

М. Ф. Кулик, член-кореспондент НААН

О. І. Скоромна, Ю. В. Обертюх, В. П. Жуков, кандидати
сільськогосподарських наук

П. В. Березовський, Л. О. Гончар, І. О. Виговська

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

ВИКОРИСТАННЯ ОБМІННОЇ ЕНЕРГІЇ КОРМІВ НА СИНТЕЗ БІЛКА, ЛАКТОЗИ І ЛІПІДІВ МОЛОКА ТА ВІДКЛАДЕННЯ ЖИРУ В ОРГАНІЗМІ КОРІВ

Лімітуючим фактором використання обмінної енергії протеїну для синтезу молока в зеленій масі трав є крохмаль із цукром за виключенням зерна кукурудзи і силосу з неї з вмістом 13 і 16,9 % неструктурних вуглеводів.

Ключові слова: *обмінна енергія, суха речовина, сирий протеїн, сира клітковина, безазотисті екстрактивні речовини, крохмаль, цукор, пропіонова кислота, молочна продуктивність, жир молока, лактоза.*

Нами розроблена методика визначення обмінної енергії (ВРХ) в кормах за їх хімічним складом без проведення дослідів на тваринах, яка базується на знижуючій дії сирової клітковини, золи і геміцелюлоз на енергетичну цінність основних поживних речовин корму.

У довідниках поживності різних видів кормів наводяться показники вмісту загальної енергії без розподілення на синтез молока і жиру в ньому, а також приростів живої маси тварин. При виробництві молока коефіцієнт використання обмінної енергії на синтез молока (КВМ) дорівнює 0,57—0,62, а на приріст живої маси худоби 0,35—0,45 [2]. За даними Нерінга перетворення обмінної енергії в енергію жиру молока відбувається з ефективністю в межах 55 %, для синтезу лактози – 90 %. За Хоффманом лактуючі корови перетворюють обмінну енергію в енергію молока із ефективністю $61,9 \pm 5,1$ % [3]. При зменшенні частки енергії протеїну в загальній обмінній енергії тварин збільшується вміст жиру в приростах живої маси тварин і зменшується коефіцієнт продуктивного використання обмінної енергії незалежно від її концентрації в раціонах [3].

Дослідженням ряду авторів встановлено, що від 43 до 67 % глюкози синтезується в печінці з пропіонової і до 12 % з молочної кислот. Поряд з цим всі неесенціальні (замінні) амінокислоти є глюкогенними, тоді як до кетогенних відносяться тільки лейцин, ізолейцин, тирозин та фенілаланін [8]. Близько половини молочного жиру синтезується молочними залозами,

а друга половина утворюється з ліпідів корму (C_{16} до C_{22}), тоді як коротколанцюгові насичені жирні кислоти (C_4 до C_{16}) синтезується молочними залозами [1].

Узагальнюючи наведені дані різних авторів щодо оцінки обмінної енергії кормів і раціонів у продукції молока необхідно зазначити, що коефіцієнти її використання на синтез білка, лактози і ліпідів молока не можуть бути однаковими для різних видів кормів. Висвітленню цього напрямку досліджень по оцінці обмінної енергії протеїну, легкоперетравних вуглеводів, жиру і структурних вуглеводів на продукцію молока і вмісту жиру в ньому та відкладенню жиру в організмі корів є метою наших досліджень.

Матеріал і методи досліджень. Визначення коефіцієнту використання обмінної енергії протеїну корму для синтезу білка молока (КВМ), обмінної енергії неструктурних вуглеводів, у вигляді пропіонової кислоти для синтезу лактози і відкладення жиру в організмі через стадію утворення глюкози та різниці між загальною енергією і сумарною кількістю енергії протеїну, 1/2 жиру і пропіонату легкоферментованих вуглеводів, що використовуються для утворення молочного жиру, покладено в основу оцінки будь-якого корму.

