УДК 577.124/577.125.3

ОБМІН ЖИРНИХ КИСЛОТ У РУБЦІ КОРІВ ЗА РІЗНОГО ВУГЛЕВОДНОГО СКЛАДУ РАЦІОНУ

І. В. Вудмаска, О. В Голубець, І. М. Ткач, І. В. Невоструєва

Інститут біології тварин УААН

Досліджували вплив зміни відношення грубих кормів до концентратів у раціоні корів з 80:20 до 60:40 на склад коротко та довголанцюгових жирних кислот у вмісті рубця.

При згодовуванні коровам раціону з вищим вмістом концентратів у вмісті рубця виявлено більшу кількість пропіонової кислоти, при відсутності зменшення кількості оцтової кислоти та зниження індексу насиченості ліпідів і збільшення кількості цис- і транс-ізомерів ненасичених жирних кислот.

Ключові слова: КОРОВИ, ВМІСТ РУБЦЯ, КЛІТКОВИНА, НЕСТРУКТУРНІ ВУГЛЕВОДИ, ЛЕТКІ ЖИРНІ КИСЛОТИ, ДОВГОЛАНЦЮГОВІ ЖИРНІ КИСЛОТИ, ЦИС-,ТРАНС-ІЗОМЕРИ, ДІЄНОВІ КОН'ЮГАТИ ЛІНОЛЕВОЇ КИСЛОТИ

Жирнокислотний склад ліпідів вмісту рубця жуйних тварин значною мірою залежить від складу раціону, зокрема від співвідношення у ньому структурних і неструктурних вуглеводів. При наявності в раціоні значної кількості неструктурних вуглеводів, що має місце при високому вмісті в ньому концентратів раціонів, у вмісті рубця змінюється співвідношення летких жирних кислот, зростає концентрація молочної кислоти та знижується pH [1, 2, 3, 6, 14, 15]. Оскільки для кожного виду мікроорганізмів рубця існує свій оптимум pH рубцевого середовища, то зміна цього показника по-різному впливає на їх життєдіяльність, інтенсивність та спрямованість рубцевої ферментації.

Разом з тим зміна співвідношення структурних і неструктурних вуглеводів у раціоні корів впливає на біогідрогенізацію та ізомеризацію ненасичених жирних кислот. Проміжні метаболіти біогідрогенізації лінолевої та ліноленової кислот — дієнові кон'югати є біологічно активними сполуками, які виявляють регуляторну дію, а їх вміст у молоці попереджує виникнення ряду онкологічних та серцево-судинних захворювань у людини [10 –13]. Разом з цим, деякі з ізомерів олеїнової та лінолевої кислот знижують молочну продуктивність корів [8–13].

Вплив неструктурних вуглеводів на рубцеву ферментацію проявляється у зміні метаболічних шляхів біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот, які ведуть до утворення *транс-10 18:1* і *транс-10,цис-12* інтермедіатів [4, 5, 7–9, 13]. У присутності цих ізомерів пригнічується синтез середньоланцюгових жирних кислот молочною залозою [4, 5, 7], а у окремих випадках спостерігається зниження жирності молока [8–12]. У молочній залозі знижується активність ліпопротеїнліпази і гліцеролсинтази, синтез ацетил CoA-карбоксилази, ацилзв'язуючого білка [10, 12]. Таким чином, використання кормів з високим вмістом неструктурних вуглеводів впливає на процеси рубцевої ферментації у корів і викликає зміни обміну речовин метаболізму в ньому, що, в свою чергу,впливає на молочну продуктивність. З іншого боку, при цьому змінюється біогідрогенізація ненасичених жирних кислот у рубці, що проявляється в збільшенні в складі жирних кислот ліпідів рубцевого вмісту дієнових кон'югатів лінолевої кислоти та інших ізоформ ненасичених жирних кислот, які виявляють біологічну активність і позитивно впливають на харчову цінність молока.

