster i in. 2005, Kowalska i in. 2005). Izotermy sorpcji umożliwiają

również charakterystykę mikrostruktury oraz teoretyczną interpretację zjawisk fizycznych zachodzących na powierzchni kontaktu żywność – powierzchnia lotna (Lenart 1991, Medeiros i in. 2006).

W literaturze spotkać można wiele prac, w których autorzy, w sposób eksperymentalny wyznaczają izotermy sorpcji produktów pochodzenia roślinnego: proszków spożywczych i ich aglomeratów (Szulc i Lenart 2008), suszonych i kandyzowanych owoców (Gondek i Lewicki 2005), błonnika (Makała i Ocieczek 2008) czy suszu pieczarek (Kędzierska i Pałacha 2011).

Parametrem, który wpływa istotnie na stan wody w surowcach i produktach, jest wielkość cząstek materiału. Zmniejszenie wielkości cząstki oddziałuje na poprawę właściwości hydratacyjnych materiału (zdolność chłonięcia wody, zdolność zatrzymania wody, zdolność pęcznienia), jak również powoduje wzrost teoretycznej powierzchni i całkowitej porowatości materiału, co wpływa na jego modyfikację strukturalną (Raghavendra i in. 2006). Według Ruszkowskiej i in. (2008), w procesie adsorpcji produktów rozdrobnionych uzyskuje się wyższą pojemność monowarstwy oraz powierzchnię właściwą sorpcji. Badania Makały i Ocieczek (2008) wykazały, że stopień mikronizacji (rozdrobienia) wpływa na właściwości sorpcyjne preparatu błonnikowego. Potwierdzają to również Mathlouthi i Roge (2003), którzy stwierdzili, że wielkość cząstek sacharozy ma istotny wpływ na jej właściwości sorpcyjne (amorficzny stan sacharozy jest uzależniony od wielkości jej cząstek).

Celem pracy było określenie wartości aktywności wody w drobnoziarnistych, poprodukcyjnych odpadach melisy (w aspekcie ich wykorzystania jako dodatku do pasz) oraz analiza zmian tego parametru w zależności od wilgotności oraz wielkości cząstek odpadów.

MATERIAŁ I METODYKA

W pracy przedstawiono wyniki badań aktywności wody drobnoziarnistych odpadów melisy, będących odpadem poprodukcyjnym powstającym przy segregowaniu i pakowaniu tego zioła w zakładach Herbapol Białystok.

Rozkład granulometryczny odpadów melisy określono zgodnie z PN-89/R-64798. Zasada oznaczania polega na ręcznym lub mechanicznym przesianiu próbki przez sito lub zestaw sit i wagowym oznaczeniu poszczególnych frakcji. Czyste i suche sita układano jedno na drugim według wzrastającej średnicy oczek. Odważano następnie 100 g przygotowanego materiału, który wsypywano na górne sito, i po przykryciu pokrywą, uruchamiano odsiewacz na 5 minut. Po upływie ustalonego czasu odsiewacz zatrzymywano, lekko ostukano ramy sit i ponownie uruchomiano odsiewacz na 20 sekund, a następnie po zatrzymaniu odsiewacza ważono każdą frakcję. Otrzymany wynik ważenia stanowi procentową zawartość danej frakcji.

Podczas badań dokonano również analizy morfologii cząstek melisy pod względem współczynników kształtu, przy wykorzystaniu metod stereologicznych i komputerowej analizy obrazu. Badanie te przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w pracach Bakiera i Miastkowskiego (2010, 2011). W przypadku próbek frakcji o wymiarach poniżej 250 μm , materiał do obserwacji mikroskopowych przygotowano, poprzez napylenie na naelektryzowane szkiełko mikroskopowe cząstek, przykrycie je drugim szkiełkiem i dociśnięcie z jednoczesnym przesunięciem. Obserwacji cząstek naniesionych na szkiełko mikroskopowe dokonano przy wykorzystaniu mikroskopu Biolar. Rejestrację obrazów prowadzono za pomocą kamery mikroskopowej 5.0MP CMOS. Wykonywano około 20 fotografii każdej próbki, z których do dalszej analizy wybierano 10. W przypadku próbek frakcji o wymiarach powyżej 250 μm , wykonano szereg zdjęć przy pomocy aparatu cyfrowego, z powodu zbyt małego pola widzenia mikroskopu Biolar przy obserwacji takich cząstek.

