



УДК 636.2.085.8:637.1.05

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДУ ЖИРНИХ КИСЛОТ МОЛОЧНОГО ЖИРУ КОРІВ ШЛЯХОМ ЗГОДОВУВАННЯ НАСІННЯ РІПАКУ

Рецензент: д.-тор с.-г. наук, професор Параняк Р.П.

О.Й. Цісарик

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького

У статті наведено дані про зміни складу жирних кислот молочного жиру корів при згодовуванні їм повноскладового подрібненого насіння ріпаку в кількості, що відповідає 10% протеїну раціону. Отримані результати засвідчують, що включення до раціонів дійних корів насіння ріпаку спричиняє істотне зниження насиченості молочного жиру, зниження в його складі вмісту середньоланцюгових насичених жирних кислот, збільшення вмісту транс-11 ізомерів олеїнової та кон'югованої лінолевої кислот. Вказані зміни сприяють підвищенню біологічної цінності молочного жиру.

Ключові слова: корови, молочний жир, жирні кислоти, насіння ріпаку.

Завдяки фундаментальним відкриттям останніх років щодо участі жирних кислот у процесах сигнальної трансдукції та експресії генів, розуміння значення ліпідів та жирних кислот значно розширилось, і тепер їм відводять ключову роль у життєдіяльності організмів [1]. Це спричинило загострення уваги на пошуках способів моделювання складу жирних кислот молочних ліпідів, а виробництву молока з підвищеною біологічною цінністю молочного жиру надало особливої актуальності.

Моделювання складу жирних кислот молочного жиру згідно з вимогами сучасної стратегії здорового харчування людини полягає у зниженні ступеня насиченості, зменшенні вмісту середньоланцюгових жирних кислот та підвищенні вмісту цис-9, транс-11 ізомеру октадекадієнової кислоти (кон'югованої лінолевої кислоти – КЛК або рубцевої), яка наділена унікальними різносторонніми біологічними властивостями [2]. Середньоланцюгові насичені жирні кислоти – лауринова, міристинова та пальмітинова, наділені тромбогенним та атерогенним впливами [3], натомість, олеїнова кислота та інші ненасичені жирні кислоти зумовлюють зниження рівня холестеролу у плазмі крові людини [4].

Активно вивчається роль жирних кислот n-3 ряду на покращення здоров'я людини, зокрема співвідношення між жирними кислотами n-3 та n-6 рядів, які є попередниками різних класів ейкозаноїдів, які в багатьох випадках спричиняють різні біологічні ефекти – похідні α -ліноленової кислоти мають меншу біологічну активність, ніж похідні арахідонової кислоти. Як результат, жирні кислоти n-3 ряду сприяють зниженню запальних і алергічних реакцій [5]. Дієновий тромбоксан A_2 , попередником якого є арахідонова кислота, наділений потужними агрегаційними властивостями, тоді як триєновий тромбоксан A_3 , який є продуктом метаболізму жирних кислот n-3 ряду, має низьку біологічну активність [6]. Арахідонова кислота в мембранних фосфоліпідах стає найпершою мішенню для транс-ізомеризації за дії вільних радикалів [7], а також окиснення за дії циклооксигеназ та ліпооксигеназ, тоді як жирні кислоти n-3 ряду - поганий субстрат для цих ензимів [8].

Проте найбільша увага науковців у останні роки спрямована на вивчення різносторонніх біологічних ефектів рубцевої кислоти, яка присутня лише в жирі жуйних, та на способах підвищення її вмісту в молочному жирі. КЛК є

унікальною 3-посеред поліненасичених жирних кислот, вона включається в ліпіди як олеїнова кислота, а метаболізується - як лінолева. Показано, що КЛК істотно впливає на біосинтез ейкозаноїдів, впливаючи на метаболічний каскад арахідонової кислоти [9]. Нещодавно встановлено, що КЛК є лігандом рецепторів, що активуються пероксисомальним проліфератором- α (PPAR- α), і відповідно сприяє β -окисненню жирних кислот у пероксисомах [9].

Завдяки різностороннім регуляторним біологічним впливам КЛК характеризується потужними оздоровчими властивостями. Нині встановлено й експериментально підтверджено, що КЛК проявляє ефективну дію при наступних захворюваннях: раку [10], атеросклерозі [11], діабеті, де-мінералізації кісток і ожирінні [12]. Недавніми дослідженнями продемонстровано позитивний її вплив на імунний статус людини [13]. Особливо ефективною є інгібуюча дія КЛК на розвиток пухлин молочної залози, тоді як лінолева кислота проявляє стимулюючий ефект [14]. Механізм антиканцерогенної дії КЛК не з'ясований. Результати експериментів вказують, що КЛК може діяти завдяки прояву антиоксидантних властивостей, прооксидантної цитотоксичної дії, інгібування синтезу нуклеотидів і протеїну, зниження активності клітинної проліферації, підвищення швидкості апоптозу, інгібування канцерогенної активації. Припускають, що антиканцерогенна дія може полягати у впливі незвичайних ейкозаноїдів, похідних КЛК, на каскад арахідонової кислоти. Механізм дії РК залежить від виду тканини й типу пухлини [15].

