

УДК 636.085

Ю. В. Обертюх, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут кормів УААН

ВИКОРИСТАННЯ ПРОТЕЇНУ КОРМІВ ЖУЙНИМИ ТВАРИНАМИ

Представлено огляд досліджень по аналізу протеїнових фракцій кормів та використання протеїну жуйними тваринами.

Ключові слова: *протеїн, фракційний склад протеїну, розщеплюваний у рубці протеїн, нерозщеплюваний у рубці протеїн.*

Білок, це будівельний матеріал із якого побудований організм тварин. Протеїн, який споживає тварина, використовується на основний обмін, ріст, репродукцію та лактацію. Для забезпечення цих основних функцій

© Обертюх Ю.В., 2006

Корми і кормовиробництво. 2006. Вип. 58.

127

необхідно оптимізувати споживання протеїну для отримання максимальної ефективності.

Білки кормів побудовані з амінокислот і відрізняються за розміром, формою, функцією, розчинністю й амінокислотним складом. Білки класифікують на основі їх 3-мірної структури і розчинності. Альбуміни – кулеподібні білки розчинні у воді, лужних розчинах і нерозчинні в сольових розчинах та спирті. Глобуліни – розчинні в сольових лужних розчинах і малорозчинні у воді та спирті. Глютеліни – розчинні тільки в лужних розчинах. Проламіни – розчинні в 70 % спирті та лужних розчинах і нерозчинні у воді, сольових розчинах і абсолютному спирті. Гістони – розчинні у воді сольових розчинах і нерозчинні в розчині амонію. Волокнисті білки, такі як колагени, еластини і кератини нерозчинні у воді та сольових розчинах і стійкі до травних ферментів. Глобулярні білки містяться у всіх кормах, тоді як волокнисті в кормах тваринного походження. Альбуміни і глобулярні білки мають низьку молекулярну вагу, тоді як глютеліни і проламіни мають більшу молекулярну вагу і більше дисульфідних зв'язків. Білок зерна злаків містить багато глютеліну і проламіну, тоді як листя і стебла рослин містять переважно альбуміни. Для отримання класичних фракцій білка (альбуміни, глобуліни, проламіни і глютеліни) корм послідовно промивають водою, 0,5 % розчином NaCl, 80 % спиртом і 0,2 % розчином NaOH. Приблизно 65 % азоту від його загального вмісту, включаючи небілковий, можна екстрагувати таким чином, нерозчинний азот входить переважно до клітинних стінок, незруйнованих алейронових гранул, хлоропластів та термічно денатурованих білків [15].

Небілковий азот визначають як азот, що залишається у фільтраті після осадження білка вольфрамовою або трихлороцтовою кислотою. До небілкового азоту входять пептиди, амінокислоти, нуклеїнові кислоти, амід, аміни і аміак [7]. Кількість небілкового азоту підвищується при заготівлі та підготовці кормів до згодовування, так у свіжоскошеній бобовій і злаковій зеленій масі міститься 10-15 %, у сінні – 15-25 % і в силосі – 30-65 % небілкового азоту. Підвищення небілкового азоту пов'язують із дією ендогенних (рослинних) і мікробних протеаз які активізуються під час прив'ялювання і силосування рослин [15].

Основну роль у розчепленні білків відіграють бактерії концентрація яких у рубці становить 10^{10-11} /мл, менш значну роль відіграють гриби і найпростіші. Протеолітичні ферменти в основному зв'язані з поверхнею бактеріальної клітини і тільки 10 % знаходяться у вільному стані [1]. Бактерії всмоктують із навколишнього середовища пептиди і амінокислоти та інші розчинні азотовмісні сполуки для побудови власних білків, незначна час-

тина амінокислот може дезамінуватися, а аміак виводитися із клітин назовні. Однак є невеличка популяція бактерій які використовують амінокислоти як головне джерело вуглецю і енергії та утворюють значні кількості аміаку [16]. Найпростіші, концентрація яких у вмістимому рубця становить 10^{5-6} /мл, мають більші розміри ніж бактерії і тому їх біомаса може становити 10-50 % від повної біомаси. На відміну від бактерій які формують комплекс із частинками корму найпростіші захоплюють частинки корму і перетравлюють його. Найпростіші перетравлюють в основному частинки концентрованих кормів, тобто нерозчинні компоненти кормів. Вони, на відміну від бактерій, не здатні синтезувати амінокислоти з аміаку. Гриби відіграють незначну роль у метаболізмі білка в рубці у зв'язку з їх незначною кількістю – 10^{3-4} /мл [6].