Kolejnym elementem badań były pomiary parametrów geometrycznych cząstek próbek zarejestrowanych na fotografiach cyfrowych i obrazach z kamery mikroskopowej. W tym celu wykorzystano program do komputerowej analizy obrazu analySIS. Na podstawie wyskalowanego zdjęcia dokonano automatycznego pomiaru wymiarów analizowanych cząstek. Do analizy morfologicznej cząstek odpadów melisy wykorzystano: ułamek obszaru cząstki i obszaru jego części wypukłych, wydłużenie cząstki oraz współczynnik kształtu. Analizowane obrazy próbek skalowano w programie analySIS przy wykorzystaniu obrazu podziałki zarejestrowanej w identycznych warunkach optycznych jak próbki. Oceny morfologicznej analizowanych próbek pod względem przyjętych parametrów geometrycznych dokonano w oparciu o uzyskane histogramy rozkładu wykonane w programie Statistica 9.

Przeprowadzono badania wpływu wilgotności badanych odpadów na zmiany aktywności wody. Odpady melisy doprowadzono do wilgotności 7,6; 9,03; 10,33; 12,13 i 15,33%. W tym celu odpady o wilgotności 7,6% nawilżano do zadanych wilgotności (poprzez stopniowe rozpylenie, w trakcie mieszania, odpowiedniej ilości wody), a następnie przetrzymywano w temperaturze otoczenia, w szczelnie zamkniętych woreczkach foliowych przez 48 godz. Oznaczanie wilgotności badanych odpadów wykonano zgodnie z PN-76/R-64752 za pomocą wagosuszarki WPE 300S. Każdorazowo określano wilgotność pięciu próbek o masie 5 g, które suszono w temperaturze 105°C do momentu uzyskania stałej masy. Za wynik końcowy wilgotności przyjęto wartość średnią z otrzymanych oznaczeń.

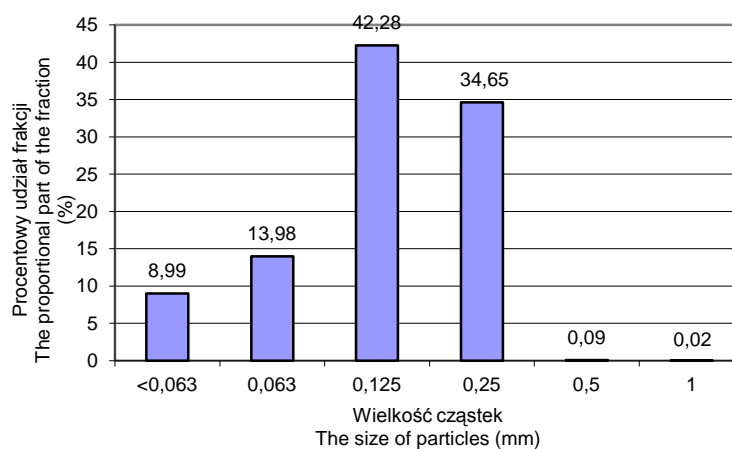
Kolejnym aspektem badań była analiza wpływu wielkości cząstek odpadów na zmiany aktywności wody. Badania te realizowano dla wybranej wilgotności odpadów melisy – 10,33%. Analizowane w tym etapie badań frakcje cząstek odpadów melisy to cząstki $d < 0,063 \text{ mm}$; cząstki w przedziale $0,063 \text{ mm} < d < 0,125 \text{ mm}$; $0,125 \text{ mm} < d < 0,25 \text{ mm}$; $0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$ oraz cząstki $d > 0,5 \text{ mm}$. Podzia-