КЛК, крім екзогенного надходження, може синтезуватись у тканинах людини з попередника, яким є вакценова кислота (транс-11 C18:1), показано, що до 50 % вакценової кислоти може перетворитись за дії мікросомальної Δ -9 десатурази у КЛК [16]. Тому підвищення вмісту вакценової кислоти в молочному жирі також має важливе значення щодо його біологічної цінності.

Таким чином, завдання щодо моделювання складу жирних кислот молочного жиру полягає у зниженні вмісту насичених середньоланцюгових жирних кислот, зниженні відношення між жирними кислотами n-3/n-6 рядів та підвищенні вмісту унікальних транс-11 позиційних ізомерів C18:1 та C18:2 жирних кислот. Цієї мети можна досягнути завдяки згодовуванню дійним коровам ліпідних добавок, зокрема рослинного походження, серед яких важливе місце посідає насіння ріпаку. Повноскладове насіння ріпаку може служити цінним інструментом моделювання жирно-кислотного спектру молочних ліпідів завдяки своєму унікальному збалансованому жирно-кислотному складу. Ліпідний комплекс насіння ріпаку містить до 50 % олеїнової, до 25 % лінолевої та до 20 % ліноленової кислоти. Склад жирних кислот інших олійних культур, насіння яких використовують як ліпідні добавки (соя, соняшник), є переважно ліноленового типу, за винятком насіння льону, у складі жирних кислот якого домінує ліноленова кислота.

Утім, мало досліджень присвячено вивченню моделюючого впливу згодовування насіння ріпаку дійним коровам на жирно-кислотну композицію молочних ліпідів, зокрема на вміст ізомерних форм жирних кислот [17-18], а у вітчизняній літературі вони обмежені використанням ріпакової олії та її кальцієвих солей [19]. У той же час, використання насіння ріпаку має низку переваг порівняно з олією, воно служить також цінним джерелом протеїнів, містить ряд біологічно активних сполук – антиоксидантів, вітамінів, макро- та мікроелементів, які, діючи синергічно, забезпечують позитивний вплив на здоров'я тварин [20-21]. Важливим аргументом на користь застосування повноскладового насіння ріпаку, порівняно з олією, служить повільніше



вивільнення ліпідів у рубці, що забезпечує відсутність пригнічуючого впливу на рубцеву мікрофлору [22].

Метою наших досліджень було вивчити склад жирних кислот молока корів, до раціонів яких було включено повноскладове подрібнене насіння ріпаку.

Матеріали та методи досліджень. Дослід було проведено у агрофірмі «Оршівська» Кіцманського району Чернівецької області на 12 високопродуктивних коровах української червоно-рябої молочної породи, підібраних за принципом аналогів, розділених на дві групи – контрольну й дослідну. Корови перебували на прив'язному утриманні, доїння здійснювалось двічі на добу доїльними апаратами в молокопроводі.

Дослід проводили за два періоди – зрівняльний, тривалістю 20 днів, та дослідний, тривалістю 60 днів. У дослідному періоді коровам дослідної групи замість частини концентрованих кормів згодовували насіння ріпаку в кількості, що відповідає 10 % добової потреби у протеїні (1,2 кг/добу). Використовували насіння ріпаку вітчизняного сорту Дангал. Частка концентрованих кормів у структурі раціону становила біля 40 %, частка протеїну – 14,5 %, частка клітковини – біля 20 %. За рахунок насіння ріпаку вміст жиру в раціонах корів дослідної групи зріс від 3 % до 6 % у сухій речовині, а концентрація енергії підвищилась на 0,5 МДж/кг сухої речовини. Щодаки проводили контрольні доїння. Зразки молока для досліджень відбирали один раз в підготовчому та двічі в дослідному періодах.

Екстрагування ліпідів молока для визначення жирно-кислотного складу проводили за Блайєм і Дайєром. Жирно-кислотний склад ліпідів досліджували методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890 із полум'яно-іонізаційним детектором, обладнаному капілярною колонкою SP-2560 (95 % biscyanopropyl/5 % cyanopropylphenyl polysiloxane, Supelco).