Білки кормів мають різну швидкість розчеплення в рубці. За системою Корнел (CNCPS [14]) сирий протеїн поділяють на 5 фракцій: А, B_1 , B_2 , B_3 і С залежно від їх розчинності (рис. 1). Фракція А добре розчинна у боратно-фосфатному буфері і являє собою небілковий азот, вона не осаджується трихлороцтовою кислотою. Фракція B_1 розчинна у боратно-фосфатному буфері, але осаджується трихлороцтовою кислотою. Фракція С нерозчинна у кислотному детергенті. Вона містить білки зв'язані з лігніном клітинної оболонки, танінами та білки пошкоджені високою темпера-

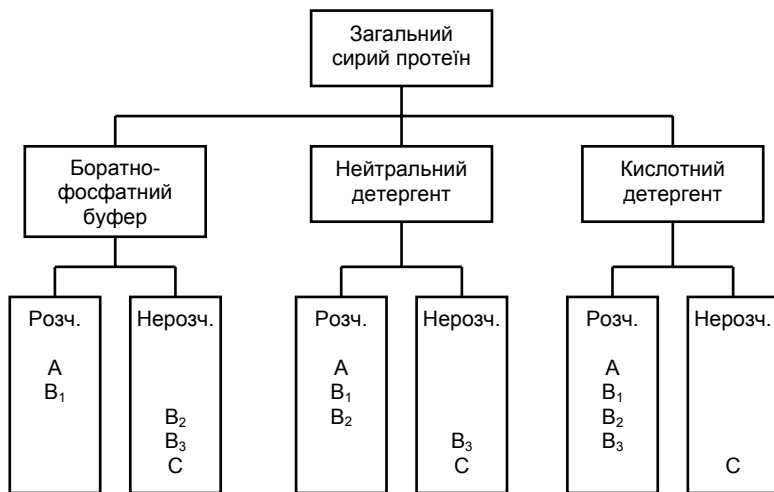


Рис. 1. Аналіз фракційного складу протеїну за системою Корнел [14]

турою в результаті реакції Мейларда. Фракція V_3 розраховується шляхом віднімання від нерозчинного в нейтральному детергенті протеїну фракції С. Фракція V_2 розраховується шляхом віднімання від загального вмісту сирого протеїну всіх інших фракцій А, V_1 , V_3 і С.

Склад фракцій сирого протеїну, швидкість його розчеплення та перетравлення в кишечнику представлено в таблиці 1.

1. Склад фракцій сирого протеїну, швидкість його розчеплення та перетравлення в кишечнику

Фракція	Склад	Швидкість розчеплення в рубці, %/год.	Перетравність у тонкому кишечнику, %
А	NH_3 , NO_3 , нуклеїнові кислоти, амід, аміни, амінокислоти, пептиди	Вище 300	Переважає не досягає
V_1	Глобуліни, незначна кількість альбумінів	120-300	100
V_2	Більшість альбумінів, глютеліни	3-16	100
V_3	Проламіни, екстенсин, денатурований протеїн	0,06-1,55	80
С	Мейлард продукти, протеїн зв'язаний із лігніном	0	0

Для забезпечення оптимального бродіння у рубці швидкість розчеплення протеїну повинна бути синхронізована із швидкістю розпаду вуглеводів (табл. 2).

2. Склад фракцій вуглеводів, швидкість їх розчеплення та перетравлення в кишечнику

Фракція	Склад	Швидкість розчеплення в рубці, %/год.	Перетравність у тонкому кишечнику, %
A_1	Цукри	200-350	Досягає незначна кількість
A_2	Органічні кислоти	1-2	100
V_1	Крохмаль,	20-40	75
V_2	Пектини, β -глюкани	40-60	0
V_3	Геміцелюлози, целюлози	2-10	0
С	Лігнін	0	0

На практиці для моделі розрахунку розщеплюваного (РРП) і нерозщеплюваного (НРП) мікроорганізмами рубця протеїну фракції ділять на А, В і С та проводять визначення за наступними рівняннями [9]:

$$\text{РРП}(\%) = A + B (kd/(kd + kp)); \quad (1)$$

$$\text{НРП}(\%) = B (kp/(kd + kp)) + C. \quad (2)$$

де kp – швидкість проходження через рубець, %/год.;

kd – швидкість розщеплення в рубці, %/год.