Матеріали і методи

Для досліду було підібрано дві групи корів добовим надоєм 20 кг молока, по п'ять голів у кожній. Корови обох груп отримували збалансовані за вмістом поживних речовин раціони. Раціон корів контрольної групи був сіно-сінажного типу і містив: сіно лучне — 3 кг, сінаж — 12 кг, силос кукурудзяний — 20 кг, пшенично-ячмінна зерносуміш — 2 кг, барду пшеничну свіжу — 20 кг, мелясу — 1 кг. Корови дослідної групи отримували раціон концентратного типу, до складу якого входило: сіно лугове — 3 кг, сінаж — 5 кг, силос кукурудзяний — 20 кг, пшенично-ячмінну зерносуміш — 6 кг, барда пшенична свіжа —

20 кг, меляса — 1 кг. Дослід тривав два місяці. Наприкінці досліду від досліджуваних корів відбирали зразки вмісту рубця за допомогою зонду, в яких досліджували вміст та склад коротко і довголанцюгових жирних кислот. Жирнокислотний склад ліпідів умісту рубця визначали методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890, капілярна колонка SP-2380, довжина 100 м, програмування температури термостату від 40 до 260 ºС, газ носій — гелій, температура дозатора 280 ºС, температура детектора 290 ºС. Співвідношення летких жирних кислот визначали на газовому хроматографі Chrom-4, набивна колонка Carbowax 20M TPA, довжина 1 м, температура термостату 100 ºС, газ-носій — азот, температура дозатора 150 ºС, температура детектора 100 ºС. Для ідентифікації і обрахунку хроматографічних піків використовували індивідуальні стандарти жирних кислот.

Результати й обговорення

З наведених у таблиці 1 даних видно, що при заміні частини клітковини раціону крохмалем, у вмісті рубця корів дослідної групи значно зростала як абсолютна, так і

Таблиця 1

Концентрація і співвідношення ЛЖК у вмісті рубця (M±m, n=5)

Жирні кислоти	Групи корів	
	Контрольна	Дослідна
ммоль/літр		
Всього ЛЖК	95,12±4,57	104,62±6,11
Оцтова	63,14±3,84	65,06±6,28
Пропіонова	17,43±1,14	24,42±1,83**
Ізомасляна	0,83±0,04	0,66±0,07*
Масляна	10,87±1,21	11,16±0,89
Ізовалеріанова	1,42±0,12	1,27±0,08**
Валеріанова	1,43±0,05	2,05±0,12**
ммоль/100 ммоль ЛЖК		
Оцтова	66,38±4,07	62,19±5,94
Пропіонова	18,32±1,30	23,34±1,52*
Ізомасляна	0,87±0,05	0,63±0,06*
Масляна	11,43±1,35	10,67±0,74
Ізовалеріанова	1,49±0,10	1,21±0,07
Валеріанова	1,51±0,07	1,96±0,15*
Ацетат : пропіонат	3,62±0,83	2,66±0,56
А+В : Р	4,25±0,92	3,12±0,71
pH	6,95±0,07	6,62±0,09**

Примітка: * — P < 0,05; ** — P < 0,01

відносна кількість пропіонової кислоти (P<0,01). Посилення пропіоновокислого бродіння у рубці корів спостерігається при згодовуванні їм раціонів з підвищеним вмістом неструктурних вуглеводів, що призводить до зниження показників pH рубцевої рідини внаслідок накопичення молочної кислоти.

У вмісті рубця корів, що одержували концентратний раціон (дослідна група), порівняно до корів, що одержували сінажний раціон (контрольна група), виявлено меншу кількість розгалужених летких жирних кислот — ізомасляної та ізовалеріанової. Причиною цього можуть бути сповільнення розщеплення протеїну корму та зменшення метаболізму амінокислот корму.

Відносна частка оцтової кислоти у загальній кількості коротколанцюгових жирних кислот у вмісті рубця корів дослідної групи була дещо менша ніж у вмісті рубця корів контрольної групи, проте абсолютний її вміст зростав внаслідок більшої, сумарної кількості летких жирних кислот.

У складі ліпідів вмісту рубця корів дослідної групи, яким згодовували концентратний раціон, порівняно до утримуваних на сінажному раціоні корів контрольної групи, виявлено вірогідне зниження загальної концентрації характерних для рубцевої мікрофлори жирних

кислот з непарною кількістю вуглецевих атомів та ізо- і антеізо- форм розгалужених жирних кислот (табл. 2).