Результати досліджень. У досліді використовували насіння ріпаку нового сорту Дангал, який виведений у Івано-Франківському Інституті агропромислового виробництва. Хімічний склад та склад жирних кислот насіння ріпаку наведені в табл. 1 і 2. Вміст антипоживних сполук у насінні – ерукової кислоти і

1. Хімічний склад насіння ріпаку сорту Дангал

Показники	
Суха речовина, %	93,3
Сирий протеїн, %	21,7
Сира клітковина, %	8,0
Сирий жир, %	47,8
Попіл, %	4,2
Глюкозинолати, мкмоль/г	16,7

2. Склад жирних кислот насіння ріпаку сорту Дангал, %

C14:0	0,032
C16:0	3,32
C16:1	0,24
C18:0	1,34
C18:1	47,67
C18:2	25,86
C18:3	16,89
C20:1	3,49
цис-13 C22:1	1,18

глюкозинолатів, дає змогу віднести його до канолових сортів, або сортів “00”.

Співвідношення між олеїною, лінолевою та ліноленовою кислотами ліпідного комплексу насіння ріпаку становить 2,8:1,5:1. За рахунок насіння ріпаку надходження екзогенних жирних кислот до рубця зросло на 76,5 %, при цьому олеїнової кислоти – на 166 %, а поліненасичених – на 62,9 %.

Згодовування насіння ріпаку істотно вплинуло на склад жирних кислот молочного жиру, зміни стосуються як індивідуальних кислот (табл. 3), так і відповідно груп кислот (табл. 4).



3. Склад жирних кислот ліпідів молока при згодовуванні коровам насіння ріпаку, % загальної кількості жирних кислот ($M \pm m$, $n=6$)

Жирні кислоти	Періоди дослідів					
	Підготовчий		Дослідний			
			3 тижні згодовування		6 тижнів згодовування	
	К	Д	К	Д	К	Д
1	2	3	4	5	6	7
C4:0	3,94 ± 0,29	3,80 ± 0,24	3,76 ± 0,18	3,75 ± 0,30	3,71 ± 0,06	4,09 ± 0,11*
C6:0	2,47 ± 0,15	2,33 ± 0,08	2,44 ± 0,07	2,22 ± 0,13	2,54 ± 0,07	2,55 ± 0,03
C8:0	1,43 ± 0,09	1,40 ± 0,08	1,45 ± 0,05	1,28 ± 0,09	1,61 ± 0,06	1,50 ± 0,05
C10:0	3,14 ± 0,24	3,04 ± 0,17	3,12 ± 0,06	2,69 ± 0,26	3,71 ± 0,13	3,10 ± 0,19*
C12:0	3,49 ± 0,38	3,48 ± 0,23	3,52 ± 0,08	3,07 ± 0,29	4,41 ± 0,15	3,44 ± 0,23**
C14:0	11,87 ± 0,88	11,33 ± 0,31	12,11 ± 0,22	10,51 ± 0,47*	13,22 ± 0,25	11,19 ± 0,32**
ізо-C14:0	0,24 ± 0,008	0,27 ± 0,002**	0,33 ± 0,007	0,27 ± 0,01*	0,28 ± 0,007	0,25 ± 0,01*
антеізо-C14:0	0,50 ± 0,006	0,59 ± 0,03*	0,63 ± 0,03	0,62 ± 0,04	0,57 ± 0,02	0,57 ± 0,02
C14:1	0,91 ± 0,15	0,80 ± 0,08	0,99 ± 0,14	0,81 ± 0,07	1,10 ± 0,06	0,81 ± 0,05**
C15:0	1,07 ± 0,10	1,14 ± 0,03	1,28 ± 0,03	1,03 ± 0,02***	0,99 ± 0,007	1,02 ± 0,04
C15:1	0,29 ± 0,04	1,14 ± 0,03	0,40 ± 0,01	0,33 ± 0,06	0,37 ± 0,02	0,34 ± 0,03
C16:0	30,14 ± 1,92	27,29 ± 2,04	29,25 ± 1,26	25,17 ± 1,01*	31,68 ± 0,79	23,71 ± 0,42***
ізо-C17:0	0,35 ± 0,03	0,36 ± 0,01	0,40 ± 0,02	0,43 ± 0,04	0,36 ± 0,01	0,34 ± 0,022
антеізо-C17:0	0,25 ± 0,04	0,23 ± 0,034	0,21 ± 0,01	0,26 ± 0,005***	0,21 ± 0,02	0,23 ± 0,01
цис-9 C16:1	1,89 ± 0,04	1,44 ± 0,09	1,62 ± 0,36	1,66 ± 0,19	1,68 ± 0,09	1,27 ± 0,03**
C17:0	0,55 ± 0,04	0,60 ± 0,01	0,66 ± 0,02	0,59 ± 0,03	0,57 ± 0,01	0,49 ± 0,02**
C17:1	0,26 ± 0,05	0,19 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,17 ± 0,005*
C18:0	8,82 ± 0,87	12,67 ± 1,16*	10,55 ± 0,44	12,49 ± 1,81	8,78 ± 0,33	13,77 ± 0,87**
транс-6 C18:1	0,23 ± 0,002	0,37 ± 0,04*	0,25 ± 0,01	0,37 ± 0,03*	0,22 ± 0,008	0,40 ± 0,01***
транс-9 C18:1	0,22 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,21 ± 0,01	0,32 ± 0,02*	0,19 ± 0,01	0,30 ± 0,01***
транс-10 C18:1	0,31 ± 0,02	0,40 ± 0,06	0,36 ± 0,03	0,36 ± 0,06	0,31 ± 0,02	0,29 ± 0,03
транс-11 C18:1	1,0 ± 0,15	1,3 ± 0,08	1,0 ± 0,08	1,92 ± 0,13**	0,80 ± 0,08	2,0 ± 0,04***
цис-6 C18:1	0,34 ± 0,03	0,42 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,45 ± 0,03*	0,33 ± 0,02	0,45 ± 0,03*
цис-9 C18:1	21,40 ± 2,32	21,80 ± 1,27	20,55 ± 1,0	24,32 ± 1,0*	18,40 ± 0,44	23,46 ± 0,29***