Наприклад, для розрахунку утилізації небілкового азоту приймаємо [9]: $kp = 2$ %/год., а $kd = 300$ %/год., тоді $3/(3 + 0,02) = 0,993$ або 99,3 %. Тобто 0,7 % небілкового азоту залишить рубець. Для розрахунку РРП у сояшниковому шроті приймаємо [9]: $A = 42$ %, $B = 53$ %, $kp = 7$ %/год., а $kd = 29$ %/год. Знаходимо, $\text{РРП} = 42 + 53(0,29/0,29 + 0,07) = 42 + 42,7 = 84,7$ %.

Рівень розщеплення білків залежить не тільки від їх розчинності, а й від структури, наприклад, казеїн швидко розщеплюється, тоді як альбумін сироватки, овальбумін та ін. значно повільніше, а розчинні білки сої розщеплюються *in vitro* майже з такою ж швидкістю як і нерозчинні [8]. Слід також відзначити, що розчинні білки швидше покидають рубець ніж нерозчинні, це пов'язують із током рідини з рубця [9]. Мікроорганізми, що розщеплюють структурні вуглеводи, потребують тільки аміак для свого росту, а мікроорганізми, які розщеплюють неструктурні вуглеводи, потребують для свого росту амінокислоти. Таким чином, високий вміст у раціонах швидкорозщеплюваних білків і неструктурних вуглеводів зменшує утилізацію аміаку і мікробний синтез білка та розщеплення клітковини [12].

Для визначення залежності між рівнем сирого протеїну, споживанням корму і молочною продуктивністю, вмістом протеїну в молоці були побудовані регресійні моделі [9]:

$$\text{Удій молока (кг/день)} = 0,8\text{ССР} + 2,3\text{СП} - 0,05\text{СП}^2 - 9,8 \quad (3)$$

$$\text{Протеїн молока (г/день)} = 17,7\text{ССР} + 55,6\text{СП} - 1,26\text{СП}^2 + 31,8 \quad (4)$$

де ССР – споживання сухої речовини корму раціону, кг/день;

СП – сирий протеїн, як % від сухої речовини раціону.

Виходячи з моделі максимальне виробництво молока могло бути одержано при вмісті сирого протеїну в раціоні 23 %, а максимальний вміст білка в молоці при 22 % сирого протеїну в раціоні. По суті те саме (рис. 2). Число 23 одержують прирівнюючи похідну рівняння до 0 ($2,3 - 0,1\text{СП} = 0$), якщо похідну прирівняти до 1 ($2,3 - 0,1\text{СП} = 1$), тобто швидкість зміни функції і аргументу однакова, іншими словами на кожний % сирого про-

теїну в сухій речовині буде отримано удій в 1 кг, то отримаємо вміст сирого протеїну 13 %. При прирівнюванні похідної до 0,5 ($2,3 - 0,1СП = 0,5$), отримаємо вміст сирого протеїну 18 %, тобто в цій точці на кожний % сирого протеїну в сухій речовині буде отримано удій в 0,5 кг. Вміст сирого протеїну в сухій речовині 17-18 % найбільш прийнятний для годівлі корів оскільки вищий вміст протеїну (23 %) дасть прибавку всього близько 1-2 кг молока, а вміст протеїну в сухій речовині раціону необхідно буде збільшити на 5 %.

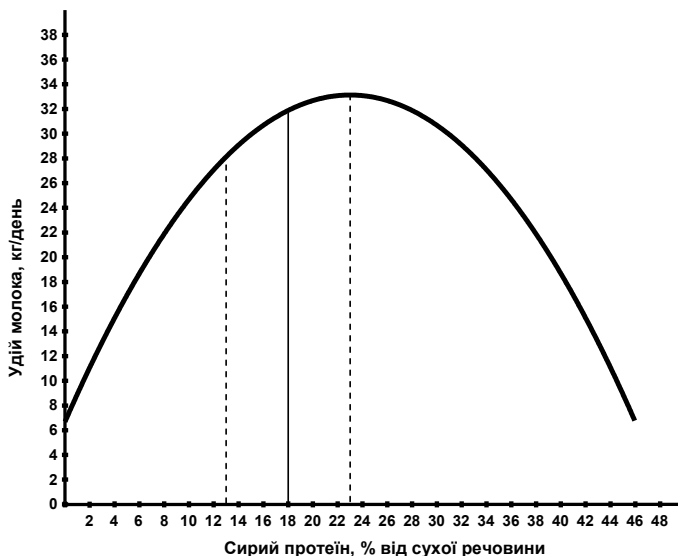


Рис. 2. Крива молочної продуктивності в залежності від вмісту сирого протеїну у сухій речовині раціону, при ССР 20,6 кг/день