Таблиця 2

Жирнокислотний склад ліпідів вмісту рубця, % (M±m, n=5)

Жирні кислоти	Групи корів	
	контрольна	дослідна
6:0	0,08±0,02	0,06±0,01
8:0	0,06±0,01	0,05±0,01
10:0	0,16±0,02	0,12±0,02
12:0	0,40±0,03	0,35±0,04
13:0	0,32±0,04	0,15±0,02**
ізо-14:0	0,37±0,02	0,36±0,05
14:0	1,29±0,01	1,30±0,22
ізо-15:0	1,89±0,28	1,47±0,19
антеізо-15:0	1,86±0,27	1,45±0,22
15:0	1,85±0,18	1,35±0,20
ізо-16:0	0,44±0,06	0,34±0,06
16:0	17,25±1,51	16,98±1,15
16:1	0,40±0,04	0,48±0,09
ізо-17:0	0,42±0,06	0,33±0,03
антеізо-17:0	0,66±0,08	0,54±0,07
17:0	0,76±0,06	0,67±0,06
17:1	0,22±0,02	0,31±0,03*
18:0	46,05±1,46	38,49±1,72*
18:1	16,61±0,23	24,94±1,26***
18:2	4,88±0,59	6,47±0,61*
20:0	1,14±0,14	1,09±0,09
18:3	1,81±0,07	1,58±0,08
20:1	0,15±0,02	0,26±0,03*
22:0	0,58±0,06	0,63±0,07
Непарні	7,98±0,60	6,27±0,44**
Розгалужені	5,99±0,53	4,72±0,34*
Ізо	3,46±0,27	2,73±0,19*
Антеізо	2,52±0,32	1,99±0,21*
Насичені	75,93±0,55	65,97±1,12***
Ненасичені	24,07±0,55	34,03±1,12***
Мононенасичені	17,38±0,27	25,99±1,23***
Поліненасичені	6,69±0,59	8,04±0,63
Індекс насиченості ліпідів	3,16±0,10	1,95±0,09***

У вмісті рубця корів дослідної групи порівняно до корів контрольної групи знижувався вміст насичених і зростав вміст моно- та поліненасичених жирних кислот ($P < 0,001$). Ці зміни можна пояснити меншою тривалістю перебування кормових мас у рубці внаслідок збільшення кількості концентратів в раціоні, в результаті чого менша кількість складних ліпідів раціону піддавалася гідролізу. Внаслідок зниження інтенсивності гідролізу ліпідів та біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот індекс насиченості ліпідів у вмісті рубця корів дослідної групи був значно нижчим, ніж у корів контрольної групи ($P < 0,001$).

Серед середньоланцюгових жирних кислот у вмісті рубця корів дослідної групи, порівняно до корів контрольної групи, виявлено лише меншу кількість жирних кислот з непарною кількістю вуглецевих атомів та ізо- і антеізо- форм розгалужених жирних кислот. Кількість середньоланцюгових жирних кислот з нормальною будовою ланцюга у вмісті рубця корів обох груп була приблизно однакова. Незважаючи на різниці у кількості лінолевої та ліноленової кислот у раціоні корів, яким згодовували сінажний і концентратний раціони, їх сумарна кількость у складі ліпідів вмісту рубця відрізнялися значно менше, що пояснюється вирівнюванням жирнокислотного складу рубцевого вмісту в процесі біогідрогенізації.

Кількість ізомерів олеїнової кислоти у вмісті рубця корів дослідної групи збільшувалась не тільки за рахунок олеїнової кислоти (*цис9*–18:1), а і значною мірою за рахунок інших цис- і транс-ізомерів (табл. 3). Загальна кількість 18:1 кислот у вмісті

Таблиця 3

Вміст ізомерів олеїнової та лінолевої кислот у вмісті рубця корів, % (M±m, n=5)