Продовж. табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
цис-11 C18:1	1,11 ± 0,27	0,87 ± 0,06	0,81 ± 0,06	1,09 ± 0,09*	0,76 ± 0,07	0,81 ± 0,07
цис-12 C18:1	0,41 ± 0,07	0,39 ± 0,06	0,38 ± 0,05	0,46 ± 0,09	0,37 ± 0,06	0,41 ± 0,07
транс-9, цис-12 C18:2	0,07 ± 0,03	0,01 ± 0,002	0,030 ± 0,009	0,038 ± 0,014	ND	ND
цис-9, цис-12 C18:2	2,23 ± 0,22	1,86 ± 0,29	2,17 ± 0,99	1,97 ± 0,35	1,74 ± 0,04	1,87 ± 0,26
C20:0	0,13 ± 0,005	0,16 ± 0,02	0,14 ± 0,003	0,17 ± 0,03	0,11 ± 0,005	0,18 ± 0,01
цис,транс,цис-9,12,15C18:3	0,08 ± 0,001	0,11 ± 0,02*	0,12 ± 0,009	0,14 ± 0,019	0,10 ± 0,01	0,14 ± 0,005**
C20:1	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,001	0,06 ± 0,002*	0,03 ± 0,0003	0,06 ± 0,003***
цис-9,цис-12, цис-15 C18:3	0,23 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,14 ± 0,002	0,18 ± 0,01**
цис-9, транс-11 C18:2	0,13 ± 0,006	0,11 ± 0,023	0,097 ± 0,001	0,287 ± 0,02***	0,097 ± 0,004	0,289 ± 0,010***
C21:0	0,07 ± 0,007	0,06 ± 0,009	0,04 ± 0,004	0,06 ± 0,007	0,01 ± 0,002	0,05 ± 0,005**
C20:2	ND	ND	0,04 ± 0,002	0,09 ± 0,001***	ND	ND
C22:0	0,05 ± 0,002	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,008	0,07 ± 0,006	0,06 ± 0,002	0,08 ± 0,002*
цис-8, цис-11, цис-14 C20:3	0,09 ± 0,02	0,07 ± 0,007	0,07 ± 0,007	0,08 ± 0,01**	0,10 ± 0,09	0,08 ± 0,01
цис-5,цис-8, цис-11, цис-14 C20:4	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,008	0,12 ± 0,006	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,003	0,11 ± 0,004*
C23:0	0,04 ± 0,005	0,04 ± 0,002	ND	ND	0,02 ± 0,003	ND
C24:0	0,05 ± 0,009	0,04 ± 0,001	0,03 ± 0,007	0,03 ± 0,003	0,03 ± 0,002	0,01 ± 0,001***
C20:5	0,04 ± 0,005	0,04 ± 0,003	0,023 ± 0,003	0,015 ± 0,003	ND	ND

До головних змін слід віднести зменшення частки середньоланцюгових жирних кислот (C12-C16) – на 13,8 % ($p < 0,05$) та 21,5 % ($p < 0,001$) на першому та другому етапах досліджень, відповідно. Вказані кислоти можуть бути двоякого походження – гуморального та синтезуватися *de novo*. Зареєстроване нами зниження є закономірним, оскільки довголанцюгові жирні кислоти інгібують синтез жирних кислот у тканині молочної залози шляхом впливу на ацетил-КоА карбоксилазну активність та преференційно включаються у молочні триацилгліцероли [23]. У складі середньоланцюгових жирних кислот найбільш істотно знижується частка C14:0. При цьому важливо відзначити, що частка коротколанцюгових кислот змінюється незначно. Відповідь кислот C4-C8 є менш вираженою, тому що ці кислоти можуть синтезуватись шляхом, що не пов'язаний



із малоніл-КоА. Вміст масляної кислоти на першому етапі не відрізняється від контролю, а на другому зростає у молоці дослідних корів ($p < 0,05$). Масляна кислота є важливою з точки зору впливу на здоров'я людини, оскільки вона проявляє гіпохолестеролемічну та антиканцерогенну дію [24].