Залежність між рівнем РРП і НРП в рубці, споживанням корму і молочною продуктивністю, вмістом протеїну в молоці показують регресійні моделі (рис. 3) [9]:

$$\begin{aligned} \text{Удій молока (кг/день)} = & -55,61 + 1,15\text{ССР} + 8,79\text{РРП} - \\ & - 0,36\text{РРП}^2 + 1,85\text{НРП} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Протеїн молока (г/день)} = & -1,57 + 0,0275\text{ССР} + 0,223\text{РРП} - \\ & - 0,0091\text{РРП}^2 + 0,041\text{НРП} \end{aligned} \quad (6)$$

Як показує модель, максимальне виробництво молока могло бути одержано при вмісті РРП в сухій речовині раціону 12,2 %. Підвищення удою прямо пропорційно підвищенню НРП, причому на 1 % НРП підвищення удою становить 1,85 кг. Аналогічно, максимальний вміст протеїну молока відзначається при вмісті РРП також 12,2 %, а підвищення вмісту білка прямо пропорційно підвищенню НРП.

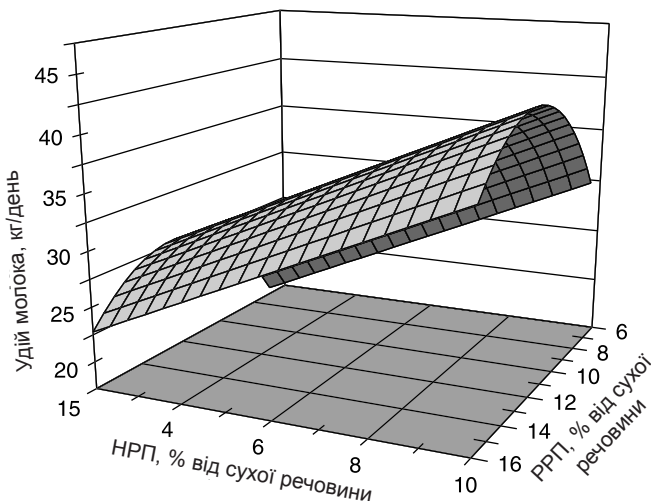


Рис. 3. Поверхня молочної продуктивності в залежності від вмісту РРП і НРП у сухій речовині раціону, при ССР 20,6 кг/день [9]

Слід відзначити, що дана модель дійсна тільки для збалансованого НРП за амінокислотним складом, наприклад термічно обробленого зерна сої або білка риби. Незбалансований НРП також буде підвищувати удій і протеїн молока, однак в меншій мірі, в залежності від вмісту лізину, метіоніну та інших критичних амінокислот.

Підвищення вмісту НРП в раціоні дійних корів також спонукає на краще перетравлення важкорозчинної фракції крохмалю в тонкому кишечнику [3]. Фракційний склад зерна деяких злаків представлено в табл. 3.

Зазвичай в раціонах для дійних корів, що споживають корми з бобових трав підвищений вміст РРП і недостатній вміст легкоферментованих вуглеводів тобто цукрів. Для максимального синтезу мікробного протеїну

3. Розчеплення крохмалю та протеїну різних зернових джерел у рубці [11, 9]

Корм	Важко розщеплювана фракція, % від крохмалю	Швидкість розщеплення крохмалю, %/год.	Фракція В протеїну, % від сирого протеїну	Швидкість розщеплення протеїну, фракція В %/год.
Ячмінь	60	20-35	61,2	22,7
Овес	10	15-25	28,8	17,4
Кукурудза	80	2-10	72,5	4,9
Пшениця	60	15-25	65,1	18,8