Жирні кислоти	Групи	корів
	контрольна	дослідна
18:1 *транс6*	0,48±0,05	0,65±0,14
18:1 *транс9*	0,30±0,04	0,56±0,06**
18:1 *транс10*	0,46±0,09	1,76±0,26**
18:1 *транс11*	3,80±0,37	3,49±0,38
18:1 *транс12*	0,47±0,06	1,58±0,05***
18:1 *транс13*	0,73±0,05	0,43±0,09*
18:1 *транс15*	0,44±0,06	0,75±0,10*
18:1 *цис6*	0,42±0,06	0,38±0,02
Всього 18:1 *транс*	6,69±0,40	10,21±0,49***
18:1 *цис9*	7,54±0,51	11,50±0,96**
18:1 *цис10*	0,32±0,02	0,63±0,06**
18:1 *цис11*	1,06±0,11	1,82±0,14**
18:1 *цис12*	0,21±0,02	0,63±0,09**
18:1 *цис13*	0,14±0,02	0,28±0,07
18:1 *цис15*	0,23±0,05	0,49±0,08*
Всього 18:1 *цис*	9,92±0,59	14,73±1,02**
Всього 18:1	16,61±0,23	24,94±1,26***
18:2 *транс9,транс12*	0,25±0,02	0,21±0,02
18:2 *цис9,транс11*	0,13±0,03	0,05±0,01*
18:2 *транс10,цис12*	0,07±0,01	0,12±0,02*
18:2 *цис9,цис12*	4,24±0,60	5,71±0,62
18:2 *транс11,цис15*	0,20±0,02	0,37±0,03**
Всього 18:2	4,88±0,59	6,47±0,61*

рубця корів контрольної та дослідної груп складала відповідно 16,61 і 24,94 % від загальної кількості жирних кислот, тоді як кількість саме олеїнової кислоти становила лише 7,54 і 11,50 %. Серед основних транс-ізомерів 18:1 жирних кислот виявлено значне збільшення у вмісті рубця корів дослідної групи кислоти *транс10*–18:1 (P<0,01) — метаболіту дієнового кон'югата *транс10,цис12*–18:2 кислоти, яка відіграє ключову роль у регуляції синтезу молочного жиру і при надмірному утворенні якої у корів знижується жирність молока. Кількість проміжного метаболіту іншого біологічно активного дієнового кон'югата — *транс11*–18:1 жирної кислоти у вмісті рубця корів дослідної групи була дещо меншою, ніж у вмісті рубця корів контрольної групи. Крім того у складі ліпідів вмісту рубця корів дослідної групи знижувався, вміст *транс13*–18:1 кислоти — одного з кінцевих продуктів біогідрогенізації ліноленової кислоти. Кількість інших 18:1 транс- ізомерів у вмісті рубця корів дослідної групи зростала, в результаті чого їх сумарна кількість була вірогідно більша, ніж у корів контрольної групи (P<0,001). Кількість усіх цис- ізомерів 18:1 кислот у вмісті рубця корів дослідної групи перевищувала їх кількість у вмісті рубця корів контрольної групи (P<0,01).

Крім кислот 18:1, у вмісті рубця корів дослідної групи, порівняно до корів контрольної групи, зростала кількість 18:2 кислот. Збільшення сумарної кількості 18:2 кислот у складі ліпідів рубця корів дослідної групи було статистично не вірогідним, внаслідок статистично не вірогідного зростання основної з кислот цієї групи — лінолевої (*цис9, цис12*–18:2). Проте, кількість мінорних біологічно активних, *цис9, транс11*–18:2 та

транс10, цис12–18:2 кислот змінювалася статистично вірогідно (P<0,05) і ці зміни узгоджуються із змінами кількості їх метаболітів — кислот *транс11*–18:1 та *транс10*–18:1. У вмісті рубця корів дослідної групи зростала також кількість *транс11, цис15*–18:2 кислоти (P<0,01) — продукту біогідрогенізації ліноленової (цис6, цис9, цис12–18:3) кислоти. Таким чином, при заміні частини сінажу у раціоні корів концентратами, у вмісті рубця у них сповільнювалися процеси біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот і накопичувались проміжні метаболіти — позиційні і просторові ізомери олеїнової та лінолевої кислот.

Висновки

1. Зміна відношення у раціоні корів грубих кормів до концентратів з 80:20 до 60:40 призводить до підвищення концентрації пропіонової кислоти, зниження концентрації розгалужених жирних кислот і не впливає на концентрацію оцтової кислоти у вмісті рубця.
2. У вмісті рубця корів, яким згодовували концентратний раціон, зростала частка ненасичених і знижувалася частка насичених жирних кислот, порівняно до їх частки у вмісті рубця корів, яким згодовували сінажний раціон.
3. Серед ненасичених жирних кислот у вмісті рубця корів, яким згодовували раціон з більшою кількістю концентратів, збільшувалася частка просторових і позиційних ізомерів ненасичених жирних кислот, що свідчить про нижчу інтенсивність біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот у рубці.