łu badanych odpadów na poszczególne frakcje wykonano przez mechaniczne przesianie odpadów na wstrząsarce uniwersalnej WU-3 przez zestaw sit o w/w rozmiarach oczek. Aktywność wody odpadów określano przy użyciu aparatu AquaLab, który stwarza możliwość szybkich i dokładnych oznaczeń aktywności wody w próbkach materiałów biologicznych, jak również w innych sorbentach wody. Wyniki podawane przez aparat zapewniają dokładność do $\pm 0,003 a_w$. Próbki o masie 0,5 g umieszczano w specjalnym pojemniku badawczym w komorze pomiarowej aparatu. Po zamknięciu komory aparatu pomiar był uruchamiany automatycznie przez oprogramowanie aparatu. Za wynik końcowy aktywności wody badanych odpadów przyjęto wartość średnią z otrzymanych oznaczeń.

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono w programie Statistica 9, stosując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz dokonano podziału średnich na grupy jednorodne.

WYNIKI BADADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono rozkład granulometryczny cząstek badanych odpadów melisy.



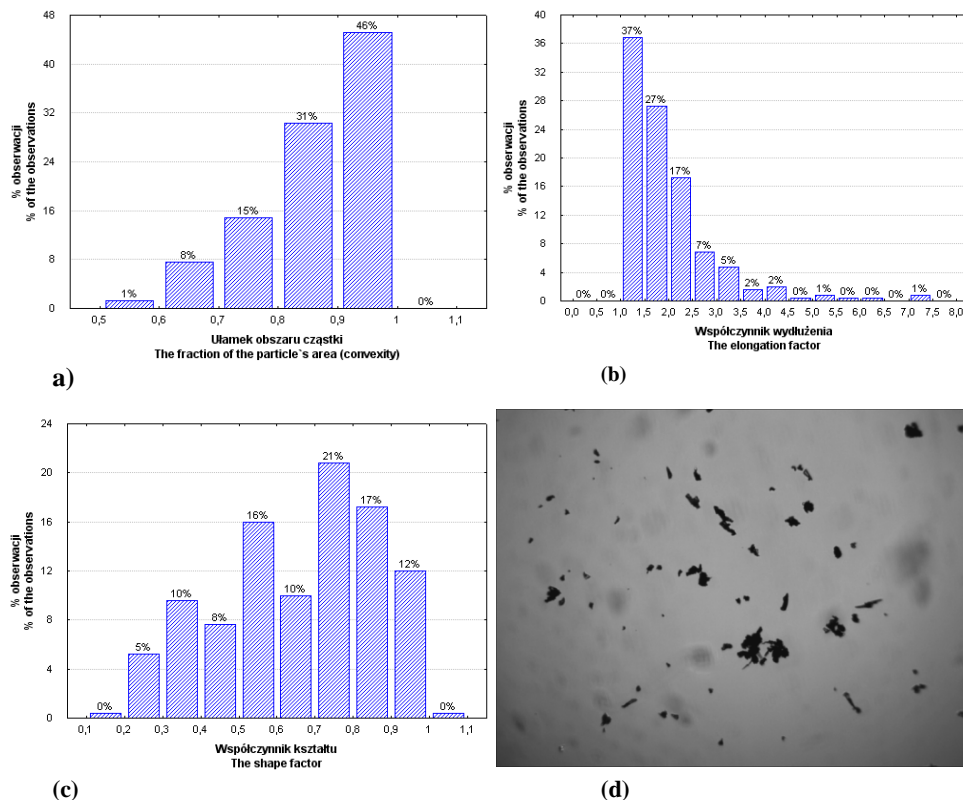
Rys. 1. Rozkład granulometryczny cząstek odpadów melisy

Fig. 1. Particle size distribution of lemon balm wastes

Odpady melisy są materiałem o niewielkiej gęstości usypowej, nie przekraczającej $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obidziński 2010). W wyniku przeprowadzonych badań rozkładu granulometrycznego stwierdzono, że w badanych odpadach dominującymi frakcjami są cząstki zatrzymywane na sicie o wielkości oczek $0,125 \text{ mm} < d < 0,25 \text{ mm}$, które stanowią 42,28% udziału masowego oraz frakcja zatrzymywana

na sicie o wielkości oczek 0,25 mm ($0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$), która stanowi 34,65% udziału masowego.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe histogramy, przedstawiające badane parametry geometryczne cząstek odpadów melisy o wielkości $d < 0,063 \text{ mm}$.



