

OCENA WARTOŚCI ENERGETYCZNEJ KONCENTRATU SŁONECZNIKOWEGO K2 DLA ŚWIŃ Z UŻYCIEM RÓŻNYCH PODEJŚĆ

W nowoczesnej hodowli trzody chlewnej wartość energetyczna paszy jest jednym z kluczowych czynników wpływających na efektywność produkcji wieprzowiny. Sama energia jest głównym czynnikiem ograniczającym wzrost, rozwój i produktywność zwierząt, zapewniając przebieg wszystkich procesów fizjologicznych i metabolicznych w organizmie. Niedobór lub nadmiar energii w racjonalnej diecie prowadzi do zahamowania wzrostu, obniżenia wykorzystania paszy, nieracjonalnego wykorzystania składników odżywczych, a w konsekwencji do strat ekonomicznych.

Kwestia dokładnego określenia wartości energetycznej paszy jest szczególnie istotna z uwagi na fakt, że pasza odpowiada za główny wzrost kosztów produkcji wieprzowiny – w wartościach bezwzględnych od 60 do 75%. W takich warunkach nawet drobne błędy w ocenie wartości energetycznej mogą prowadzić do znacznego przeinwestowania zasobów paszowych lub do niedostatecznej wydajności zwierząt.

Racjonalne zbilansowanie dawek pokarmowych i mieszanek paszowych pod względem energetycznym pozwala w pełni wykorzystać potencjał genetyczny świń, zwiększyć efektywność wykorzystania składników odżywczych i obniżyć koszty paszy na jednostkę produkcji. Dlatego precyzyjne i oparte na badaniach naukowych metody określania energetycznej wartości odżywczej pasz są niezbędnym warunkiem optymalizacji żywienia w warunkach nowoczesnej, intensywnej hodowli trzody chlewnej.

Szczególnej uwagi wymaga ocena energetycznej wartości odżywczej nowych składników paszowych oraz niestandardowych źródeł białka i energii, które są coraz częściej wykorzystywane w produkcji pasz złożonych. Aby prawidłowo uwzględnić te składniki w odpowiednich dawkach, konieczne jest obiektywne określenie ich wartości energetycznej i poziomu wykorzystania przez organizm zwierzęcia. We współczesnej praktyce naukowej metody określania energetycznej wartości odżywczej pasz dla trzody chlewnej można warunkowo łączyć w kilka głównych grup.

1. Metody fizykokalorymetryczne oznaczania energii.

Ta grupa metod opiera się na bezpośrednim pomiarze energii cieplnej zawartej w paszy lub uwalnianej podczas jej metabolizmu. Najczęściej stosuje się oznaczanie energii brutto paszy poprzez całkowite spalanie próbki w bombie kalorymetrycznej. Wynikiem jest ilość ciepła uwalnianego podczas utleniania materii organicznej w paszy.

Do tej samej grupy należą metody kalorymetrii bezpośredniej i pośredniej, stosowane w eksperymentach na zwierzętach. Kalorymetria bezpośrednia polega na pomiarze ciepła uwalnianego przez organizm zwierzęcia w specjalnych komorach kalorymetrycznych, natomiast kalorymetria

pośrednia opiera się na określeniu wymiany gazowej (zużycia tlenu i wydzielania dwutlenku węgla) oraz na obliczeniu wydzielanego ciepła. Takie metody pozwalają na ocenę wykorzystania energii zawartej w paszy na poziomie metabolicznym oraz wyznaczenie wskaźników energetycznych netto. Zatem w ramach tej grupy metod możliwe jest określenie różnorodnych charakterystyk energetycznych – od energii brutto paszy po straty ciepła organizmu podczas przyswajania składników odżywczych.

2. Metody bilansowe i wskaźnikowe w badaniach na zwierzętach.

Ta grupa metod opiera się na ocenie wykorzystania energii paszy bezpośrednio w organizmie zwierzęcia poprzez przeprowadzanie specjalistycznych eksperymentów fizjologicznych. Klasycznym podejściem jest metoda bilansowa, która uwzględnia ilość spożytej paszy oraz straty energii z kałem, moczem i gazami. Na podstawie takich badań wyznacza się wskaźniki energii strawnej i metabolicznej paszy.

