

METODY OZNACZANIA FIZYCZNYCH WŁAŚCIWOŚCI SUROWCÓW I MIESZANEK PASZOWYCH

Józef Grochowicz, Janusz Laskowski

Instytut Techniki Rolno-Spożywczej AR w Lublinie

Wstęp

Jak wynika z wieloletnich własnych doświadczeń badawczych, surowce paszowe charakteryzują się szczególnym zróżnicowaniem właściwości chemicznych, fizycznych i technologicznych. Właściwości chemiczne służą głównie do definiowania zawartości w surowcach i mieszankach paszowych składników pokarmowych, natomiast właściwości fizyczne decydują o zachowaniu się materiału w całym procesie produkcyjnym. Mówiąc o problematyce właściwości surowców paszowych należy uwzględnić liczbę występujących surowców (kilkaset), a także dodatkową zmienność ich właściwości, powodowaną warunkami składowania, jak i przetwarzania w kolejnych procesach produkcyjnych.

Przegląd podstawowych właściwości fizycznych surowców i mieszanek paszowych

Skład granulometryczny

Skład granulometryczny pasz może być określany przez pomiar jednej lub kilku cech geometrycznych takich jak: średnica, długość, powierzchnia lub objętość. Każda z tych cech może być określana i klasyfikowana w różny sposób i wyrażana według różnych metod matematycznych. Najczęściej stosowaną techniką jest przesiewanie określonej masy próbki przez zestaw sit, przy czym same warunki wykonania tej czynności nie są u nas jednoznacznie ustalone dla surowców i mieszanek paszowych. Dlatego też proponuje się do wykonania tego oznaczenia przyjmować następujące kryteria: masę odsiewanej próbki 100 g, czas przesiewania 10 min, ilość używanych sit (7). Propozycja ta zbliżona jest do ustaleń ASAE Standard C 319 i INRA we Francji. Z praktycznego zaś punktu widzenia można dodać, że przy wielkości używanych w kraju sit laboratoryjnych masa próbki 100 g zapewnia wła-

ściwe warunki przesiewania, zaś czas przesiewania 10 min z jednej strony warunkuje odpowiednie rozsortowanie cząsteczek, z drugiej zaś - pozwala uniknąć nadmiernej ścieralności przemieszczanych cząsteczek.

Trudniej jest zaproponować wymiary stosowanych sit, ale na podstawie wieloletnich oznaczeń można zalecić dla większości rozdrobnionych surowców paszowych stosowanie do przesiewania zestawu sit o wymiarach otworów: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 i 4,0 mm. Dobór wymiaru otworów sit powinien uwzględniać stopień rozdrobnienia surowców. Dla surowców pylistych (których występuje znaczna ilość w przetwórstwie paszowym) celowe będzie zrezygnowanie z większych wymiarów sit na korzyść sit o wymiarze poniżej 0,5 mm.

Wynikiem przeprowadzonego przesiewania próbki jest uzyskanie odpowiedniej masy cząsteczek w poszczególnych klasach ziarna, zgodnie z wymiarami otworów sit. Jak podają Melcion i Delort-Laval [11], do analizy struktury cząsteczkowej może być wykorzystana technika klasyfikacji za pomocą średnicy równoważnej, średnicy rzutowanej, czy też pola powierzchni rzutowanej. Pomijając szczegółowe rozważania można podać, że dla cząstek o nieregularnym kształcie ich zmienną charakterystyczną dla danej cząstki jest średnica równoważna średnicy największej kuli - przechodzącej geometrycznie przez dane sito. Średnicę rzutowaną definiują jako średnicę koła o tym samym obwodzie co kontur cząstki widzianej normalnie w pozycji swej największej stabilności i przyjmuje się na ogół, że:

$$\varnothing \text{ rzutowana} = \sqrt{2} \cdot \text{wymiar otworu sita.}$$

Uzyskane wyniki pomiarów składu granulometrycznego mogą być przedstawione w formie graficznej lub też odpowiednich współczynników. Najczęściej wyniki przesiewania wyrażone są za pomocą średniej arytmetycznej, wyrażonej według wzoru:

$$M = \frac{\sum n_i P_i}{\sum n_i}$$

gdzie:

M - średnia wielkość cząstek, mm,

n_i - procent masy produktu zatrzymanego w każdej klasie,

P_i - mediana klasy, mm.