Rys. 2. Histogram rozkładu obserwacji parametrów geometrycznych cząstek odpadów melisy o wielkości $d < 0,063 \text{ mm}$: a) ułamek obszaru cząstki, b) współczynnika wydłużenia, c) współczynnika kształtu (okrągłości), d) przykładowa analizowana fotografia

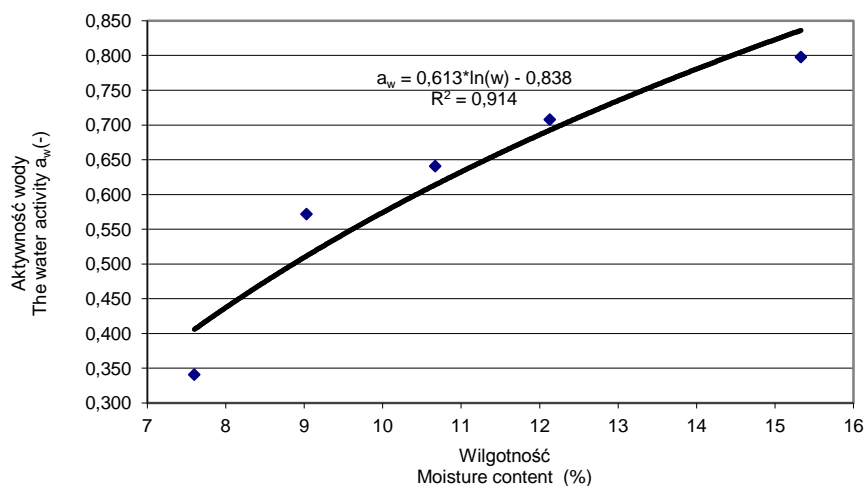
Fig. 2. Histogram of observation distributions of the geometric parameters of particles of lemon balm wastes with the size of $d < 0.063 \text{ mm}$: a) fraction of particle area (convexity), b) elongation of the particle, c) shape factor, d) example of image analysed

Można uznać, że cząstki badanych odpadów nie są postrzępione (najbardziej liczne obserwacje ułamka obszaru to obserwacje przy wartości równej 1 – rys. 2a). Największy procent obserwacji współczynnika wydłużenia ma wartość 1 (rys. 2b), co świadczy, że cząstki melisy nie są wydłużone, a raczej kształtem są zbliżone do kuli. Można zauważyć, że najbardziej liczne są obserwacje współczynnika kształtu (okrą-

głości) w przedziale od 0,8 do 1, co też potwierdza, że najwięcej cząstek w badanej frakcji odpadów ma powierzchnie zbliżone do koła.

W przypadku pozostałych wielkości cząstek odpadów melisy, tj. cząstek o wielkościach: $0,063 \text{ mm} < d < 0,125 \text{ mm}$; $0,125 \text{ mm} < d < 0,25 \text{ mm}$; oraz $0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$, zanotowano podobną, jeszcze wyraźniejszą tendencję badanych parametrów geometrycznych, co skłania do stwierdzenia, że w badanych odpadach najczęściej cząstek ma kształt zbliżony do kuli. Odmianą tendencję wykazuje frakcja odpadów o wielkości cząstek $d > 0,5 \text{ mm}$. Przeważający procent obserwacji współczynnika wydłużenia w przypadku tych cząstek ma wartości znacznie przekraczające 1, co świadczy, że cząstki te są wydłużone.