Простежується залежність, чим довший вуглецевий ланцюг кислоти, тим виразніше зниження її частки в молоці дослідних корів порівняно з контролем. Збільшене поглинання довголанцюгових жирних кислот тканиною молочної залози спричиняє скорочення карбонового ланцюга жирних кислот, синтезованих *de novo*. Ці зміни інтерпретуються як компенсація підвищеного надходження довголанцюгових жирних кислот із метою забезпечення плинності молочних ліпідів при температурі тіла.

Наші результати щодо змін вмісту середньоланцюгових жирних кислот у молочному жирі узгоджуються з результатами робіт, в яких вивчався вплив згодовування канолового насіння в різних формах, а кількість доданих ліпідів була співмірною з нашою [25-26]. Пальмквістом зазначено, що насіння канולי серед олійних спричиняє найбільше зниження вмісту лауринової та міристинової кислот у молочному жирі [27].

Згодовування ріпакового насіння спричинило зростання частки ненасичених жирних кислот у молочних ліпідах, співвідношення між сумою ненасичених і насичених жирних кислот на першому етапі становило 0,547 проти 0,429 у контролі ($p < 0,001$), на другому – 0,502 проти 0,372 ($p < 0,001$). У складі молочного жиру корів дослідної групи істотно зросла частка цис-9 C18:1 – на 18,3 та 27,9 % на першому та другому етапі досліджень, що також узгоджується з даними літератури.

Так, в огляді Глессера і спів. [28] вказується, що згодовування ріпакового насіння зумовлює підвищення цис-9 C18:1 у середньому на 35 %. Щодо вмісту лінолевої кислоти (цис, цис-9,12) у молочному жирі, то на першому етапі досліджень зареєстровано незначне зниження, а на другому – незначне підвищення порівняно з контролем. Автори повідомляють про зниження вмісту лінолевої кислоти при згодовуванні насіння ріпаку, а також ріпакової олії (у середньому у всіх експериментах), а при згодовуванні захищеного жиру канולי – досить істотне зростання.

Про підвищення вмісту лінолевої кислоти у складі молочних ліпідів повідомляє Чіхловскі і спів. [18], однак кількість згодовуваного ріпакового насіння у цих експериментах є більшою.

Наші результати вказують на тенденцію до зростання вмісту ліноленової кислоти в молочному жирі корів, які отримували ріпакове насіння, на першому етапі та вірогідно вищий вміст ($p < 0,01$) на другому етапі досліджень. Якщо дані стосовно вмісту лінолевої кислоти в молочному жирі при згодовуванні насіння ріпаку не однастайні, то стосовно ліноленової кислоти – узгодженіші; про збільшення частки ліноленової кислоти в межах, подібних до наших результатів, повідомляють Вард і спів. [17] та Бейоурс зі спів. [25].

Зростання вмісту ліноленової кислоти в молочному жирі корів дослідної групи супроводжується майже синхронним зниженням вмісту арахідонової кислоти. Це спричинило зміну відношення між кислотами n-3 та n-6 ряду, яке на першому етапі було на 17,9 %, на другому на 29,4 % ($p < 0,01$) вищим за контроль.

Про збільшення відношення між n-3 і n-6 кислотами в молочних ліпідах при згодовуванні ріпакового насіння повідомляє також Чіхловскі і спів. [18].



4. Характеристика складу жирних кислот ліпідів молока корів при згодовуванні насіння ріпаку, % загальної кількості жирних кислот (M ± m, n=6)

