

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЖИВНОСТІ СОНЯШНИКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ К2 ДЛЯ СВИНЕЙ ЗА РІЗНИМИ ПІДХОДАМИ

У сучасному свинарстві енергетична поживність кормів є одним із ключових факторів, що визначають ефективність виробництва свинини. Саме енергія виступає головним лімітуючим чинником росту, розвитку та продуктивності тварин, оскільки забезпечує перебіг усіх фізіологічних і метаболічних процесів в організмі. Недостатній або, навпаки, надлишковий рівень енергії в раціоні призводить до зниження приростів, погіршення конверсії корму, нераціонального використання поживних речовин і, як наслідок, до економічних втрат.

Особливої актуальності питання точного визначення енергетичної цінності кормів набуває у зв'язку з тим, що корми становлять основну частку собівартості виробництва свинини — за різними оцінками, від 60 до 75 %. У таких умовах навіть незначні похибки в оцінці енергетичної поживності можуть призводити до суттєвого перевитрачання кормових ресурсів або недоотримання продуктивності тварин.

Рациональне балансування раціонів та рецептур комбікормів за енергією дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал свиней, підвищити ефективність використання поживних речовин і знизити витрати кормів на одиницю продукції. Саме тому точні та науково обґрунтовані методи визначення енергетичної поживності кормів є необхідною передумовою для оптимізації годівлі у сучасних умовах інтенсивного свинарства.

Окремої уваги потребує оцінка енергетичної поживності нових кормових інгредієнтів і нетрадиційних джерел протеїну та енергії, які дедалі частіше використовуються у виробництві комбікормів. Для правильного включення таких компонентів до складу раціонів необхідно об'єктивно визначити їхню енергетичну цінність та ступінь використання організмом тварин. У сучасній науковій практиці методи визначення енергетичної поживності кормів для свиней умовно можна об'єднати у кілька основних груп.

1. Фізико-калориметричні методи визначення енергії.

Ця група методів базується на прямому вимірюванні теплової енергії, що міститься у кормі або виділяється в процесі його метаболізму. Найпоширенішим є визначення валової енергії корму шляхом повного згоряння зразка у бомбовому калориметрі. У результаті отримують кількість тепла, що виділяється під час окиснення органічної речовини корму.

До цієї ж групи належать методи прямої та непрямой калориметрії, які застосовують у досліджах на тваринах. Пряма калориметрія передбачає вимірювання тепла, що виділяється організмом тварини у спеціальних калориметричних камерах, тоді як непрямая калориметрія ґрунтується на визначенні газообміну (споживання кисню та виділення вуглекислого газу) і подальшому розрахунку тепловиділення. Такі методи дозволяють оцінювати використання енергії корму на рівні метаболізму та визначати показники чистої енергії.

Таким чином, у межах цієї групи методів можливе визначення різних енергетичних характеристик — від валової енергії корму до теплових втрат організму під час засвоєння поживних речовин.

2. Балансові та індикаторні методи досліджень на тваринах.

Ця група методів базується на оцінці використання енергії корму безпосередньо в організмі тварин шляхом проведення спеціальних фізіологічних дослідів. Класичним підходом є балансовий метод, при якому враховують кількість спожитого корму та енергетичні втрати з калом, сечею і газами. На основі таких досліджень визначають показники перетравної та обмінної енергії корму.

У межах цієї групи також широко застосовуються досліді з визначення перетравності поживних речовин, що дозволяє встановити коефіцієнти їх засвоєння і на цій основі розрахувати енергетичну цінність корму.

Окремим різновидом є індикаторні (маркерні) методи, при яких до корму додають інертні речовини — наприклад, оксид хрому або діоксид титану. За співвідношенням концентрації маркерів у кормі та екскрементах визначають коефіцієнти перетравності енергії без необхідності повного збору калу, що значно спрощує проведення експериментів.

Таким чином, у межах цієї групи існує кілька підходів — класичні балансові досліді, дослідження перетравності поживних речовин та індикаторні методики, які відрізняються за складністю проведення, точністю та обсягом отриманої інформації.

3. Розрахункові методи оцінки енергетичної поживності.