Wyniki badań wpływu wilgotności badanych odpadów melisy na aktywność wody przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Aktywności wody odpadów melisy o różnej wilgotności

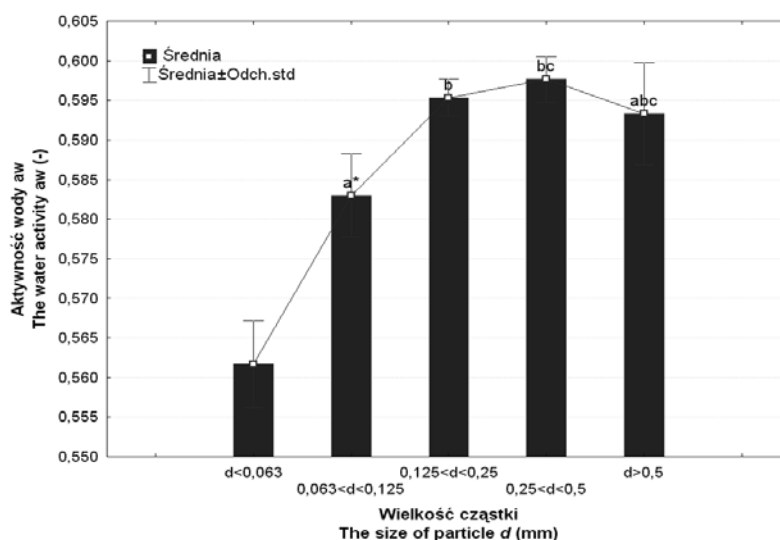
Fig. 3. Water activity of lemon balm wastes with various moisture levels

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zwiększenie wilgotności badanych odpadów od 7,6 do 15,33% powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,341 do poziomu 0,798.

Jak pokazują wyniki badań (rys. 3), aby nie dopuścić do rozwoju pleśni w badanych odpadach melisy, należy przechowywać je przy wilgotności mniejszej niż 10%. Jak podają Szlachta i Podawca (2007), pleśnie rozwijają się w paszach, których a_w jest na poziomie od 0,60 do 0,75.

Wpływ wilgotności badanych odpadów melisy na aktywność wody najlepiej opisuje równanie funkcji logarytmicznej.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań wpływu wielkości cząstek odpadów melisy na aktywność wody. Stwierdzono, że zwiększenie wielkości cząstek odpadów melisy od $d < 0,063$ mm do cząstek o wielkości $0,25 \text{ mm} < d < 0,5$ mm (przy wilgotności 10,33%) powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,562 do 0,598. Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji ANOVA na poziomie istotności $P = 0,05$ pozwoliła na stwierdzenie istotnych różnic pomiędzy wartościami aktywności wody cząstek o średnicy $d < 0,063$ mm a pozostałymi grupami wielkości cząstek. Wyniki jednowymiarowego testu istotności Tukeya nie wykazały istotnych różnic między wartościami aktywności wody cząstek o średnicy: $0,063 \text{ mm} < d < 0,125$ mm a cząstkami o średnicy $d > 0,5$ mm, pomiędzy wartościami aktywności wody cząstek o średnicy $0,125 \text{ mm} < d < 0,25$ mm a grupami cząstek o średnicach $0,25 \text{ mm} < d < 0,5$ mm i $d > 0,5$ mm oraz pomiędzy wartością aktywności wody cząstek o średnicy $0,25 \text{ mm} < d < 0,5$ mm a aktywnością wody cząstek o średnicy $d > 0,5$ mm.