Показники	Періоди дослідів					
	Підготовчий		Дослідний			
			3 тижні згодовування		6 тижнів згодовування	
	К	Д	К	Д	К	Д
Сума насичених	68,59 ± 3,33	68,90 ± 1,29	70,0 ± 0,85	64,71 ± 1,04***	72,89 ± 0,69	66,58 ± 0,14***
Сума ненасичених	31,41 ± 3,31	31,10 ± 1,29	30,0 ± 0,89	35,29 ± 1,04***	27,11 ± 0,69	33,42 ± 0,15***
Відношення ненас./насич.	0,465 ± 0,07	0,453 ± 0,03	0,429 ± 0,02	0,547 ± 0,02***	0,372 ± 0,013	0,502 ± 0,003***
Сума С4-С10	10,97 ± 0,71	10,57 ± 0,57	10,76 ± 0,34	9,93 ± 0,68	11,58 ± 0,32	11,25 ± 0,17
Сума С12-С16	48,50 ± 3,44	45,23 ± 2,30	48,51 ± 1,58	41,81 ± 1,60*	52,62 ± 0,60	41,34 ± 0,71***
Сума С16	32,02 ± 1,81	28,73 ± 2,12	30,87 ± 1,09	26,84 ± 1,15*	33,35 ± 1,03	24,98 ± 0,44***
Сума С18	36,54 ± 3,50	40,76 ± 2,14	37,0 ± 1,42	44,38 ± 2,19*	32,25 ± 0,71	44,29 ± 0,82***
Сума > 18	0,68 ± 0,02	0,61 ± 0,06	0,46 ± 0,07	0,69 ± 0,05**	0,49 ± 0,02	0,56 ± 0,02*
Сума n-6	2,94 ± 0,33	2,44 ± 0,34	2,77 ± 0,49	2,66 ± 0,48	2,37 ± 0,08	2,47 ± 0,32
Сума n-3	0,303 ± 0,06	0,280 ± 0,02	0,287 ± 0,01	0,307 ± 0,02	0,240 ± 0,01	0,326 ± 0,03
n-3/n-6	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,102 ± 0,005	0,132 ± 0,008**
Дес. С14:1 ¹	0,067 ± 0,007	0,061 ± 0,005	0,070 ± 0,008	0,067 ± 0,005	0,072 ± 0,004	0,063 ± 0,004***
Дес. С16:1 ²	0,060 ± 0,012	0,050 ± 0,001	0,052 ± 0,002	0,062 ± 0,005	0,050 ± 0,002	0,051 ± 0,001
Дес. С18:1 ³	0,72 ± 0,02	0,64 ± 0,01**	0,68 ± 0,007	0,68 ± 0,02	0,69 ± 0,01	0,65 ± 0,01*
Дес. КЛК ⁴	0,12 ± 0,01	0,07 ± 0,01*	0,087 ± 0,008	0,13 ± 0,01*	0,111 ± 0,004	0,129 ± 0,006*
Сума транс С18:1	1,77 ± 0,19	2,34 ± 0,12*	1,83 ± 0,07	2,97 ± 0,12***	1,53 ± 0,12	2,99 ± 0,06***

Примітки:

¹ – десатуразний індекс: С14:1/(С14:0+С14:0)

² – десатуразний індекс: С16:1/(С16:1+С16:0)

³ – десатуразний індекс: цис С18:1/(цис С18:1+С18:0)

⁴ – десатуразний індекс цис-9,транс-11 С18:2/(цис-9,транс-11 С18:2+транс-11 С18:1).

Згодовування насіння ріпаку спричинило зростання загальної кількості транс-ізомерів жирних кислот – в 1,6 раза на першому та майже вдвічі та другому етапі експерименту. Це є наслідком посиленого рубцевого біогідрогенування. Серед ізомерних форм найбільший інтерес представляють два ізомери – транс-11 С18:1 та цис-9, транс-11 С18:2. Транс-11 С18:1 домінує серед транс-ізомерних форм С18:1 жирних кислот у молочному жирі корів обох груп. Однак у молоці корів, які отримували ріпакове насіння, вміст транс-11 С18:1 істотно вищий – 1,92 проти 1,0 % (p<0,01) на першому етапі та 2,0 проти 0,80 % (p<0,001) на другому етапі досліджень. Другим за кількістю в молочному жирі корів контрольної групи є транс-10 позиційний ізомер, а у корів дослідної – транс-6 С18:1. Серед транс-

C18:2 ізомерів виявлено цис-9, транс-11, у молочному жирі корів контрольної групи її кількість незначна – до 0,1 %, а дослідної – майже втричі вища ($p < 0,001$). Таке зростання зареєстровано впродовж усього періоду згодовування ріпакового насіння. Щодо транс-10 C18:1, з яким пов'язують явище молочножирової депресії, істотних міжгрупових різниць нами не зареєстровано.

У дослідженнях Варда і спів. [17] та Чіхловські і спів.[18], у яких коровам згодовували подрібнене насіння каноли, показано лише вміст транс-11 позиційних ізомерів – C18:1 та цис-9, транс-11 C18:2, який підвищився порівняно з контролем, однак не так істотно, як у наших експериментах. Результатами досліджень, у яких коровам згодовували 240 г/добу ріпакової олії, показано, що в молочному жирі частка транс-11 C18:1 зростала майже в чотири рази, цис-9, транс-11 C18:2 – майже удвічі, а транс-10 – у п'ять разів порівняно з контролем [19]. За нашими результатами такі відмінності стосовно вмісту транс-10 ізомеру пов'язані з різними формами згодовуваних ліпідів ріпакового насіння.

Оскільки рівень цис-9, транс-11 C18:2 у молоці великою мірою залежить від десатурації попередника транс-11 C18:1 у тканині молочної залози, важливо було з'ясувати десатуразну активність, для чого ми використали десатуразні індекси молочного жиру. Відомо, що ензим Δ -9-десатураза відповідальний за десатурацію C14:0, C16:0, C18:0, а також відповідні мононенасичені жирні кислоти, у тому числі транс-11 C18:1. Для транс-11 C18:1 зареєстровано вищий десатуразний індекс ($p < 0,05$) молочного жиру корів дослідної групи. Щодо індексів десатурації для інших жирних кислот не встановлено чіткої тенденції. Наприклад, для C16:0 спостерігається тенденція до підвищення, а для C18:0, навпаки, до зниження. Це, очевидно, зумовлене підвищеним екзогенним надходженням C18:1 жирної кислоти.