Ці методи базуються на використанні результатів хімічного аналізу кормів. На основі вмісту основних поживних речовин (сирого протеїну, жиру, клітковини, безазотистих екстрактивних речовин та ін.) за допомогою спеціальних емпіричних рівнянь розраховують енергетичну цінність корму.

У світовій практиці для цього використовують різні системи та моделі, зокрема NRC, Noblet або INRA. Залежно від використаної моделі можуть визначатися показники перетравної, обмінної або чистої енергії.

Перевагою розрахункових методів є їх оперативність і можливість швидкої оцінки великої кількості кормових інгредієнтів, однак точність таких розрахунків значною мірою залежить від якості вихідних даних та коректності застосованих моделей.

З метою підвищення ефективності використання вітчизняних кормових ресурсів актуальним є дослідження нових високобілкових інгредієнтів, зокрема соняшникового концентрату K2. Основним завданням даної роботи є визначення його енергетичної поживності та оцінка перспектив використання у годівлі свиней.

Соняшниковий концентрат K2 характеризується високим рівнем поживності: вміст сухої речовини становить 91,1 %, сирого протеїну — 44,4 %, сирого жиру — 1,4 %, золи — 6,9 % та сирі клітковини — лише 9,8 % .

Порівняно з традиційним соняшниковим шротом, який зазвичай містить 30–36 % сирого протеїну та 16–22 % сирі клітковини, концентрат K2 має суттєво знижений рівень клітковини та значно вищу концентрацію протеїну. Таке співвідношення поживних речовин досягається за рахунок видалення оболонки насіння, що є основним джерелом структурних вуглеводів.

Зниження вмісту сирі клітковини з ~18–20 % до 9,8 % та одночасне підвищення рівня протеїну до 44,4 % створює передумови для покращення перетравності поживних речовин. Менша кількість клітковини знижує обмеження доступу ферментів до нутрієнтів, що, ймовірно, сприяє більш ефективному засвоєнню корму та підвищенню рівня обмінної і чистої енергії.

Крім того, концентрат характеризується достатньо високим вмістом амінокислот, зокрема лізину — 1,82 % (SID — 1,53 %), метіоніну — 1,0 % та треоніну — 1,81 % , що додатково підвищує його кормову цінність.

Таким чином, з огляду на покращений хімічний склад, зниження рівня структурних вуглеводів та підвищення концентрації поживних речовин, можна припустити, що соняшниковий концентрат K2 має вищу енергетичну поживність порівняно з традиційним соняшниковим шротом. Це обґрунтовує необхідність експериментального визначення його енергетичної цінності та ефективності використання у раціонах свиней.

З огляду на наявні дані щодо хімічного складу соняшникового концентрату K2, а також складність і фактичну неможливість проведення повноцінних балансових досліджень саме на свинях у сучасних умовах, для вирішення поставленого завдання доцільно застосувати розрахункові методи оцінки енергетичної поживності.

Такі підходи базуються на використанні показників хімічного складу корму (вміст сирого протеїну, жиру, клітковини та інших компонентів) і дозволяють за допомогою валідованих рівнянь (зокрема систем NRC, Noblet, INRA) визначати рівні перетравної (DE), обмінної (ME) та чистої енергії (NE) саме для свиней.

З огляду на особливості досліджуваного продукту та поставлену мету, у даній роботі доцільно використовувати підхід Noblet. Ця система розроблена безпосередньо для свиней і забезпечує більш точну оцінку енергетичної поживності за рахунок визначення чистої енергії (NE) з урахуванням ефективності використання окремих поживних речовин.

Важливою перевагою методу Noblet є його висока чутливість до вмісту клітковини та структурних вуглеводів, що має принципове значення при оцінці соняшникового концентрату K2 із пониженим рівнем сирі клітковини. Це дозволяє більш об'єктивно оцінити

вплив зміни хімічного складу на енергетичну цінність корму. В основу методу Noblet покладено результати масштабних експериментальних досліджень, у яких енергетичну цінність кормів визначали на свинях із використанням респіраційних камер. Зокрема, у дослідженні було оцінено 61 раціон на свинях живою масою близько 45 кг, для яких визначали показники перетравної (DE), обмінної (ME) та чистої енергії (NE). Отримані результати стали основою для розробки рівнянь прогнозування чистої енергії кормів для свиней за їх хімічним складом, що і лягло в основу сучасної системи Noblet.