W ramach tej grupy szeroko stosowane są również eksperymenty mające na celu określenie strawności składników odżywczych, co pozwala na wyznaczenie współczynników ich przyswajalności i na tej podstawie obliczenie wartości energetycznej paszy.

Odrębną odmianą są metody wskaźnikowe (markerowe), w których do paszy dodaje się substancje obojętne – na przykład tlenek chromu lub dwutlenek tytanu. Stosunek stężeń markerów w paszy i odchodach określa współczynniki strawności energetycznej bez konieczności pełnego pobrania kału, co znacznie upraszcza prowadzenie eksperymentów. Zatem w ramach tej grupy wyróżnia się kilka podejść – klasyczne eksperymenty bilansowe, badania strawności składników odżywczych oraz metody wskaźnikowe – które różnią się złożonością przeprowadzenia, dokładnością i ilością uzyskanych informacji.

3. Metody obliczeniowe oceny wartości energetycznej pasz.

Metody te opierają się na wykorzystaniu wyników analizy chemicznej pasz. Na podstawie zawartości podstawowych składników odżywczych (białka surowego, tłuszczu, włókna, ekstraktów bezazotowych itp.) wartość energetyczna paszy jest obliczana za pomocą specjalnych równań empirycznych.

W praktyce światowej stosuje się w tym celu różne systemy i modele, w szczególności NRC, Noblet czy INRA. W zależności od zastosowanego modelu można wyznaczyć wskaźniki energii strawnej, metabolicznej lub netto.

Zaletą metod obliczeniowych jest ich efektywność i możliwość szybkiej oceny dużej liczby składników paszowych, jednak dokładność takich obliczeń w dużej mierze zależy od jakości danych wyjściowych i poprawności zastosowanych modeli.

Aby zwiększyć efektywność wykorzystania krajowych zasobów paszowych, istotne jest zbadanie nowych składników wysokobiałkowych, w szczególności koncentratu słonecznikowego K2.

Głównym celem niniejszej pracy jest określenie jego wartości energetycznej i ocena perspektyw wykorzystania w żywieniu trzody chlewnej.

Koncentrat słonecznikowy K2 charakteryzuje się wysokim poziomem wartości odżywczych: zawartość suchej masy wynosi 91,1%, białka surowego – 44,4%, tłuszczu surowego – 1,4%, popiołu – 6,9%, a włókna surowego – zaledwie 9,8%.

W porównaniu z tradycyjną śrutą słonecznikową, która zazwyczaj zawiera 30–36% białka surowego i 16–22% włókna surowego, koncentrat K2 charakteryzuje się znacznie obniżonym poziomem włókna i znacząco wyższym stężeniem białka. Taki stosunek składników odżywczych uzyskuje się poprzez usunięcie łupin nasiennych, które są głównym źródłem węglowodanów strukturalnych.

Obniżenie zawartości włókna surowego z ~18–20% do 9,8% przy jednoczesnym zwiększeniu poziomu białka do 44,4% stwarza warunki do poprawy strawności składników odżywczych. Mniejsza ilość włókna zmniejsza ograniczenie dostępu enzymów do składników odżywczych, co prawdopodobnie przyczynia się do efektywniejszego trawienia paszy oraz wzrostu poziomu energii metabolizowalnej i netto.

Ponadto koncentrat charakteryzuje się odpowiednio wysoką zawartością aminokwasów, w szczególności lizyny – 1,82% (SID – 1,53%), metioniny – 1,0% i treoniny – 1,81%, co dodatkowo zwiększa jego wartość paszową.

Zatem, biorąc pod uwagę ulepszony skład chemiczny, obniżony poziom węglowodanów strukturalnych i zwiększoną koncentrację składników odżywczych, można założyć, że koncentrat słonecznikowy K2 charakteryzuje się wyższą wartością energetyczną w porównaniu z tradycyjną śrutą słonecznikową. Uzasadnia to potrzebę eksperymentalnego określenia jego wartości energetycznej i efektywności stosowania w dietach dla trzody chlewnej.