Rys. 4. Aktywności wody odpadów melisy o różnej wielkości cząstek

Fig. 4. Water activity of lemon balm wastes with various particle sizes

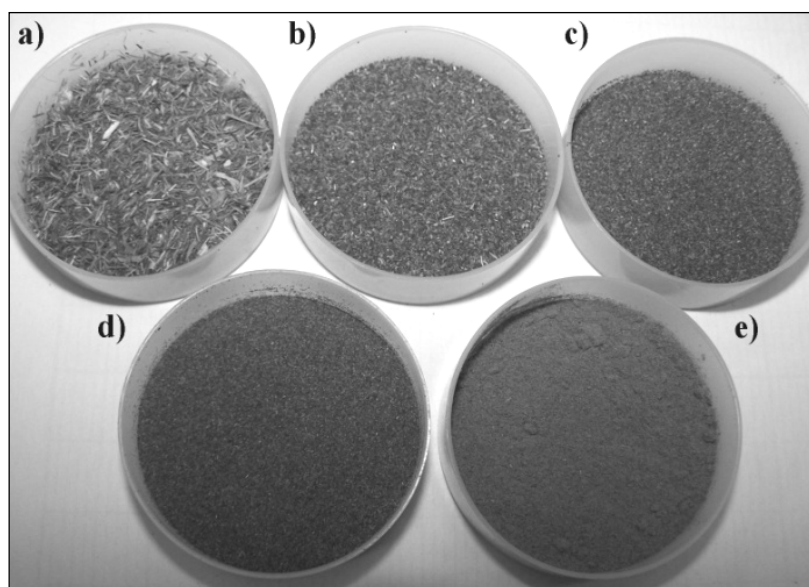
* Średnie na wykresie, oznaczone tą samą literą, nie różnią się istotnie przy $P = 0,05$ według testu Tukeya – Means within columns marked with the same letter do not differ significantly at $P = 0,05$ according to the Tukey test

Rosnącą aktywność wody wraz ze zwiększeniem wielkości cząstek odpadów potwierdzają wyniki innych autorów. Według Mathlouthi i Roge (2003), wzrost wielkości cząstek sacharozy z 250 do 800 μm (przy różnej wilgotności sacharozy) powodował istotny wzrost aktywności wody. Również Raghavendra i współpra-

cownicy (2006) stwierdzili, że wraz ze wzrostem wielkości cząstek błonnika kokosowego z 390 do 550 μm rośnie zdolność chłonięcia wody, zdolność jej zatrzymania oraz zdolność pęcznienia.

Przeprowadzone badania pokazują, że wartość aktywności wody w przypadku odpadów melisy o cząstkach $d < 0,063$ mm znacznie odbiega od aktywności wody pozostałych frakcji. Uzyskana różnica w przypadku w/w frakcji wynika ze znacznych różnic w jej składzie, w porównaniu z pozostałymi frakcjami. W wyniku analizy sitowej stwierdzono, iż frakcja melisy o cząstkach $d < 0,063$ mm zawierała duże ilości zanieczyszczeń (piasku). Świadczy o tym znacznie odbiegająca od innych barwa tej frakcji. Ma ona barwę żółtawą, gdy pozostałe frakcje mają barwę zieloną (rys. 5). Zawartość zanieczyszczeń (piasku) potwierdzają również badania zawartości popiołu w odpadach (Obidziński 2010), które wykazały, że średnia zawartość popiołu uzyskana w wyniku spalania wynosiła 16,44%. Taka zawartość zanieczyszczeń może wpływać na mniejsze wartości aktywności wody tej frakcji.

Uzyskana w trakcie badań średnia aktywność mieszaniny wszystkich badanych frakcji odpadów melisy wynosiła 0,586. Pomijając w obliczeniach średniej wartość aktywności frakcji pozasitowej o wielkości cząstek $d < 0,063$ mm (z zanieczyszczeniami piaskiem), otrzymano średnią aktywność mieszaniny frakcji równą 0,592.



Rys. 5. Fotografie analizowanych frakcji cząstek odpadów melisy: a) $d > 0,5$ mm, b) $0,25$ mm $< d < 0,5$ mm, c) $0,125$ mm $< d < 0,25$ mm; d) $0,063$ mm $< d < 0,125$ mm, e) $d < 0,063$ mm

Fig. 5. Photograph of the analysed fractions of particles of lemon balm wastes: a) $d > 0.5$ mm, b) 0.25 mm $< d < 0.5$ mm, c) 0.125 mm $< d < 0.25$ mm; d) 0.063 mm $< d < 0.125$ mm, e) $d < 0.063$ mm

Stwierdzono, że aktywność wody cząstek największych, tj. cząstek o średnicy $d > 0,5$ mm spadła nieznacznie (0,593) w stosunku do wartości aktywności zmierzonych dla frakcji poprzedniej, tj. cząstek o średnicach $0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$, która wynosiła 0,598. Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała, że spadek ten jest nieistotny statystycznie.