Визначення перетравної енергії (DE)

Перетравну енергію розраховували за рівнянням Noblet & Perez (1993):

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

Підставляючи значення хімічного складу, отримано:

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

$$DE = 3874 \text{ ккал/кг}$$

Визначення обмінної енергії (ME)

Обмінну енергію визначали як 96 % від перетравної:

$$ME = 0,96 \times DE = 0,96 \times 3874 = 3719 \text{ ккал/кг}$$

Визначення чистої енергії (NE)

Розрахунок чистої енергії проводили за регресійним рівнянням, запропонованим Noblet et al. (1994), яке враховує різну ефективність використання енергії поживних речовин:

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

де ADF = 14,8 % .

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

$$NE = 2661 \text{ ккал/кг}$$

Узагальнення результатів

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

- перетравна енергія (DE) — **3874 ккал/кг**,
- обмінна енергія (ME) — **3719 ккал/кг**,
- чиста енергія (NE) — **2661 ккал/кг**.

Отримані результати свідчать про високий рівень енергетичної цінності досліджуваного продукту. Підвищене значення NE порівняно з традиційним соняшниковим шротом може бути пов'язане зі зниженим вмістом сирової клітковини та більшою концентрацією поживних речовин, що сприяє ефективнішому використанню енергії організмом свиней.

Разом з тим, розрахункові значення можуть дещо відрізнятись від фактичних показників, що зумовлено використанням узагальнених рівнянь та відсутністю експериментальних даних щодо реальної перетравності поживних речовин даного продукту.

Розрахунок енергетичної поживності кормів виключно на основі їх хімічного складу має обмежену точність, оскільки не враховує реальну доступність поживних речовин для організму тварин. У зв'язку з цим для уточнення енергетичної цінності соняшникового концентрату К2 було використано експериментальні дані Bangkok Animal Research Center (Таїланд), у яких визначено коефіцієнти перетравності поживних речовин для аналогічного високобілкового соняшникового концентрату.

У дослідженні встановлено, що коефіцієнт перетравності сирого протеїну становить 95,72 %, сирого жиру — 94,59 %, сирі клітковини — 63,40 %, а крохмалю — 95,72 %.

Для коректного розрахунку було визначено вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР), який становив 37,5 %. З урахуванням коефіцієнтів перетравності встановлено, що вміст перетравного протеїну становить 42,49 %, перетравного жиру — 1,32 %, перетравної клітковини — 6,21 %, а перетравних БЕР — 35,90 %.

На основі енергетичних еквівалентів поживних речовин (протеїн — 5,65 ккал/г, жир — 9,40 ккал/г, вуглеводи — 4,10 ккал/г) встановлено, що переварна енергія (DE) соняшникового концентрату К2 становить 4251 ккал/кг.

Обмінну енергію (ME) визначали за підходом, прийнятим у системі Noblet, як 96 % від DE:

$$ME = 0,96 \times DE = 0,96 \times 4251 = 4081 \text{ ккал/кг}$$

Чисту енергію (NE) розраховували відповідно до концепції Noblet з урахуванням середнього коефіцієнта використання обмінної енергії:

$$NE = 0,74 \times ME = 0,74 \times 4081 = 3020 \text{ ккал/кг}$$

У результаті встановлено, що енергетична поживність соняшникового концентрату К2 становить:

- **DE — 4251 ккал/кг,**
- **ME — 4081 ккал/кг,**
- **NE — 3020 ккал/кг.**

Отримані значення свідчать про значно вищу оцінку енергетичної поживності порівняно з розрахунками за рівняннями Noblet на основі хімічного складу. Це пояснюється врахуванням високих коефіцієнтів перетравності поживних речовин, зокрема протеїну та вуглеводів. Водночас слід зазначити, що застосування узагальнених коефіцієнтів

перетравності може призводити до певного завищення показників чистої енергії, оскільки не враховуються індивідуальні особливості метаболізму та втрати енергії на теплопродукцію.