За стандарт нами взято 1 л молока із вмістом 3,2 % білка, 3,6 % жиру і 5 % лактози. Вміст енергії в 32 г білка (коефіцієнт перерахунку 23,8 в 1 г) становить 0,7616 МДж або заокруглено 0,76 МДж; відповідно жиру $36,0 \times 38,9 = 1,4$ МДж і лактози 50 г в складі молока і 30 г на синтез гліцерину в складі жиру становить $80 \text{ г} \times 15,5 = 1,24$ МДж або заокруглено 1,2 МДж.

Коефіцієнти використання обмінної енергії протеїну на синтез молока з участю енергії неструктурних вуглеводів, енергії жиру і клітковини для утворення жиру молока визначали в зелених, силосованих і концентрованих кормах, хімічний склад яких наведений у довідниках О. П. Калашникова та ін. [5, 6].

Обмінна енергія пропіонової кислоти складалася з 50 % її утворення за рахунок ферментації в рубці крохмалю з цукром із врахуванням частки їх розщеплення до глюкози в кишечнику та 10 % від концентрації летких жирних кислот при ферментації клітковини і безазотистих екстрактивних речовин у передшлунках і товстому кишечнику.

Результати досліджень. Вміст обмінної енергії в поживних речовинах трави пасовища з суміші конюшини і тимофіївки [6] подано в таблиці 1. Із наведених в таблиці даних визначаємо обмінну енергію, яка припадає на крохмаль із цукром за рівнянням:

$$1,24 \text{ МДж} \cdot 8,3 \% : 44,2 \% = 0,23 \text{ МДж.}$$

Вміст пропіонової кислоти нами взятий 50 % і від 0,23 МДж буде становити 0,12 МДж. Від загальної кількості обмінної енергії 1,24 МДж (табл. 1), що приходяться на БЕР віднімаємо 0,12 МДж і це складає 1,12 МДж. Звідси 10 % пропіонату становить 0,112 МДж і за рахунок кліт-

ковини 0,091 МДж. Загальна сума пропіонату складає відповідно $(0,12 + 0,112 + 0,091) = 0,32$ МДж. За рахунок такої кількості пропіонової кислоти може синтезуватися лактози для 270 мл молока $(0,32 \text{ МДж} : 1,20 \text{ МДж} = 270 \text{ мл})$. Потім визначаємо вміст обмінної енергії протеїну в 270 мл молока за рівнянням $0,76 \text{ МДж} - 1000 \text{ мл}$ молока, а x МДж енергії в 270 мл і це складає 0,21 МДж. В 1 кг трави зазначеного пасовища міститься 0,48 МДж обмінної енергії сирого протеїну, тоді коефіцієнт використання на синтез молока (КВМ) буде становити 43,8 % за пропорцією $0,21 : 0,48 \cdot 100$.

1. Трава пасовищна суміші конюшини і тимофіївки

10,5	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	42	13,7	23,8	999,6	17,2	0,48
Сирий жир	9	2,9	38,9	350,1	6,0	0,17
Клітковина	95	30,9	20	1900	32,6	0,91
БЕР	147	47,9	17,5	2572,5	44,2	1,24
Загальна кількість валової і обмінної енергії				5822,2	100,0	2,80
Крохмаль	4,8	1,6	17,7	84,96		
Цукор	24	7,8	16,5	396		
Сума крохмаль + цукор				480,96	8,3	
Суша речовина	307					
Обмінна енергія, МДж	2,80					

Кількість обмінної енергії за рахунок 1/2 жиру, клітковини і частки БЕР складає 2,0 МДж, що забезпечує підвищення на 1,5 % вміст жиру в молоці проти 3,6 %, тобто, взятого нами стандарту.