Визначаючи внесок десатурації тканиною молочної залози в кількість десатурованих продуктів, зокрема цис-9 C18:1, показано, що він коливається від дуже низьких значень (15,8 %), коли надходить велика кількість екзогенної цис-9 C18:1, наприклад, із каноловою олією, до 94 % [28]. Щодо внеску десатурації тканиною молочної залози у продукцію цис-9, транс-11 C18:2, то він коливається в дуже широких межах: від надзвичайно малих значень у контрольних тварин, яким не згодовували ліпідні добавки, до понад 93 % [29].

Висновки:

1. Включення до раціонів дійних корів повноскладового подрібненого насіння ріпаку в кількості, що відповідає 10 % протеїну раціону замість частини концентрованих кормів, здійснює моделюючий вплив на склад жирних кислот молочного жиру, підвищуючи його біологічну цінність.
2. При згодовуванні дійним коровам насіння ріпаку знижується ступінь насичення молочного жиру, у ньому істотно знижується вміст середньо ланцюгових насичених жирних кислот, підвищується відношення між жирними кислотами n-3/n-6 рядів, вірогідно зростає вміст вакценової та рубцевої кислот.
3. Зміни складу жирних кислот молочного жиру корів, до складу раціонів яких включено повноскладове насіння ріпаку, відповідають вимогам сучасної стратегії здорового харчування людей.

Бібліографічний список

1. Гула Н.М. Жирні кислоти та їх похідні при патологічних станах / Н.М. Гула, В.М. Маргітич. — К. : Наукова думка, 2009. — 336 с.
2. Williams C.M. Dietary fatty acids and human health // Ann. Zootech. — 2000. — 49. — P. 165—180.



3. Ulbricht T.L.V. Coronary heart disease: Seven dietary factors / T.L.V. Ulbricht, D.A.T. Southgate // *Lancet*. — 1991. — 338. — P. 985—992.
4. Woodside J.V. Fatty acids and CHD / J.V. Woodside, D. Kromhout // *Proc. Nutr. Soc.* — 2005. — 64. — P. 554—564.
5. Fatty acids and lymphocyte functions / P.C. Calder [et al.] // *Br. J. Nutr.* — 2002. — 87. — S31—S48.
6. Гичев Ю.Ю. Руководство по биологически активным пищевым добавкам / Ю.Ю. Гичев, Ю.П. Гичев. — М. : Триада—Х, 2001. — 232 с.
7. Chagllialoglu C. Trans lipids: The free radical path / C. Chagllialoglu, Ferreri C. // *Ac. Chem. Res.* — 2005. — 38(6). — P. 441—448.
8. Jump D.B. Fatty acid regulation of gene transcription // *Crit. Revs. in Clinic Lab. Sci.* — 2004. — 41. — P. 41—78.
9. Influence of dietary linoleic acid on lipid metabolism in relation to its anticarcinogenic activity / S. Banni [et al.] // *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*: [ed. Yurawech M.P. et al. / Vol. 3]. — Champaign, IL : AOCS Press, 2006. — P. 307—317.
10. Retention of conjugated linoleic acid in the mammary gland is associated with tumor inhibition during the post-initiation phase of carcinogenesis / C. Ip [et al.] // *Carcinogenesis*. — 1997. — 18. — P. 755—759.
11. Conjugated linoleic acid isomer effects in atherosclerosis: Growth and regression of lesions / D Kritchevsky [et al.] // *Lipids*. — 2004. — 39. — P. 611—616.
12. Pariza M.W. The biological activities of conjugated linoleic acid / *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*: [ed. Yurawech M.P. et al. / Vol. 1]. — Champaign, IL : AOCS Press, 1999 — P. 12—20.
13. Effects of and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on immune cell function in healthy humans / Tricon S. [et al.] // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2004. — 80. — P. 1626—1633.
14. Cunningham D.C. Proliferative responses of normal human mammary and MCF-7 breast cancer cells to linoleic acid, conjugated linoleic acid and eicosanoid synthesis inhibitors in culture / D.C. Cunningham, L.Y. Harrison T.D. Shultz // *Anticancer Res.* — 1997. — 17. — P. 197—204.
15. Bauman D. E. Conjugated linoleic acid: Biosynthesis and nutritional significance / D. E. Bauman, A. L. Lock // *Advanced Dairy Chemistry: Lipids*: [ed. Fox P. F. and McSweeney P. L. H. / Vol. 2]. — New York : Springer, 2006. — P. 93—136.
16. Palmquist D.L. Endogenous synthesis of rumenic acid in rodents and humans / D.L. Palmquist., J.E. Santora // *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*: [ed. Yurawech M.P. et al. / Vol. 1]. — P. 201—209.
17. Ward A.T. Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax and canola / A.T. Ward, K.M. Wittenberg, R. Przybylski // *J. Dairy Sci.* — 2002. — 85. — P. 1191—1196.
18. Altering the fatty acids in milk fat by including canola seed in dairy cattle diets / Chichlowski M.W. [et al.] // *J. Dairy Sci.* — 2005. — 88. — P. 3984—3094.
19. Вудмаска І.В. Метаболізм у рубці та його вплив на жирнокислотний склад ліпідів молока корів за різного вуглеводного і ліпідного складу раціону : автореф. дис. ... докт. с.—г. наук : 03.00.04 / Ігор Васильович Вудмаска. — Львів, 2008. — 32 с.
20. Цісарик О.Й. Неспецифічна резистентність організму корів за включення до їхніх раціонів ріпакового насіння // *Збірник наукових праць Подільського аграрно—технічного університету (Серія “Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва”)*. — 2009 — Вип.17. — 171—176.
21. Цісарик О.Й. Гематологічні показники у високопродуктивних корів при згодовуванні хм насіння ріпаку сорту Дангал / О.Й. Цісарик, М.П. Драч // *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З.Гжицького*. — 2009. — Т.11, №2 (41), Ч.2.— С. 315—321.