Biorąc pod uwagę dostępne dane dotyczące składu chemicznego koncentratu słonecznikowego K2, a także złożoność i faktyczną niemożność przeprowadzenia pełnowartościowych badań bilansowych, szczególnie na trzodzie chlewnej w nowoczesnych warunkach, w celu rozwiązania problemu wskazane jest zastosowanie metod obliczeniowych do oceny żywienia energetycznego.

Takie podejście opiera się na wykorzystaniu wskaźników składu chemicznego paszy (zawartość białka surowego, tłuszczu, włókna i innych składników) i pozwala, za pomocą zwalidowanych równań (w szczególności systemów NRC, Noblet, INRA), określić poziomy energii strawnej (DE), metabolizowalnej (ME) i netto (NE) specjalnie dla świń.

Biorąc pod uwagę charakterystykę badanego produktu i postawiony cel, wskazane jest zastosowanie podejścia Noblet w niniejszej pracy. System ten został opracowany specjalnie dla świń i zapewnia dokładniejszą ocenę żywienia energetycznego poprzez określenie energii netto (NE) z uwzględnieniem efektywności wykorzystania poszczególnych składników odżywczych.

Ważną zaletą metody Noblet jest jej wysoka wrażliwość na zawartość włókna i węglowodanów strukturalnych, co ma fundamentalne znaczenie przy ocenie koncentratu słonecznikowego K2 o

obniżonej zawartości włókna surowego. Pozwala to na bardziej obiektywną ocenę wpływu zmian składu chemicznego na wartość energetyczną paszy. Metoda Nobleta opiera się na wynikach badań eksperymentalnych na dużą skalę, w których wartość energetyczna pasz dla świń była określana za pomocą komór oddechowych. W badaniu oceniono 61 diet dla świń.

o masie ciała około 45 kg, dla których wyznaczono wskaźniki strawności (DE), metabolicznej (ME) i energii netto (NE). Uzyskane wyniki stały się podstawą opracowania równań do prognozowania energii netto pasz dla trzody chlewnej na podstawie ich składu chemicznego, co stanowiło podstawę współczesnego systemu Noblet.

Oznaczanie energii strawnej (DE)

Energię strawną obliczono zgodnie z równaniem Nobleta i Pereza (1993):

$$DE = 4151 - 122 \times \text{Ash} - 52 \times \text{CF} + 23 \times \text{CP} + 38 \times \text{EE}$$

Podstawiając wartości składu chemicznego, otrzymano:

$$DE = 4151 - 122 \times 6,9 - 52 \times 9,8 + 23 \times 44,4 + 38 \times 1,4$$

$$DE = 3874 \text{ kcal/kg}$$

Oznaczanie energii metabolicznej (ME)

Energię metaboliczną zdefiniowano jako 96% energii strawnej:

$$ME = 0,96 \times DE = 0,96 \times 3874 \text{ kcal/kg}$$

Oznaczanie energii netto (NE)

Energię netto obliczono zgodnie z równaniem regresji zaproponowanym przez Nobleta i in. (1994), która uwzględnia różną efektywność wykorzystania energii ze składników odżywczych:

$$NE = 0,700 \times DE + 1,61 \times \text{EE} - 0,91 \times \text{CP} - 0,87 \times \text{ADF}$$

gdzie ADF = 14,8%.

$$NE = 0,700 \times 3874 + 1,61 \times 1,4 - 0,91 \times 44,4 - 0,87 \times 14,8$$

$$NE = 2661 \text{ kcal/kg}$$

Podsumowanie wyników

W wyniku obliczeń stwierdzono, że wartość energetyczna koncentratu słonecznikowego K2 wynosi:

energia strawna (DE) — 3874 kcal/kg,

energia metaboliczna (ME) — 3719 kcal/kg,

energia netto (NE) — 2661 kcal/kg.