Потреба в легкоперетравних вуглеводах для синтезу 1 л молока нами взята 120 г (крохмаль + цукор) концентрованих і об'ємистих кормів для корів будь-якого рівня продуктивності. В траві пасовища міститься 28,8 г крохмалю з цукром, що забезпечує продукцію молока в межах 240 мл за рахунок 1 кг трави, тоді як за сирим протеїном 350 мл, але враховуючи високий вміст сирогої клітковини в травостой 30,9 %, рівень її для продуктивності 20 л повинен становити 24 % на суху речовину. Коефіцієнт депресивної дії складає 1,28, в такому разі продукція молока буде ставити $350 : 1,28 = 273$ мл і за обмінною енергією пропіонату 270 мл.

При споживанні коровою на пасовищі 50 кг такого травостою продукція молока буде 13 л і 3,75 % вмісту жиру при забезпеченості сухими речовинами на рівні 15,4 кг.

У таблиці 2 наведені дані вмісту поживних речовин валової і обмінної енергії в конюшинно-злаковій суміші [6]. Вміст обмінної енергії пропіонової кислоти для синтезу лактози молока становить 0,21 МДж, що забез-

печує утворення 175 мл молока. Звідси використання обмінної енергії і протеїну для синтезу молока складає 28,9 %.

Для синтезу жиру в молоці обмінна енергія 1/2 жиру, клітковини і частки БЕР становить 1,35 або 96,4 % від потреби 1,40 МДж, тоді вміст жиру в молоці буде на рівні 3,47 % (табл. 2).

Оцінка 1 кг трави конюшино-злакової суміші [6], в продукції молока за сирим протеїном складає 325 мл, а за цукром – 167 мл і за енергією пропіонової кислоти 175 мл (табл. 2). Виходить, що лімітуючим фактором у синтезі молока при згодовуванні такого корму коровам є дефіцит легкоферментованих вуглеводів, тобто, необхідна підгодівля кукурудзяною або ячмінною дертю, а також грубими кормами для підвищення вмісту жиру в молоці.

2. Конюшино-злакова суміш

10,5	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	39	17,8	23,8	928,2	22,8	0,46
Сирий жир	9	4,1	38,9	350,1	8,6	0,17
Клітковина	52	23,7	20	1040	25,6	0,52
БЕР	100	45,7	17,5	1750	43,0	0,87
Загальна кількість валової і обмінної енергії				4068,3	100,0	2,02
У тому числі:						
цукор	20	9,1	16,5	330	8,1	
суха речовина	219					
обмінна енергія, МДж	2,02					

У таблиці 3 наведені дані отапи конюшини з тимофіївкою [6], аналогічні з даними, які подані в таблиці 2, але з меншим вмістом обмінної енергії 1,80 проти 2,02 МДж.

3. Отава конюшини з тимофіївкою

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	38	18,5	23,8	904,4	23,7	0,43
Сирий жир	9	4,4	38,9	350,1	9,2	0,16
Клітковина	54	26,3	20	1080	28,3	0,51
БЕР	85	41,5	17,5	1487,5	38,9	0,70
Загальна кількість валової і обмінної енергії				3822	100,0	1,80
У тому числі:						
цукор	21	10,2	16,5	346,5	9,1	
суха речовина	205					
обмінна енергія, МДж	1,80					

Наслідком цього є менший вміст обмінної енергії пропіонату і продукції молока на величину синтезу лактози та нижчий 27,8 % коефіцієнт на використання обмінної енергії протеїну на синтез молока.

У таблиці 4 подані дані вмісту сирого протеїну, жиру, клітковини, БЕР, валової і обмінної енергії в зеленій масі люцерни (бутонізація). Низький вміст у зеленій масі люцерни неструктурних вуглеводів забезпечує і такий же вміст обмінної енергії пропіонової кислоти 0,186 МДж, що є наслідком малої кількості синтезу лактози для 155 мл молока за рахунок 1 кг натурального корму, тому коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну є на рівні 20,3 %. У продукції молока 1 кг сухих речовин люцерни у фазі бутонізації забезпечує одержання 1,8 л молока за рахунок сирого протеїну і тільки 0,67 л за рахунок неструктурних вуглеводів.