I. V. Vudmaska, O. V. Golubets, I. M. Tkach, I. V. Nevostrujeva

FATTY ACIDS METABOLISM IN THE RUMEN OF COWS FED DIETS WITH DIFFERENT CARBOHYDRATES RATIOS

S u m m a r y

The effects of forage to concentrates ratio change from 80:20 to 60:40 in the diets of dairy cows on ruminal volatile and long chain fatty acid composition were investigated.

Increased of propionate concentration in the ruminal content of cows fed concentrate diet have been found, where as acetate concentration did not depend from composition of diet. In the ruminal content of cows fed concentrate diet were elevated quantities of *cis*- and *trans*- isomers of unsaturated fatty acids.

Institute of Animal Biology UAAS

1. *Вудмаска И. В.* Обмен жирных кислот в рубце и молочной железе коров в конце лактации в зависимости от углеводного состава рациона // Международная научно-практическая конференция «Достижения и перспективы развития животноводства» 28–29.09.2006. — Ch.: Elena-VI SRL, Moldova, 2006. — P. 56–60.
2. *Вудмаска І. В.* Вплив заміни частини клітковини цукром на обмін азоту і летких жирних кислот у рубці сухостійних корів // НТБ Інституту тваринництва. — 2007. — 95. — С. 41–46.
3. *Вудмаска І. В.* Вплив підвищеного рівня неструктурних вуглеводів у раціоні корів на показники вуглеводно-білкового обміну у вмісті рубця // Аграрні вісті. — 2007. — 2. — С. 27–29.
4. *Вудмаска І. В.* Вплив співвідношення вуглеводів на ізомеризацію та гідрогенізацію жирних кислот у вмісті рубця корів // Наук. вісн. ЛДАВМ. — 2007. — № 4 (35). — Ч. 1. — С. 35–40.
5. *Вудмаска І. В.* Обмін ліпідів у рубці і молочній залозі корів при різному вуглеводному складі раціону // НТБ Інституту біології тварин і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. — 2006. — 7. — № 1–2. — С. 253–257.
6. *Вудмаска І. В.* Обмін речовин у рубці корів при заміні частини клітковини раціону цукром // Сільський господар. — 2007. — № 5–6. — С. 9–11.

7. *Вудмаска І. В., Голубець О. В.* Порівняльна характеристика жирнокислотного складу ліпідів вмісту рубця корів, інкубованого з крохмалем або з цукром // НТБ Інституту біології тварин. — 2007. — 8 (1–2). — С. 80–85.

8. *Bauman D. E., Griinari J. M.* Nutritional regulation of milk fat synthesis // Ann. Rev. Nutr. — 2003. — 23. — P. 203–227.

9. *Bauman D. E., Mather I. H., Wall R. J., Lock A. L.* Major advances associated with the biosynthesis of milk // J. Dairy Sci. — 2006. — 89. — P. 1235–1243.

10. *Baumgard L. H., Matitashvili E., Corl B. A., Dwyer D. A., Bauman D. E.* Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows // J. Dairy Sci. — 2002. — 85. — P. 2155–2163.

11. *Baumgard L. H., Sangster J. K., Bauman D. E.* Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) // J. Nutr. — 2001. — 131. — P. 1764–1769.

12. *Griinari J. M., Bauman D. E.* Update on theories of diet–induced milk fat depression and potential applications / In Recent Advances in Animal Nutrition 2003, ed. P. C. Garnsworthy, J. Wiseman. Nottingham, UK: Nottingham Univ. Press.

13. *Jenkins T. C., McGuire M. A.* Major advances in nutrition: impact on milk composition // J. Dairy Sci. — 2006. — 89 (4) — P. 1302–1310.

14. *Khorasani G. R., Kennelly J. J.* Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation holstein cows // J. Dairy Sci. 2001. — 84. — C. 1707–1716.

15. *Seymour W. M., Campbell D. R., Johnson Z. B.* Relationships between rumen volatile fatty acid concentrations and milk production in dairy cows: a literature study // Animal Feed Science and Technology. — 2005. — 119. — C. 155–169.