Zauważone spadki są prawdopodobnie spowodowane różnicami w składzie frakcji, jak również zróżnicowaną budową morfologiczną. W wyniku analizy sitowej stwierdzono, że frakcje największe znacznie różnią się składem od pozostałych. W tychże frakcjach zauważono sporo wtrąceń innych materiałów, np. podłużne resztki łodyg melisy, słomy itp. Przeprowadzone badania (obserwacje mikroskopowe i ich analiza) pokazały, że cząstki tej frakcji odpadów, w przeciwieństwie do pozostałych, charakteryzują się wydłużonym kształtem (współczynnik wydłużenia powyżej 1).

Kształt i wielkość powierzchni cząstek wpływa na zmianę powierzchni i całkowitej porowatości materiału (Raghavendra i in. 2006), co może determinować zaobserwowane zmiany aktywności wody.

Wpływ wielkości cząstki badanych odpadów (d) na aktywność wody (a_w) można opisać w badanym zakresie równaniem funkcji logarytmicznej:

$$a_w = 0,022 \ln(d) + 0,565 \quad R^2 = 0,873 \quad (1)$$

WNIOSKI

1. Zwiększenie wilgotności badanych odpadów od 7,6 do 15,33% powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,341 do 0,798.

2. Aby nie dopuścić do rozwoju pleśni w odpadach melisy, należy przechowywać je w warunkach gwarantujących utrzymanie wilgotności mniejszej niż 10%.

3. Niska aktywność wody odpadów melisy predysponuje ich stosowanie jako dodatku (składnika) do pasz o wyższej aktywności wody, co spowoduje zmniejszenie ich aktywności wody.

4. Zwiększenie wielkości cząstek odpadów melisy od $d < 0,063$ mm do cząstek o wielkości $0,25 \text{ mm} < d < 0,5 \text{ mm}$ (przy wilgotności 10,33%) powoduje wzrost aktywności wody od wartości 0,562 do 0,598.

5. Zawartość zanieczyszczeń w postaci piasku w odpadach melisy wpływa na spadek wartości aktywności wody odpadów.

6. Średnia wartość aktywności wody mieszaniny frakcji odpadów melisy, przy wilgotności 10,33% (z wyłączeniem wartości aktywności dla frakcji pozasitowej – z zanieczyszczeniami piaskiem), wynosi 0,592.

7. Wpływ wilgotności i wielkości cząstki odpadów melisy na aktywność wody można opisać równaniem funkcji logarytmicznej.

8. Pomiar zmian aktywności wody w odpadach melisy pozwoli na przygotowanie właściwych warunków, jakie należy zapewnić w trakcie produkcji i przechowywania zarówno pasz sypkich, jak i granulowanych z dodatkiem odpadów melisy.

PIŚMIENNICTWO

- Bakier. S., Miastkowski. K., 2010. Analiza składu granulometrycznego glukozy krystalicznej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 36-40.
- Bakier. S., Miastkowski. K., 2011. Analiza wybranych czynników technologicznych warunkujących skład granulometryczny glukozy w procesie krystalizacji. *Acta Agrophysica*, 17(1), 5-16.
- Foster K.D., Bronlund J.E., Paterson A.H.J., 2005. The prediction of moisture sorption isotherms for dairy powders. *International Dairy Journal*, 15, 411-418.
- Gondek E., Lewicki P.P., 2005. Izotermy sorpcji pary wodnej suszonych i kandyzowanych owoców. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 4(1), 63-71.
- Gondek E., Lewicki P.P., 2008. Ruch wilgoci w mieszankach typu muesli. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (59), 173-180.
- Grela E.R. 2001. Wpływ mieszanek ziołowych w żywieniu tuczników na wzrost i cechy mięsa. *Ann. Univ. MCS, IX (Suppl.)*, Sect. EEE, 243-248.
- Hanczakowska E., 2007. Zioła i preparaty ziołowe w żywieniu świń. *Wiadomości Zootechniczne*, R. XLV, 3, 19-23.
- Kędzierska K., Pałacha Z., 2011. Wpływ temperatury na właściwości sorpcyjne suszu pieczarek, *Acta Agrophysica*, 17(1), 77-88.
- Kowalska H., Domian E., Janowicz., Lenart A., 2005. Wpływ aglomeracji na adsorpcję pary wodnej przez wieloskładnikową żywność w proszku. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 4(45) supl., 120-131.
- Lenart A., 1991. Charakterystyka właściwości sorpcyjnych odwadnianej żywności. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 35, 1-4.
- Lewicki P.P., 2000. Raoult's law based food water sorption isotherm. *Journal of Food Engineering*, 43, 31-40.
- Lewicki P.P., 2004. Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering*, 61, 483-495.
- Makala H., Ociecek A., 2008. Charakterystyka właściwości sorpcyjnych wybranych preparatów błonnika pszennego. *Acta Agrophysica*, 12(3), 747-754.
- Mathlouthi M., Roge B, 2003. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. *Food Chemistry*, 82, 61-71.
- Medeiros M. L., Bartolomeu Ayrosa A.M., de Moraes Pitombo R.N., da Silva Lannes S.C., 2006. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. *Journal of Food Engineering*, 73, 402-406.
- Obidziński S., 2010. Ocena właściwości energetycznych odpadów melisy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, zesz. 546, 253-262.
- Paschma J., 2004. Effect of using herbs in diets of periparturient sows on the course of parturition and reproductive performance. *Annals of Animal Science*, Vol. 7, No. 1, 293-295.