Inny sposób wyrażenia wyników przedstawiają Melcion i Delort-Laval [11]. Omawiają oni sposób wyliczania modułu miałkości (przy stosowaniu odpowiednich współczynników przeliczeniowych dla poszczególnych klas ziarna) oraz współczynnika charakteryzującego równomierność rozmieszczenia cząstek w próbce. Przy tym dla określenia ostatniego współczynnika poszczególne klasy grupują w trzy frakcje: grubą, średnią i miałką - określane adekwatnie do udziału procentowego lic-

bą, której suma równa jest 10, znaleziona wartość charakteryzuje równomierność rozmieszczenia cząstek w próbce.

Kazakow i inni [7] skład granulometryczny surowców paszowych charakteryzują za pomocą wskaźnika jednostkowej powierzchni cząstek, którego największą wartość uzyskali dla drożdży - $2720 \text{ cm}^2/\text{g}$ i mączki z trawy - $2040 \text{ cm}^2/\text{g}$, zaś najmniejszą dla rozdrobnionej pszenicy i jęczmienia ($880\text{--}890 \text{ cm}^2/\text{g}$).

Dla cząstek, gdzie długość jest cechą dominującą, najprostszą metodą ich oceny jest ręczne sortowanie próbki (o masie około 50 g lub liczebności 1000 cząstek) na odpowiednie klasy wymiarowe. Dla surowców brykietowanych Ekielski [2] proponuje podział cząstek na następujące klasy długości: poniżej 5 mm, 5-10, 10-20, 20-30 i powyżej 30 mm. W Duńskim Instytucie Badania Pasz w Kolding do rozsortowania cząstek używany jest separator mechaniczny, którego zasada działania polega na tym, że próbka dostarczana na stół wibracyjny wykonany z blachy fałistej, przesuwana się w rowkach blachy z otworami o długości wzrastającej, do czasu gdy przejdzie przez otwór.

Celem określenia struktury cząsteczkowej pasz aglomerowanych Israelsen [5] proponuje rozmoczyć próbkę w wodzie (przez 1 godzinę), a następnie po wypłukaniu jej kolejno w wodzie i acetonie suszyć ją przez 24 godziny w temperaturze otoczenia. Dalsze pomiary można wykonać już według powyższych zasad.

Gęstość właściwa

W stosowanych metodach występuje istotne zróżnicowanie co do rodzaju używanego ośrodka płynnego, masy próbki, jak też dodatkowych wymagań dotyczących przygotowania próbki do pomiaru. Przykładowo Farbman i Baranow [3] określali gęstość granul w benzynie dla 3-5-gramowej naważki w 5-krotnym powtórzeniu.

Dla porównania Kwiatkowski i Rodzeń [8] w celu wykonania tego oznaczenia proponują następujące warunki pomiarowe: pojemność menzurki 250 cm^3 , masa naważki 100 g, temperatura cieczy (stosowali Heksan C_6H_{14}) $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Inną zasadę podaje Grassland Research Institute [4], gdzie pobraną próbkę produktu (około 80 ml) zanurza się w parafinie celem uzyskania nieprzepuszczalności dla wody. Następnie próbkę tę umieszcza się w wyskalowanej probówce z wodą celem określenia objętości przemieszczonej wody. Następnie po uwzględnieniu poprawki na parafinę oblepiającą granule oblicza się masę właściwą.

Kolejną propozycję stanowić może umieszczanie materiału aglomerowanego (drażetek) pojedynczo w torebkach plastikowych przed zanurzeniem ich w wodzie (ASAE S 269, 1966).

Prosty sposób wykonania powyższego oznaczenia proponuje Ekielski [2]. Menzurka napełniana jest uprzednio wyprażonym piaskiem przesianym przez sito 0,8 mm.

Do znanej objętości piasku po częściowym jego odsypaniu wprowadza się 3 brykiety o określonej masie. Po dosypaniu piasku i ponownym jego utrzęsieniu odczytywana jest różnica objętości, a następnie wyliczana wartość gęstości. W badaniach własnych do wykonania pomiaru stosowano próbkę aglomeratów o masie 100 g.

Zagadnienie gęstości granul szczegółowo badał Parafenow [12]. Dla granulatu uzyskanego z mieszanek o wartości $M = 1,05$ mm i $M = 1,21$ mm analizował rozkład gęstości na poprzecznym przekroju granul. Uzyskane wyniki wykazały, że granule uzyskane z materiału bardziej rozdrobnionego charakteryzowały się większą gęstością zewnętrznych słoii, co w efekcie zwiększało ich wytrzymałość mechaniczną.

Gęstość usypna i utrzęsiona

Właściwość ta charakteryzuje masę jednostki objętości danego materiału (wyrażoną w kg/dm^3), swobodnie nasypanego do naczynia pomiarowego. W porównaniu z gęstością właściwą wartość ta jest mniejsza, co wynika z pozostawiania w usypanym materiale wolnych przestrzeni międzycząsteczkowych. Jak podaje Kazakow i inni [7], gęstość usypna surowców i mieszanek paszowych waha się w znacznym zakresie - od $0,31 \text{ kg/dm}^3$ (otręby pszenne) do $0,76 \text{ kg/dm}^3$ (groch).

Sposób wykonania samego oznaczenia jest prosty, aczkolwiek uzyskiwane wyniki uzależnione są od szeregu czynników. Praktycznie do typowych oznaczeń najczęściej stosuje się naczynie o pojemności 1 dm^3 . Naczynia o tej pojemności stosują także Farbman i Baranow [3]. Wysokość zsypywania surowca do pojemników można przyjąć jako stałą, ponieważ różnice w wysokości zsypywania (obliczonej zwykle według poniższego wzoru) nie są tak istotne dla przeważającej ilości surowców:

$$h_{zs} = \frac{D}{2} \cdot \text{tg} \alpha + 10$$

gdzie:

D - średnica naczynia w mm,

α - kąt podstawy stożka utworzonego przez surowiec usypany z nadmiarem na naczyniu pomiarowym.

Z własnych doświadczeń wynika, że największy błąd w tym prostym oznaczeniu może powstawać w wyniku używania do pomiaru różnej objętości próbki oraz różnego sposobu zgarniania nadmiaru surowca z naczynia pomiarowego. Dlatego też proponuje się przyjmować do wykonania każdego oznaczenia próbkę o objętości około półtora razy większej od pojemności naczynia oraz przyjąć we wszystkich pomiarach stały sposób zgarniania nadmiaru surowca (co jest istotne dla materiału gruboziarnistego a w tym szczególnie pasz aglomerowanych).

Obok gęstości usypnej może być także określana gęstość utrzęsiona za pomocą urządzenia typu Backer-Rosenmüller. Zasada oznaczania polega na wsypaniu do men-

zurki urządzenia 250 ml materiału, a następnie utrząsaniu go przy amplitudzie 20 mm i częstotliwości wstrząsów 250 min.⁻¹ Po zakończeniu pomiaru masa próbki jest odnoszona do objętości materiału odczytanego po utrząsieniu. Przy wykonaniu tego oznaczenia istotne jest również napełnianie menzurki, ponieważ przy wypełnianiu pojemności menzurki następuje „wstępne zagęszczenie” materiału przez spadające cząstki. Próba odsypania nadmiaru materiału prawie w każdym przypadku spowoduje uzyskanie wyniku znacznie odbiegającego od wartości prawidłowej.

Na podstawie powyższych danych można też obliczyć stopień zagęszczenia surowca (stosunek gęstości utrząsionej do usypnej), zależny przede wszystkim od składu granulometrycznego materiału.

Współczynnik tarcia wewnętrznego i zewnętrznego

Metody wykonywania tych oznaczeń są bardzo zróżnicowane i stanowią przedmiot szeregu opracowań, dlatego też zrezygnowano ze szczegółowego ich omawiania.

W odniesieniu do materiałów paszowych szerokie badania nad współczynnikiem tarcia wewnętrznego przeprowadzili Płatonow i inni [13]. W postaci odpowiednich równań wyrazili oni zależność współczynnika tarcia wewnętrznego od składu granulometrycznego, gęstości usypnej i wilgotności. Lwow [9] określał współczynnik tarcia wewnętrznego i zewnętrznego dla pasz drobiowych i trzodowych, sypkich i granulowanych - przy różnym nacisku jednostkowym i różnej prędkości poślizgu.

Pomiary współczynnika tarcia wewnętrznego surowców paszowych prowadził także Kazakow i inni [7], według których wartość tego współczynnika odróżnia się szczególnie dla mączki z trawy (0,96-1,23), rozdrobnionego owsa (0,77-0,96) i mączki rybnej (0,73-0,83). Dla prowadzenia szczegółowych rozważań w tym zakresie istnieje dosyć obszerna literatura.

Kąt zsypu i usypu naturalnego

Kąt zsypu charakteryzuje ruchliwość cząstek materiału względem powierzchni, po której się przemieszczają. Oznaczenie jego polega na usypaniu i wyrównaniu cienkiej warstwy materiału na ruchomej, przechylnej płycie szklanej. Za wynik oznaczenia przyjmuje się odczytany kąt pochylenia płyty pomiarowej, przy którym nastąpiło gwałtowne obsunięcie się przeważającej części materiału.

Kąt usypu naturalnego (kąt podstawy stożka utworzonego przez swobodnie usypany materiał) charakteryzuje ruchliwość cząstek jednych względem drugich. Dla dobrze sypkich materiałów równy jest on kątowi tarcia wewnętrznego. Jak podaje Kazakow i inni [7], przy wilgotności surowców 9 do 12,5% wartość jego waha się od 39 do 46°. Dla surowców trudnozsypnych jest on porównywalnie większy. Zmienia się on w zależności od wilgotności, stopnia rozdrobnienia, stanu powierzchni cząstek itd.

Sypkość

Cecha ta charakteryzuje własności surowców i mieszanek paszowych do wpływu ze zbiornika przez otwór wylotowy o ustalonych wymiarach. Badania prowadzone przez Majera i innych [10] wykazały, że sypka mieszanina może charakteryzować się lepszymi właściwościami technologicznymi aniżeli odrębnie badane jej składniki. Przykładowo, jeśli sypkość mączki mięsno-kostnej wynosiła $7,4 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$, rybnej - 4,5, z trawy - 2,7, drożdży - 4,1, to w mieszaninie tych komponentów wskaźnik ten równy był $5,5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$.

Wnioski

Przeprowadzenie pomiarów właściwości fizycznych jest jedną z podstaw oceny surowców i mieszanek paszowych. Scharakteryzowanie właściwości materiału pozwala także na opis warunków prowadzenia danego procesu technologicznego, jak i wzajemnego oddziaływania układu surowiec-maszyna-parametry technologiczne - gotowy produkt.

Dokonany przegląd właściwości fizycznych materiałów paszowych wskazuje ponadto na celowość rozszerzenia badań w tym zakresie, a już szczególnie na konieczność ustalenia mierzalnych wartości kryterialnych. Wydaje się, że szczególnie istotne byłoby powiązanie niektórych właściwości fizycznych pasz z efektami żywieniowymi.

Piśmiennictwo

1. ASAE Standard S 269: Wafers, pellets and crumbles: definitions and methods for determining specific weight, durability and moisture content. Agric. Engineers Yearbook, ASAE ed., St. Joseph, Michigan, 1966, 269-271.
2. Ekielski L.: Metody określania ważniejszych cech fizycznych i jakościowych brykietów. Roczn. Nauk. Zoot., 1980, 15.
3. Farbman G., Baranow J.: Fizykomechaniczne właściwości granul z trawianoj muki. Muk. Elew. i Komb. Prom., 1972, 1.
4. Grassland Research Institute Hurley: Crop drying and processing dry sieving. Sept. 70 report H 08.
5. Israelsen M.: Tørrret giøfnofers fysike struktur, 8-11. Bindemiddler, 21-35, Bioteknik Institut bevetning 1975, nr 72.
6. Kamiński E., Mulka C., Tyłzanowski J.: Ciepło właściwe niektórych surowców paszowych. Biul. Inf. Przem. Pasz., 1974, 1.
7. Kazakow E., Gonczarowa Z., Leonowa Ł.: Fiziko-mechaniczne właściwości ingredientów kombikormów. Muk. Elew. Prom. 1971, 10.
8. Kwiatkowski M., Rodzeń M.: Metodyka pomiaru gęstości właściwej surowców i mieszanek paszowych. Biul. Inf. Przem. Pasz., 1983, 2.

9. Lwow W.: K woprosu o fiziko-mechaniceskije swoistwa kombikormow. Muk. Elew. i Komb. Prom 1976. 7.
10. Majer R., Maznik M., Konstantinow A., Starcew W.: Predwaritelnoje smiesziwane komponentow - ważnyj faktor ułuczszenia kaczestwa kombikormow. Muk. Elew. i Komb. Prom., 1976, 11.
11. Melcion J., Delort-Laval J.: Prevision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants. INRA Nantes, Publ. 1981, 307-323.
12. Parafenow W.: Ob izmeneni płotnosti w granułach. Muk. Elew. i Komb. Prom., 1972, 1.
13. Płatonow P., Karnaussenko Ł., Głuszkow W.: O koeffigientie wnutrennowo trenja zerna. Muk. Elew. Prom., 1969, 8.

J. Grochowicz, J. Laskowski

METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF FODDER RAW MATERIALS AND MIXTURES

S u m m a r y

In the fodder industry production is based on plant materials. The large quantities of raw materials used, as well as the various forms of their initial preparation, result in the fact that in the course of production the material processed is characterized by an exceptional variability in its physical properties.

This situation results in the fact that for a number of years studies have been conducted, their objective being to determine the effect of the material properties on the course of such basic processes as diminution, mixing or dosage. In the final effect the physical properties of raw materials determine the quality of the fodder mixture obtained.

The paper presents methods for the determination of basic properties of plant materials that have a significant effect both on the course of technological processes and on the quality of fodder mixture obtained. It also proposes necessary kinds of determination of the physical properties of raw materials for the analysis of particular technological processes.

Ю. Грохович, Я. Лясковски

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫРЬЯ И КОРМОСМЕСЕЙ

Р е з ю м е

В кормовой промышленности основу продукции составляет растительное сырье. Значительное количество используемого сырья как и разные виды предварительной переработки вызывают то, что во время продук-

ции подвергаемый обработке материал отличается исключительно большой изменчивостью физических свойств. Эта ситуация вызывает также то, что уже несколько лет ведутся работы, имеющие целью установление влияния свойств сырья на развитие таких основных процессов, как размельчение, смешивание или дозирование. От физических свойств сырья в конечном эффекте зависит качество получаемой кормосмеси. В разработке представлено методы определения основных свойств растительного сырья, имеющих существенное влияние на развитие технологических процессов как и качество получаемой кормосмеси. Предложено также необходимые виды определений физических свойств сырья при анализировании отдельных технологических процессов.