необхідно щоб швидкість розчеплення протеїну була відповідною швидкості розщеплення вуглеводів кормів раціону [5]. Синтез мікробного сирого протеїну (МСП) залежить від рівня енергії, тобто суми перетравних речовин (СПР) і розраховується за рівнянням: $\text{МСП}(\text{г}/\text{день}) = 130 \times \text{СПР}(\text{кг})$ [9], тобто на 1 г білкової фракції А і В₁ для синтезу МСП повинно припадати 7,6 г цукрів. Більшість зернових кормів містять незначні кількості перетравного НРП, тому дослідження були зосередженні на захисті білка від розчеплення в рубці. Найпоширенішим методом «захисту білка» є термічна обробка зерна в результаті якої зменшується розчинність білків шляхом утворення Мейлард продуктів, однак при перегріві корму руйнується лізін і зростає фракція С білка [4, 10, 17]. Обробка білкових кормів формальдегідом і танінами не знайшла свого поширення у виробництві. Однак виявилася перспективною обробка білкових кормів цукрами з наступною термічною обробкою [2, 13].

Бібліографічний список

1. Broderick G. A. Can cell-free enzymes replace rumen microorganisms to model energy and protein supply? / In *In vitro Techniques for Measuring Nutrient Supply to Ruminants* / E. R. Deaville, E. Owens, A. T. Adesogan, C. Rymer, J. A. Huntington, T. L. J. Lawrence (eds.) Occasional Publication, British Society of Animal Sciences, Edinburgh. – 1998. – No. 22. – P. 99-114.
2. Broderick G. A., Wallace R. J., Orskov E. R. Control of rate and extent of protein degradation / In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants* / T. Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima (eds.) Academic Press, Orlando, FL. – 1991. – P. 541-592.
3. Fuskiki T., Iwai K. Two hypotheses on feedback regulation of pancreatic enzyme secretion // *Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* – 1989. – J. 3. – P. 121.
4. Goelema J. O., Smits A., Vaessen L. M., Wemmers A. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters

of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans // Anim. Feed Sci. Technol. – 1999. – Vol. 78. – P. 109-126.

5. Herrera-Saldana R., Gomez-Alarcon R., Tobrabi M., Huber T. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis // J. Dairy Sci. – 1990. – Vol. 73. – P. 142-148.

6. Jouany J. P., Ushida K. The role of protozoa in feed digestion. Review / AJAS. – 1999. – Vol. 12. – P. 113-128.

7. Licitra G., Hernandez T. M., Van Soest P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds // Anim. Feed Sci. Technol. – 1996. – Vol. 57. – P. 347-358.

8. Mahadevan S., Erfle J. D., Sauer F. D. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteroides amylophilus* protease and by rumen microorganisms // J. Anim. Sci. – 1980. – Vol. 50. – P. 723-728.

9. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle./ Natl. Acad. Press, Washington DC. – 2001. – 363 c.

10. Prestlokken E. In situ ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in expanded feedstuffs // Anim. Feed Sci. Technol. – 1999. – Vol. 71. – P. 1-23.

11. Robinson P. H. Matching energy and protein for rates of rumen digestion: Does the practice fit the theory? / In: Advances in Dairy Technology. – 1992. – Vol. – 4. P. 84-94.

12. Russell J. B., O'Connor J. D., Fox D. G., Van Soest P. J., Sniffen C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation // J. Anim. Sci. – 1992. – Vol. 70. – P. 3551-3561.

13. Schwab C. G. Protected proteins and amino acids for ruminants / In R.J. Wallace, A. Chesson, eds. / Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. V.C.H. Press, Weinheim, Germany. – 1995. – P. 115-141.

14. Sniffen C. J., O'Connor J. D., Van Soest P. J., Fox D. G., Russell J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability // J. Anim. Sci. – 1992. – Vol. 70. – P. 3562-3577.

15. Van Soest P. J. Nutritional Ecology of The Ruminant. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, NY., 1994.

16. Wallace R. J. Ruminal microbial metabolism of peptides and amino acids // J. Nutr. – 1996. – Vol. 126. – P. 1326-1334.

17. Wang Y., McAllister T. A., Pickard M. D., Xu Z., Rode L. M., Cheng K. J. Effect of micronizing full fat canola seed on amino acid disappearance in the gastrointestinal tract of dairy cows // J. Dairy Sci. – 1999. – Vol. 82. – P. 537-544.