- Raghavendra S.N., Ramachandra Swamy S.R., Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Kumar S., Tharanathan R.N., 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering* 72, 281-286.
- Ruszkowska M., Ociecek A, Palich P., 2008. Właściwości sorpcyjne chrupek kukurydzianych i ryżowych. *Acta Agrophysica*, 11(1), 183-193.
- Szlachta J., Podawca T., 2007. Zmiana aktywności wody w mleku w zależności od liczby komórek somatycznych i ogólnej liczby drobnoustrojów. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4/2007, 67-77.
- Szulc K., Lenart A., 2008. Sorpcja pary wodnej przez mieszaniny proszków spożywczych i ich aglomeratów. *Acta Agrophysica*, 12(2), 535-542.

PROFILE OF WATER ACTIVITY AND GEOMETRIC PARAMETERS
OF LEMON BALM WASTES IN THE ASPECT
OF THEIR UTILISATION AS AN ADDITION TO FODDERS

Sławomir Obidziński

Department of Agricultural and Food Techniques,
Faculty of Mechanical Engineering, Białystok University of Technology
ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok,
e-mail: obislaw@pb.edu.pl

Abstract. One of the post-production wastes generated by industries acquiring herbal materials are fine-grained wastes produced during the packing of herbs. The company Herbapol Białystok S.A. produces approx 30 tons per year of such wastes, and the most frequent way of their utilisation is their applying as an addition to farm fodders. The paper presents the results of investigations of water activity (as the critical parameter of the control of quality) in fine-grained postproduction wastes of lemon balm (*Melissa officinalis*) in dependence on the moisture and the particles size of the wastes, and of the morphology analysis of lemon balm particles in relation to the shape coefficients, performed with the use of stereological methods and computer image analysis. The morphology analysis of lemon balm particles comprised the following parameters: the fraction of particle area (convexity), the elongation factor, and the shape factor. The results of the investigations show that an increase of the wastes moisture from 7.60 to 15.33% causes the growth of water activity from the value of 0.341 to the level of 0.798. Increase of the particles size of the wastes from $d < 0.063$ mm to particle size of $0.25 \text{ mm} < d < 0.5 \text{ mm}$ (at moisture of 10.33%) causes the growth of water activity from the value of 0.562 to 0.598. To prevent the development of mould in lemon balm wastes, they should be kept in conditions guaranteeing the maintenance of moisture below 10%. The influence of moisture and particle size of lemon balm wastes on the water activity can be described with a logarithmic function equation. Conducted microscopic observations and their analysis showed that most of the particles of lemon balm wastes (except the largest particles, with diameter $d > 0.5$ mm) are characterised by shapes approximate to the sphere.

Keywords: water activity, lemon balm wastes, moisture, particle size