4. Люцерна (фаза бутонізації)

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	50	21,6	23,8	1190	27,9	0,59
Сирий жир	9	3,9	38,9	350,1	8,2	0,17
Клітковина	57	24,7	20	1140	26,7	0,57
БЕР	91	39,4	17,5	1592,5	37,3	0,79
Загальна кількість валової і обмінної енергії				4272,6	100,0	2,13
У тому числі:						
цукор	14	6,1	16,5	231	5,4	
суха речовина	231					
обмінна енергія, МДж	2,13					

Вміст жиру в молоці буде нижче на 0,1 % встановленого стандарту, що дорівнюватиме 3,5 % (табл. 4).

Зелена маса люцерни у фазі цвітіння (табл. 5) містить 0,232 МДж обмінної енергії пропіонової кислоти, що забезпечує синтез лактози для 193 мл молока. Коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну на синтез молока становить 23,8 %.

Продукція молока за сирим протеїном становить 442 мл, але в кормі високий вміст сирі клітковини 28,9 % проти 24 % на суху речовину для корів з добовим удоєм 20 л, тому продукція молока буде становити 368 мл, а 1 кг сухих речовин 1,3 л молока, тоді як у фазі бутонізації 1,8 л, а продукція молока за обмінною енергією пропіонату 1 кг сухих речовин становить 0,69 л проти 0,67 л у фазі бутонізації.

Згодовування зеленої маси люцерни як у фазі бутонізації, так і цвітіння повинно поєднуватися із підгодівлею концентрованими кормами ба-

гати ми на крохмаль з цукром. Люцерна фази цвітіння підвищує вміст жиру в молоці до 4,0—4,2 %.

5. Люцерна (фаза цвітіння)

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	53	18,9	23,8	1261,4	24,6	0,63
Сирий жир	8	2,9	38,9	311,2	6,1	0,16
Клітковина	81	28,9	20	1620	31,5	0,81
БЕР	111	39,6	17,5	1942,5	37,8	0,97
Загальна кількість валової і обмінної енергії				5135,1	100,0	2,56
У тому числі:						
цукор	15	5,4	16,5	247,5	4,8	
суха речовина	280					
обмінна енергія, МДж	2,56					

Вико-вівсяно-горохова суміш (табл. 6) містить 0,265 МДж обмінної енергії пропіонової кислоти. Вона забезпечує синтез лактози для 221 мл молока, а коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну для синтезу молока становить 50 %.

6. Вико-вівсяно-горохова суміш

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	27	13,5	23,8	642,6	17,1	0,34
Сирий жир	8	4,0	38,9	311,2	8,3	0,16
Клітковина	58	29,0	20	1160	30,9	0,61
БЕР	94	47,0	17,5	1645	43,8	0,87
Загальна кількість валової і обмінної енергії				3758,8	100,0	1,98
У тому числі:						
крохмаль	2,5	1,3	17,7	44,25		
цукор	27	13,5	16,5	445,5		
сума крохмаль + цукор				489,75		
суха речовина	200					
обмінна енергія, МДж	1,98					

Оцінка 1 кг натурального корму в продукції молока за сирим протеїном складає 225 мл, але вміст 29 % сирої клітковини до оптимального рівня 24 % для корів з 20 л добового надою зменшує продукцію молока до 188 мл. Продукція молока за крохмалем з цукром є на рівні 245 мл, тоді як за обмінною енергією пропіонату 221 мл, а 1 кг сухих речовин забезпечує продукцію молока на рівні 1,1 л. Обмінна енергія 1/2 сирого жиру, клітко-

вини і частки БЕР забезпечує синтез жиру в молоці на рівні 3,55 % проти стандарту 3,6 %.