- 22.Цісарик О.Й. Рубцевий метаболізм і молочна продуктивність корів при включенні у їхні раціони дерті з насіння ріпаку / О.Й. Цісарик, Г.В. Дроник, В.А. Чаркін // Біологія тварин. — Львів, 2007. — Т. 9 (№1—2). — С. 176—182.
- 23.Dhiman T.R.Effect of dietary fat source on fatty acid composition of cow's milk / T.R. Dhiman, K.V. Zanten, L.D. Satter // J. Sci. Food Agric. — 1995. — 69. — P. 101—107.
- 24.Belobrajdic D. P Dietary butyrate inhibits NMU-induced mammary cancer in rats // D. P. Belobrajdic, G. H. McIntosh // Aust. J. Dairy Technol. — 2000. — 36. — P. 37—47.
- 25.Bayourthe C. Effects of different forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter / C. Bayourthe, F. Enjalbert, R. Moncoulon // J. Dairy Sci. — 2000. — 83. — P. 690—696.
- 26.Tymchuk S.M. Effect of feeding formaldehyde- and heat-treated oil seed on milk yield and milk composition / S.M. Tymchuk, G.R. Khorasani, J.J. Kennelly // Can. J. Anim. Sci. — 1998. — 78. — P. 693—700.
- 27.Palmquist D.L. Milk fat: Origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon / Advances in Conjugated : [ed. Yurawech M.P. et al. /Vol. 3].—Champaign, IL : AOCS Press, 2006.— P. 43—91.
- 28.Glasser F. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis / F. Glasser, A. Ferlay, Y. Chilliard // J. Dairy Sci. — 2008. — 91. — P. 4687—4703.
- 29.Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9 containing CLA in lactating dairy cows / L.S. Piperova [et al.] // J. Nutr. — 2002. — 132. — P. 1235—1241.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ЖИРНЫХ КИСЛОТ МОЛОЧНОГО ЖИРА КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ СЕМЯН РАПСА

Цисарык О.Й., Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С.З Гжицкого

В статье приведены данные об изменении состава жирных кислот молочного жира коров при скормливанні ім измельченных семян рапса в количестве, которое составляет 10 % протеина рациона. Показано, что введение в рационы дойных коров семян рапса приводит к существенному снижению насыщенности молочного жира, снижению в его составе среднецепочных насыщенных жирных кислот, увеличению транс-11 изомеров олеиновой и конъюгированной линолевой кислоты. Указанные изменения способствуют повышению биологической ценности молочного жира.

Ключевые слова: коровы, молочный жир, жирные кислоты, семена рапса.

FATTY ACID COMPOSITION MODELING IN MILK FAT VIA FORAGE SEED FEEDING

Tzisaruk O., Lviv national university of veterinary medicine and biotechnology

This article presents the test data on fatty acid composition swap due to complete grinded forage seed feeding for cows. Fatty acids constitute milk fat content. Forage seed quantity forms 10% dietary protein. Milk fat content proved to be abated due to forage seed inclusion in adequate diets. Adequate diets are destined for milk cows. Milk fat content observed to be decreased in medium-chained saturated fatty acids. Oleic and conjugated linoleic acid trans-11isomeric content proved to be increased. The above-mentioned swaps procure biological value boost of milk fat.

Key words: cows, milk fat, fatty acids, forage seed.