Для додаткової оцінки енергетичної поживності соняшникового концентрату К2 було застосовано вітчизняний регресійний підхід до визначення обмінної енергії на основі вмісту перетравних поживних речовин. Розрахунок проводили за рівнянням, яке враховує внесок перетравного протеїну, жиру, клітковини та безазотистих екстрактивних речовин у формування енергетичної цінності корму.

З урахуванням раніше визначених значень перетравних поживних речовин (перетравний протеїн — 424,9 г/кг, жир — 13,2 г/кг, клітковина — 62,1 г/кг, БЕР — 359,0 г/кг) встановлено, що обмінна енергія становить 16313 кДж/кг, або 3897 ккал/кг.

Подальший розрахунок чистої енергії здійснювали відповідно до підходу Noblet, використовуючи середній коефіцієнт використання обмінної енергії (0,74). У результаті встановлено, що чиста енергія соняшникового концентрату К2 становить 2884 ккал/кг.

Порівняльна оцінка енергетичної поживності соняшникового концентрату К2 за різними методами

Метод оцінки	Види енергетичної поживності			Особливості методу
	DE, ккал/кг	ME, ккал/кг	NE, ккал/кг	
Розрахунок за рівняннями Noblet & Perez (1993) та Noblet et al. (1994)	3874	3719	2661	Оцінка на основі хімічного складу корму
Розрахунок на основі коефіцієнтів перетравності з експерименту (Таїланд)	4251	4081	3020	Використано експериментальні коефіцієнти перетравності поживних речовин
Розрахунок за вітчизняним регресійним рівнянням обмінної енергії з подальшим визначенням NE за Noblet	—	3897	2884	Оцінка за переварними поживними речовинами

У результаті проведених досліджень встановлено, що енергетична поживність соняшникового концентрату К2 істотно залежить від обраного методу оцінки.

Висновок

Найбільш наближеною до реальної є оцінка енергетичної поживності соняшникового концентрату К2, отримана за рівняннями Noblet (≈ 2660 ккал/кг NE), або дещо вища з урахуванням покращеного хімічного складу продукту (≈ 2700 – 2850 ккал/кг). Це пояснюється тим, що система Noblet базується на великій кількості прямих експериментів на свинях та враховує фізіологічні втрати енергії, зокрема тепловий ефект поживних речовин, що має принципове значення для високобілкових кормів.

Метод, заснований на використанні коефіцієнтів перетравності (3020 ккал/кг), ймовірно завищує енергетичну поживність, оскільки використовує узагальнені та надто високі коефіцієнти перетравності і недостатньо враховує втрати енергії на метаболізм. Водночас вітчизняний регресійний підхід дає проміжну оцінку, що частково наближається до реальних значень, однак також залежить від точності визначення перетравних поживних речовин.

Отже, найбільш обґрунтований діапазон чистої енергії для соняшникового концентрату К2 становить приблизно 2700–2850 ккал/кг, причому значення, ймовірно, ближчі до нижньої межі цього діапазону. Значення понад 3000 ккал/кг слід вважати малоімовірними без підтвердження у прямих експериментальних дослідженнях на свинях.

Перспективи подальших досліджень

Перспективним напрямом подальших досліджень є експериментальне визначення енергетичної поживності соняшникового концентрату К2 безпосередньо на свинях із використанням балансових або індикаторних методів.

Особливу увагу доцільно приділити:

- визначенню перетравної та обмінної енергії у фізіологічних дослідах;
- оцінці чистої енергії з використанням непрямой калориметрії;
- встановленню коефіцієнтів перетравності амінокислот (SID);
- дослідженню впливу продукту на продуктивність та конверсію корму.

Отримані результати дозволять уточнити існуючі моделі оцінки енергетичної поживності та підвищити точність формування раціонів.

Джерела:

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.

Михайло СИЧОВ

доктор с.-г. наук, професор,

завідувач кафедрою годівлі тварин та технології кормів ім. П.Д. Пшеничного

Національного університету біоресурсів і природокористування України