Uzyskane wyniki wskazują na wysoką wartość energetyczną badanego produktu. Wyższa wartość NE w porównaniu z tradycyjną śrutą słonecznikową może wynikać z obniżonej zawartości

włókna surowego i wyższego stężenia składników odżywczych, co przyczynia się do bardziej efektywnego wykorzystania energii przez organizm świni.

Jednak obliczone wartości mogą nieznacznie różnić się od rzeczywistych wskaźników, co wynika z zastosowania równań uogólnionych i braku danych eksperymentalnych dotyczących rzeczywistej strawności składników odżywczych w tym produkcie.

Obliczanie energetycznej wartości odżywczej pasz wyłącznie na podstawie ich składu chemicznego ma ograniczoną dokładność, ponieważ nie uwzględnia rzeczywistej dostępności składników odżywczych dla organizmu zwierzęcia. W tym względzie, do wyjaśnienia wartości energetycznej koncentratu słonecznikowego K2 wykorzystano dane eksperymentalne z Bangkok Animal Research Center (Tajlandia), w których określono współczynniki strawności składników odżywczych dla podobnego, wysokobiałkowego koncentratu słonecznikowego.

Badanie wykazało, że współczynnik strawności białka surowego wynosi 95,72%, tłuszczu surowego – 94,59%, włókna surowego – 63,40%, a skrobi – 95,72%.

Dla prawidłowego obliczenia określono zawartość ekstraktów bezazotowych (BER), która wyniosła 37,5%. Biorąc pod uwagę współczynniki strawności, stwierdzono, że zawartość białka strawnego wynosi 42,49%, tłuszczu strawnego – 1,32%, włókna strawnego – 6,21%, a BER strawnego – 35,90%.

Na podstawie ekwiwalentów energetycznych składników odżywczych (białko – 5,65 kcal/g, tłuszcz – 9,40 kcal/g, węglowodany – 4,10 kcal/g) ustalono, że energia strawna (DE) koncentratu słonecznikowego K2 wynosi 4251 kcal/kg.

Energię metaboliczną (ME) określono zgodnie z podejściem przyjętym w systemie Noblet jako 96% DE:

$$ME=0,96 \times DE=0,96 \times 4251=4081 \text{ kcal/kg}$$

Energię netto (NE) obliczono według koncepcji Nobleta z uwzględnieniem średniego współczynnika wykorzystania energii metabolicznej:

$$NE=0,74 \times ME=0,74 \times 4081=3020 \text{ kcal/kg}$$

У результаті встановлено, що енергетична поживність соняшникового концентрату K2 становить:

- DE — 4251 kilo/kg,
- ME — 4081 kilo/kg,
- NE — 3020 kilo/kg.

Uzyskane wartości wskazują na znacznie wyższą wartość odżywczą energii w porównaniu z obliczeniami z wykorzystaniem równań Nobleta opartych na składzie chemicznym. Wynika to z uwzględnienia wysokich współczynników strawności składników odżywczych, w szczególności

białka i węglowodanów. Jednocześnie należy zauważyć, że zastosowanie uogólnionych współczynników strawności może prowadzić do pewnego przeszacowania wskaźników energii netto, ponieważ nie uwzględnia się indywidualnych cech metabolizmu i strat energii na produkcję ciepła.

W celu dodatkowej oceny wartości odżywczej energii koncentratu słonecznikowego K2 zastosowano metodę regresji krajowej w celu określenia energii metabolicznej na podstawie zawartości strawnych składników odżywczych. Obliczenia przeprowadzono za pomocą równania uwzględniającego udział białka strawnego, tłuszczu, włókna i ekstraktów bezazotowych w kształtowaniu wartości energetycznej paszy.

Biorąc pod uwagę wcześniej wyznaczone wartości przyswajalnych składników odżywczych (białko przyswajalne – 424,9 g/kg, tłuszcz – 13,2 g/kg, błonnik – 62,1 g/kg, BER – 359,0 g/kg), ustalono, że energia metaboliczna wynosi 16313 kJ/kg, czyli 3897 kcal/kg.