Вміст обмінної енергії пропіонової кислоти в 1 кг кукурудзяного силосу [6] (табл. 7) становить 0,235 МДж, що забезпечує синтез лактози для 196 мл молока. Продукція молока за сирим протеїном становить 208 мл, але сирі клітковини в кормі міститься 30 % проти оптимальної норми 24 % при добовому надої 20 л, тому коефіцієнт депресивної дії клітковини дорівнює 1,25, а продукція молока за сирим протеїном буде становити 166 мл.

7. Силос кукурудзяний

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	25	10,0	23,8	595	13,0	0,30
Сирий жир	10	4,0	38,9	389	8,5	0,20
Клітковина	75	30,0	20	1500	32,8	0,76
БЕР	119	47,6	17,5	2082,5	45,6	1,05
Загальна кількість валової і обмінної енергії				4566,5	100,0	2,30
У тому числі:						
крохмаль	8	3,2	17,7	141,6		
цукор	6	2,4	16,5	99		
сума крохмаль + цукор				240,6	5,27	
суха речовина	250					
обмінна енергія, МДж	2,30					

Так, обмінної енергії протеїну в 1 кг натурального силосу міститься 0,30 МДж і коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну на синтез молока становить 49,7%, то обмінної енергії пропіонату буде дорівнювати 0,149 МДж, що еквівалентно синтезу 196 мл молока.

Враховуючи, що тільки половина жиру силосу використовується на синтез жирних кислот молока, то вміст жиру в молоці буде становити 4,24 % проти стандарту 3,6 %.

У силосі, що аналізуємо (табл. 7), вміст крохмалю з цукром становив 5,8 % в сухій речовині і використання обмінної енергії протеїну на синтез молока – 49,7 %, а з вмістом 13 % крохмалю з цукром цей показник відповідно становить 71,3 %, але вміст жиру в молоці буде на рівні 3,6%, тобто, продукція молока підвищується, а вміст жиру в ньому зменшується.

В 1 кг зерна кукурудзи [6] (табл. 8) міститься 4,451 МДж обмінної енергії пропіонової кислоти, яка забезпечує синтез лактози на рівні 3,7 л молока. Якщо коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну на синтез молока є максимальним на рівні 60 %, то продукція молока становить 1,4 л і такий же рівень при витраті 75 г протеїну зерна на утворення 1 л молока.

При використанні протеїну на синтез молока близько 60 % його енергії переходить в енергію білка молока, а 40 % енергії втрачається у вигляді тепла і сечовини [3].

Якщо коефіцієнт використання обмінної енергії протеїну виражається в синтезі 1,4 л молока, то для такої кількості молока витрачається 1,68 МДж обмінної енергії пропіонової кислоти, а утворюється 4,451 МДж. Різниця становить 2,77 МДж пропіонату для синтезу глюкози, яка знаходиться в основі ожиріння корів. Підвищений вміст глюкози в крові збільшує синтез інсуліну, який стимулює утворення глікогену і жиру [4].

8. Зерно кукурудзи

Показники	г	% на СР	Коефіцієнти	Валова енергія, Дж	%	Обмінна енергія, МДж
Сирий протеїн	103	12,1	23,8	2451,4	15,1	1,84,
Сирий жир	42	4,9	38,9	1633,8	10,0	1,22
Клітковина	38	4,5	20	760	4,7	0,57
БЕР	653	76,8	17,5	11427,5	70,2	8,57
Загальна кількість валової і обмінної енергії				16272,7	100,0	12,20
У тому числі:				9823,5		
крохмаль	555	65,3	17,7	660		
цукор	40	4,7	16,5	10483,5	64,42	
сума крохмаль + цукор						
суха речовина	850					
обмінна енергія, МДж	12,20					

Обговорення результатів. Лімітуючим фактором використання обмінної енергії протеїну для синтезу молока у всіх проаналізованих нами кормах є крохмаль з цукром за виключенням зерна кукурудзи і силосу з неї з вмістом у ньому 13 і 16,9 % легкоферментованих вуглеводів на суху речовину.

Молоко є винятком з погляду вмісту вуглеводів тому, що містить дисахарид лактозу – молочний цукор, який ніде в природі не зустрічається, а тільки в молоці. Лактоза повністю синтезується в молочній залозі при перетворенні глюкози в галактозу.

На основі даних вмісту обмінної енергії протеїну, жиру, клітковини і безазотистих екстрактивних речовин у кормах необхідно проводити їх оцінку у продукції молока за обмінною енергією неструктурних вуглеводів і протеїну. Паралельно з цим оцінювати корми в продукції молока за натуральними величинами сирого протеїну і крохмалю з цукром. Адже протеїн використовується в основному як пластичний матеріал, а безазотисті екстрактивні речовини (БЕР) виконують роль основного джерела метаболічної і в т.ч. теплової енергії [3]. Таку характеристику кормів покласти в основу

складання раціонів для корів. Різниця в балансі обмінної енергії пропіонової кислоти між потребою її на синтез лактози молока і вмістом у ферментованих кормах раціону ввести як критерій ожиріння корів і особливо нетелів. Так, обмінна енергія пропіоніту 1 кг зерна кукурудзи забезпечує максимальне використання її на синтез лактози, а надлишок синтезу глюкози і як наслідок відкладення жиру в організмі корови – це є характерним і для зерна ячменю, вівса чи фуражної пшениці, які містять високий рівень крохмалю з цукром. Так це ж мова ведеться за лактуючі корови, а якщо це стосується нетелів, то 1 кг зерна кукурудзи через утворення 3,7 МДж пропіонової кислоти спричинятиме відкладення близько 90 г жиру в тілі тварин. А це сприяє ожирінню, зокрема, печінки, викликає ацидоз і дистонію (ускладнення пологів) [1].

Після розтелу в таких корів-первісток у період першого місяця лактації виникають порушення обміну речовин. Звідси висновок про необхідність балансування в раціоні обмінної енергії пропіонату в результаті ферментації кормів у передшлунках із використанням її на синтез молока і відкладення жиру в тілі корів і нетелів. Кукурудзяний силос високої якості містить до 15—17 % крохмалю в сухій речовині, тому в годівлі корів такий корм лімітується, щоб запобігти їх ожирінню у кінці лактації та порушенню обміну речовин. Трав'яний сінаж і солома згодуються без будь-яких обмежень [7].

Висновки. Загальну обмінну енергію всіх видів кормів розподіляти на енергію сирого протеїну, жиру, клітковини і безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) і в т. ч. крохмалю з цукром для балансування в раціоні обмінної енергії пропіонату на синтез лактози молока і відкладення жиру в організмі корів через стадію синтезу глюкози.

Бібліографічний список

1. *Ваттио М. А., Ховард В. Т.* и др. Основные аспекты производства молока. Цикл статей. Международный Институт по исследованию и развитию молочного животноводства им. Бабкока. Университет Висконсина, Мэдисон. США, 2000.
2. *Григорьев Н. Г.* Оценка питательности кормов по обменной энергии / Резервы кормопроизводства, 1987. — С. 109—128.
3. *Григорьев Н. Г., Волков Н. П., Воробьев Е. С.* и др. Биологическая полноценность кормов. — М.: Агропромиздат, 1989. — 287 с.
4. *Дурст Л., Виттман М.* Кормление основных видов сельскохозяйственных животных. — Винница: НОВА КНИГА, 2003. — 384 с.
5. *Калашников А. П., Клейменов Н. И., Баканов В. Н.* и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / Справочное пособие. — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.
6. *Калашников А. П.* и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. 3-е издание / Под ред.

А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М.: Джангар, 2003. – 456 с.

7. Кулик М. Ф., Засуха Т. В., Юрченко В. К. та ін. Основи технологій виробництва продукції тваринництва: Практ. посіб. – К.: Вид-во «Сільгоспосвіта», 1994. – 432 с.

8. Штрауб Ф. Б. Биохимия. – Будапешт, 1965. – 772 с.