Dalsze obliczenia energii netto przeprowadzono zgodnie z metodą Nobleta, wykorzystując średni współczynnik wykorzystania energii metabolicznej (0,74). W rezultacie ustalono, że energia netto koncentratu słonecznikowego K2 wynosi 2884 kcal/kg.

Porównawcza ocena wartości energetycznej i odżywczej koncentratu słonecznikowego K2 różnymi metodami

Metoda oceny	Rodzaje odżywiania energetycznego			Cechy metody
	DE, ккал/кг	ME, ккал/кг	NE, ккал/кг	
Obliczenia za pomocą równań Noblet & Perez (1993) ta Noblet et al. (1994)	3874	3719	2661	Ocena na podstawie składu chemicznego paszy
Obliczenia oparte na współczynnikach strawności z eksperymentu (Tajlandia)	4251	4081	3020	Do badań wykorzystano eksperymentalne współczynniki strawności składników odżywczych
Obliczenia według krajowego równania regresji energii wymiany z dalszą definicją NE za Noblet	—	3897	2884	Ocena strawności składników odżywczych

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartość energetyczna koncentratu słonecznikowego K2 istotnie zależy od wybranej metody oceny.

Wnioski

Najbliższa rzeczywistości oszacowaniu jest wartość energetyczna koncentratu słonecznikowego K2 uzyskana za pomocą równań Nobleta (≈ 2660 kcal/kg NE), lub nieco wyższa, biorąc pod uwagę ulepszony skład chemiczny produktu (≈ 2700 – 2850 kcal/kg). Wynika to z faktu, że system Nobleta opiera się na dużej liczbie bezpośrednich eksperymentów na świniami i uwzględnia fizjologiczne straty energii, w szczególności efekt termiczny składników odżywczych, co ma fundamentalne znaczenie w przypadku pasz wysokobiałkowych.

Metoda oparta na wykorzystaniu współczynników strawności (3020 kcal/kg) prawdopodobnie przecenia wartość energetyczną, ponieważ wykorzystuje uogólnione i zbyt wysokie współczynniki strawności i nie uwzględnia w wystarczającym stopniu strat energii w metabolizmie. Jednocześnie krajowe podejście regresyjne daje szacunki pośrednie, które częściowo zbliżają się do wartości rzeczywistych, ale zależą również od dokładności oznaczenia strawnych składników odżywczych.

Dlatego najbardziej rozsądny zakres energii netto koncentratu słonecznikowego K2 wynosi około 2700–2850 kcal/kg, a wartości te są prawdopodobnie bliższe dolnej granicy tego zakresu. Wartości powyżej 3000 kcal/kg należy uznać za mało prawdopodobne bez potwierdzenia w bezpośrednich badaniach eksperymentalnych na świniach.

Perspektywy dalszych badań

Obiecującym kierunkiem dalszych badań jest eksperymentalne określenie wartości energetycznej koncentratu słonecznikowego K2 bezpośrednio u świń, z wykorzystaniem metod bilansowych lub wskaźnikowych.

Należy zwrócić szczególną uwagę na:

- określenie energii strawnej i metabolicznej w eksperymentach fizjologicznych;
- oszacowanie energii netto za pomocą kalorymetrii pośredniej;
- wyznaczenie współczynników strawności aminokwasów (SID);
- badanie wpływu produktu na wydajność i wykorzystanie paszy.

Uzyskane wyniki pozwolą na udoskonalenie istniejących modeli oceny wartości energetycznej pożywienia i zwiększenie dokładności formułowania racji żywieniowych.

Sources:

Noblet, J., & Perez, J. M. (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *Journal of Animal Science*, 71(12), 3389–3398.

Noblet, J., Fortune, H., Shi, X. S., & Dubois, S. (1994). Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 72(2), 344–354.

Mykhailo SYCHOV

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Head of the Department of Animal Nutrition and Feed Technology named after P.D. Pshenichny National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine