

ВМІСТ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ВЕРШКОВОМУ МАСЛІ, ВИРОБЛЕНОМУ В УКРАЇНІ

Р. А. Голубець¹, О. В. Голубець¹, С. М. Шкаруба¹, О. І. Віщур²

¹ДП Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів

²Інститут біології тварин НААН

У статті наведені результати досліджень щодо визначення жирнокислотного складу зразків вершкового масла, виробленого у різних регіонах України. Особливу увагу надано вмісту у зразках просторових і позиційних ізомерів олеїнової та лінолевої кислот (у тому числі кон'югованої лінолевої кислоти), коротколанцюгових жирних кислот та кислот з розгалуженим ланцюгом. Проаналізовано співвідношення основних представників омега-3 та омега-6 кислот. Розглянуто наявні в літературі дані щодо особливостей впливу жирних кислот молочного жиру на здоров'я людини та способів збільшення вмісту у ньому жирних кислот, які володіють біологічною активністю.

Ключові слова: МОЛОЧНИЙ ЖИР, ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД, ТРАНС-ІЗОМЕРИ, КОН'ЮГОВАНА ЛІНОЛЕВА КИСЛОТА, МАСЛЯНА КИСЛОТА, РОЗГАЛУЖЕНІ ЖИРНІ КИСЛОТИ

З давніх давен в раціоні харчування людей молоко і молочні продукти займають важливе місце. Згідно науково обґрунтованих норм молочна продукція є незамінна в якості джерела енергії та повинна складати третину калорійності добового раціону. Останнім часом першочергове значення приділяється дієтичним якостям молочного жиру, 95 % якого складають тригліцериди. До складу тригліцеридів молочного жиру входить більше 400 жирних кислот, у тому числі коротколанцюгові, транс-ізомери ненасичених жирних кислот, а також кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів та розгалуженим ланцюгом, які синтезуються мікрофлорою рубця [14].

Співвідношення жирних кислот молочного жиру суттєво коливається і значною мірою залежить від складу раціону. У пасовищний період вміст ненасичених жирних кислот і дієнових кон'югатів лінолевої кислоти в молочному жирі найбільший [5, 11], оскільки зелені корми містять велику кількість їх попередників – поліненасичених жирних кислот. У стійловий період частка дієнових кон'югатів лінолевої кислоти в молоці зменшується, а насичених жирних кислот – зростає [12]. Висококонцентратний раціон з низьким вмістом клітковини сприяє збільшенню в молочному жирі вмісту транс-ізомерів кислоти 18:1 внаслідок неповної біогідрогенізації лінолевої та ліноленової кислот рубцевою мікрофлорою. Зміна співвідношення грубих корми/концентрати з 50:50 до 20:80 може зменшувати загальну кількість рубцевої і вакценової кислот у молоці вдвічі [18].

Впливає на жирнокислотний склад молочного жиру порода корів [4, 7] та спосіб технологічної обробки кормів [3].

Від особливостей жирнокислотного складу молочного жиру залежить інтенсивність процесу окиснення, що впливає на органолептичні показники та особливості технологічних параметрів при його переробці. Для споживача більш важливою є інформація щодо вмісту у молочних продуктах біологічно активних сполук (есенціальних жирних кислот, масляної кислоти, розгалужених жирних кислот та дієнових кон'югатів лінолевої кислоти), а також кислот, потенційно небезпечних для здоров'я (міристинова, пальмітинова, лауринова).

Особливостям жирнокислотного складу молочного жиру присвячена велика кількість наукових досліджень, узагальнених іноземними [13] і вітчизняними вченими [1]. У повсякденному житті більшість українців використовує молочні продукти, виготовлені в умовах сучасної молочної промисловості із змішаної сировини, отриманої з різних господарств і у різні періоди року. Вміст біологічно активних компонентів у складі цих продуктів може суттєво коливатись. Враховуючи це, метою нашої роботи було дослідження жирнокислотного складу з урахуванням транс-ізомерів олеїнової та лінолевої кислот у зразках масла вершкового, виробленого в різних регіонах України. Одним із завдань роботи було оцінити показники, що характеризують дієтичні властивості молочного жиру.

Матеріали і методи

Для дослідження з торговельної мережі було відібрано 11 зразків масла вершкового, виробленого у Київській, Житомирській, Волинській, Полтавській, Миколаївській та Одеській областях у лютому 2011 року.

Всі зразки масла були перевірені на відсутність домішок жирів немолочного походження згідно вимог ISO 17678:2010 «Milk and milk products – determination of milk fat purity by gas chromatographic analysis of triglycerides» (reference method).

Для виділення ліпідів 100 г масла розтоплювали в сушильній шафі за температури 50 °C і фільтрували через фільтрувальний папір зі зневодненим сульфатом натрію у нагріту до 50 °C хімічну склянку. Метилування жирних кислот проводили методом лужного гідролізу, який дозволяє уникнути утворення метокси- та гідрокси-сполук, що заважатимуть ідентифікації піків дієнових кон'югатів на хроматограмі. Для цього 100 мг ліпідів розчиняли в 5 мл н-гептану і ретельно перемішували. Додавали 0,2 мл розчину метоксиду натрію в метанолі, закривали притертим корком та струшували протягом 1 хв. Через 5 хвилин додавали 5 г сухого $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, знову струшували і центрифугували при 1000 г впродовж 3 хвилин. 1 мл надосадової рідини відбирали для газохроматографічного аналізу.

Жиринокислотний склад досліджували методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890 із застосуванням капілярної колонки SP-2560 (100% biscyanopropyl polysiloxane, Supelco) довжиною 100 м, з внутрішнім діаметром 0,25 мм та товщиною нерухомої фази 0,2 мкм за наступних умов: швидкість потоку газу-носія – 1,2 мл/хв., коефіцієнт поділу потоку – 1:100, температура випаровувача – 280 °C, температура детектора (ПД) – 290 °C, температурний режим колонки – поступовий нагрів від 60 °C до 230 °C. Для введення розчинів зразків у хроматограф використовували мікрошприц об'ємом 10 мкл з ціною поділки 0,1 см³.

Для ідентифікації хроматографічних піків та обрахунку хроматограм використовували індивідуальні стандартні розчини метилових ефірів жирних кислот, у тому числі *транс6-*, *транс7-*, *транс9-*, *транс11-*, *транс12-*, *цис6-*, *цис7-*, *цис9-*, *цис11-* ізомерів октадеценової кислоти виробництва фірми Sigma Chemical Co, суміш метилових ефірів жирних кислот 37 Component FAME Mix т.м. Supelco (кат. № 47885-U) та суміш метилових ефірів кон'югованої лінолевої кислоти т.м. Sigma (кат. № O5632).

Реєстрацію та обробку хроматограм здійснювали за допомогою персонального комп'ютера, оснащеного програмним забезпеченням HP ChemStation. Середні значення та середньоквадратичне відхилення розраховували за допомогою програми Microsoft Office Excel 2007. Індекс насиченості ліпідів визначали як співвідношення суми насичених жирних кислот до суми ненасичених жирних кислот.

Результати й обговорення

Як видно з даних, представлених у таблиці, жир, виділений із зразків масла вершкового, виробленого протягом одного місяця, відрізняється за жиринокислотним складом. Спільним для всіх зразків є значний вміст насичених жирних кислот і переважання омега-6 жирних кислот.

Таблиця

Жиринокислотний склад зразків масла вершкового, виробленого в Україні

Показники	Відносна масова частка жирних кислот, г/100 г жиру			
	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
C 4:0	3,82	1,43	5,37	1,26
C 6:0	2,32	0,96	3,18	0,74
C 8:0	1,40	0,80	1,89	0,35
C 10:0	3,04	1,87	4,21	0,67
C 12:0	3,50	2,47	4,59	0,62
C 14:0	10,88	9,11	12,85	0,94
iso-C 14:0	0,27	0,20	0,40	0,05
anteiso-C 14:0	0,60	0,47	0,86	0,11
C 14:1	0,82	0,57	1,11	0,15
C 15:0	1,24	1,03	1,43	0,11
C 16:0	27,72	23,10	32,65	3,67
iso-C 17:0	0,45	0,30	0,71	0,11
anteiso-C 17:0	0,23	0,19	0,28	0,03
c-9-C 16:1	1,79	1,47	2,06	0,18
C 17:0	0,75	0,61	0,82	0,07
C 18:0	10,76	7,86	13,90	1,75
C 18:1	25,57	18,89	33,27	3,89
C 18:2	3,42	1,89	4,96	0,91
C 19:0	0,15	0,07	0,22	0,05

C 20:0	0,16	0,10	0,21	0,03
C 20:1	0,04	0,03	0,06	0,01
C18:3-омега3	1,13	0,65	1,80	0,33
C 21:0	0,03	0,00	0,04	0,01
C 20:2	0,02	0,00	0,03	0,02
C 22:0	0,07	0,03	0,14	0,03
C20:3-омега 6	0,07	0,02	0,17	0,04
C20:4-омега 6	0,12	0,09	0,17	0,02
C 23:0	0,03	0,00	0,04	0,01
20:4-омега3	0,04	0,00	0,14	0,05
C 22:2	0,05	0,00	0,16	0,08
C 24:0	0,04	0,02	0,06	0,01
C20:5-омега3	0,05	0,03	0,07	0,01
C22:5-омега3	0,08	0,06	0,12	0,02
Насичені	67,28	58,76	75,09	4,43
Мононенасичені	28,22	22,05	35,34	3,59
Поліненасичені	4,40	2,55	5,90	1,07
Омега-3	0,77	0,50	1,12	0,19
Омега-6	2,58	1,66	3,78	0,59
Омега-6/Омега-3	3:1	3:1	4:1	
Індекс насиченості ліпідів	2,12	1,42	3,05	0,45

Високий вміст насичених жирних кислот є характерною властивістю молочного жиру і розцінюється як його негативна ознака. Особливо небажаним є наявність у його складі великої кількості кислот, що сприяють підвищенню концентрації у крові холестерину і ліпопротеїнів низької щільності – пальмітинової, міристинової та лауринової. У кількісному відношенні переважає пальмітинова кислота, яка в середньому становить 28 % від суми всіх жирних кислот. Міристинова і лауринова кислоти становлять відповідно 11 і 3,5 %. Третє місце за кількістю серед насичених жирних кислот займає стеаринова кислота. За деякими даними, вона, на відміну від попередніх, знижує концентрацію холестерину в крові, а за іншими – володіє тромбогенними властивостями [10].

У середньому 10,6 % від суми насичених жирних кислот належить коротколанцюговим жирним кислотам від C 4:0 до C 10:0. Вміст масляної кислоти у досліджених зразках коливався у межах 3,7–5,4 %, за винятком трьох зразків, в яких концентрація масляної кислоти становила 1,4; 2,3 і 2,4 %. Наявність певної кількості масляної кислоти є унікальною ознакою ліпідів молока. Масляна кислота синтезується в епітеліальних клітинах молочної залози з продуктів мікробної ферментації вуглеводів корму. Виявлено здатність цієї кислоти уповільнювати розвиток хімічно індукованих пухлин у щурів внаслідок безпосереднього впливу на проліферативні процеси [2].

Характерними компонентами молочного жиру є також жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів і розгалуженим вуглецевим ланцюгом, які походять з ліпідів мікроорганізмів рубця. Непарні та розгалужені жирні кислоти є важливими складовими ліпідів мікробних клітин [15]. У складі кормів вони зазвичай відсутні або містяться в дуже малій кількості. Довголанцюгові жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів, зокрема пента- та гептадеканова, синтезуються бактеріями з пропіонату і валеріату, а розгалужені довголанцюгові жирні кислоти (*ізо*-14:0, *ізо*-15:0, *ізо*-16:0, *ізо*-17:0, *антеізо*- 15:0, *антеізо*-17:0) – з розгалужених летких жирних кислот: ізомасляної, ізовалеріанової та 2-метил-бутирату [23].

У досліджених зразках вершкового масла сумарний вміст розгалужених жирних кислот коливався у межах 1,1–1,9 % від суми жирних кислот (в середньому $1,5 \pm 0,28$ %). Найбільшу кількість з цієї групи кислот становила кислота антеізо-C14:0, дещо менше виявлено кислот *ізо*-17:0, *ізо*-14:0 та антеізо-17:0 (рис. 1).

Оскільки у співвідношенні непарних і розгалужених жирних кислот мікроорганізмів рубця існують значні видоспецифічні відмінності, тривалий час ці сполуки розглядались лише з погляду ідентифікації видів бактерій, що складають змішану популяцію рубцевої мікрофлори [22]. Лише останнє десятиріччя для деяких з представників цієї групи виявлено цитотоксичну дію по відношенню до ракових клітин [8].

Наявність у харчових продуктах транс-ізомерів ненасичених жирних кислот давно пов'язують із ризиком для здоров'я людини. Доведено, що транс-жирні кислоти суттєво підвищують імовірність

виникнення серцево-судинних захворювань [20], тому у деяких країнах вміст транс-ізомерів у продуктах харчування офіційно регламентується [21].

За даними Управління харчових продуктів та препаратів (Food and Drug Administration, FDA), 80 % транс-жирних кислот надходить у організм людини із гідрогенізованими жирами, які містяться в маргаринах, спредах, кондитерських виробках. Найчастіше у них виявляють елаїдинову кислоту (ізомер транс9-18:1). На відміну від гідрогенізованих жирів, основними транс-кислотами молочного жиру є вакценова (транс11-18:1) та дієнові кон'югати лінолевої кислоти [1, 13].

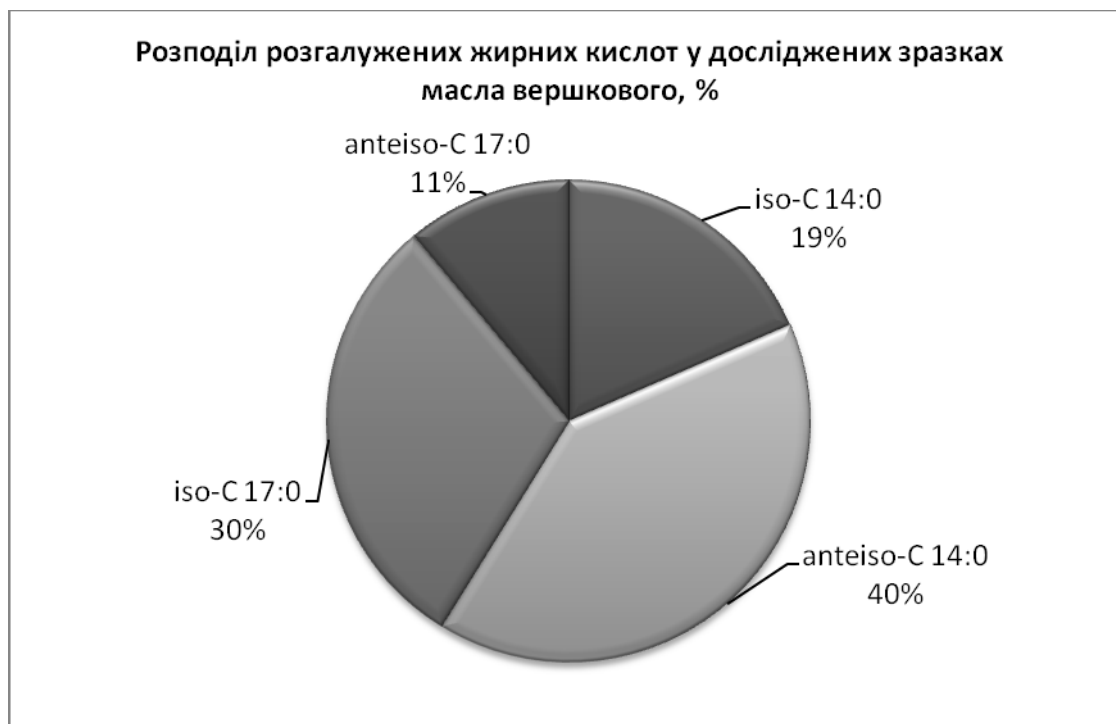


Рис. 1. Розгалужені жирні кислоти, виявлені у досліджених зразках (середній вміст, %).

Дієнові кон'югати лінолевої кислоти утворюються внаслідок біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот під впливом ферментів бактерій рубця, що обумовлює високий вміст цих сполук у молоці жуйних тварин. Основним ізомером кон'югованої лінолевої кислоти є *цис9,транс11-18:2*, або рубцева кислота, який становить більше 90 % від сумарної кількості дієнових кон'югатів. Вона може утворюватись в організмі тварин і людини зі свого попередника – вакценової кислоти (*транс11*-ізомер олеїнової кислоти) внаслідок дії $\Delta 9$ -стеароїл-десатурази. Інші дієнові кон'югати знаходяться в молочному жирі у значно менших кількостях і досліджені меншою мірою, що пояснюється складностями у їх виявленні та ідентифікації. Питання вивчення механізмів біологічної дії дієнових кон'югатів та шляхів збільшення їх природного вмісту у харчових продуктах інтенсивно вивчаються у США та країнах ЄС. Результати наукових досліджень доводять, що дієнові кон'югати зменшують відкладання жиру, попереджають виникненню атеросклерозу, онкологічних захворювань та діабету [17].

Сумарна кількість транс-ізомерів олеїнової кислоти у досліджених зразках масла вершкового знаходилась у межах від 1,38 до 5,31 % (середнє значення 2,88%), а транс-ізомерів лінолевої кислоти – від 0,56 до 2,76 % (середнє значення 1,24 %). Основним транс-ізомером олеїнової кислоти була вакценова, а лінолевої – рубцева кислота (рис.2).

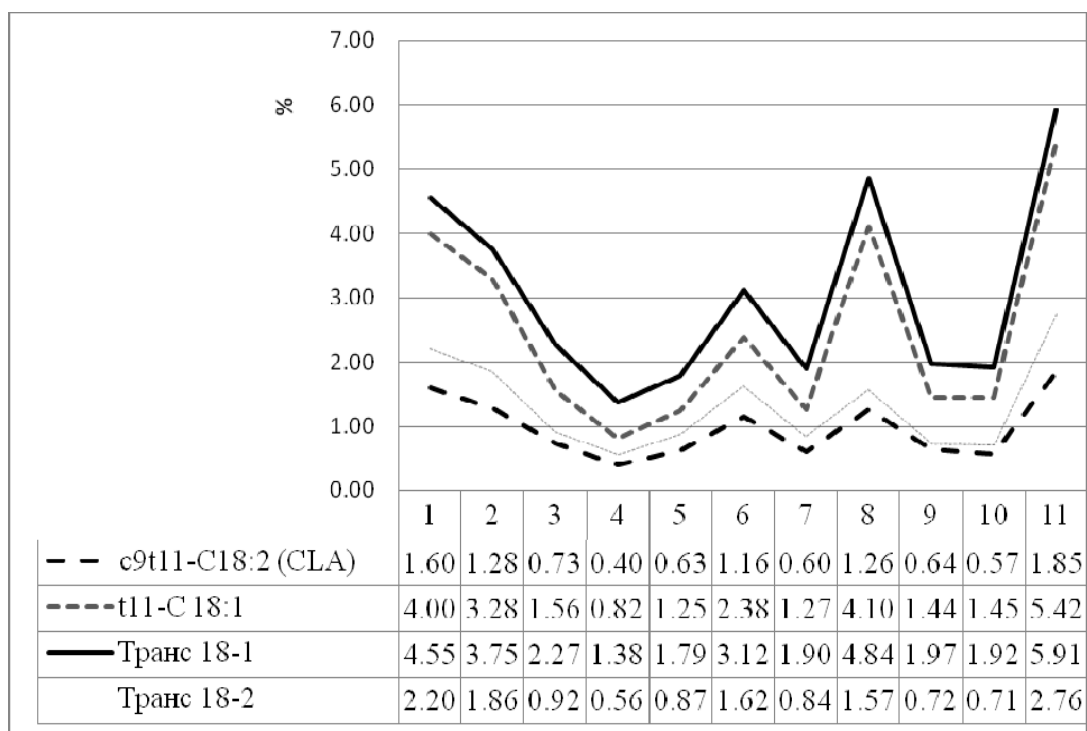


Рис. 2. Вміст транс-ізомерів олеїнової та лінолевої кислот у досліджених зразках масла вершкового

Вакценова кислота є основним попередником для синтезу кон'югованої лінолевої кислоти у тканинах людини і тварин, тому її кількість у продуктах харчування безпосередньо впливає на інтенсивність утворення останньої. Численими дослідженнями доведено, що найбільший вплив на вміст дієнових конюгатів у молоці чинить тип годівлі молочних корів: збільшення у раціоні кількості зелених кормів або використання в годівлі рослинних олій сприяє зростанню частки цих сполук у складі молочного жиру. Надмірна кількість концентрованих кормів у раціоні приводить до зміни напрямку процесів біогідрогенізації і переважного утворення транс10-інтермедіатів.

Серед омега-6 кислот у досліджених зразках масла вершкового переважала олеїнова (*цис*9,*цис*12-18:2), середній вміст якої становив $2,09 \pm 0,63$ %; виявлено також її ізомери 9транс,12транс-18:2, 9цис,12транс-18:2, 9транс12цис-18:2, ейкозатриєнову (8,11,14-20:3) та арахідонову (5,8,11,14-20:4) кислоти (рис.3).

Основною омега-3 кислотою була альфа-ліноленова ($0,50 \pm 0,15$ %), у незначних кількостях виявлено її ізомери з подвійними зв'язками у положеннях 9,12,15 наступної конфігурації: транс,цис,транс-18:3, цис,транс,цис-18:3, транс,цис,цис-18:3. Крім того, досліджені зразки містили 5,8,11,14,17-докозапентаєнову ($0,05 \pm 0,01$ %) та 4,7,10,13,16,19-докозагексаєнову ($0,08 \pm 0,02$ %) кислоти (рис.4).

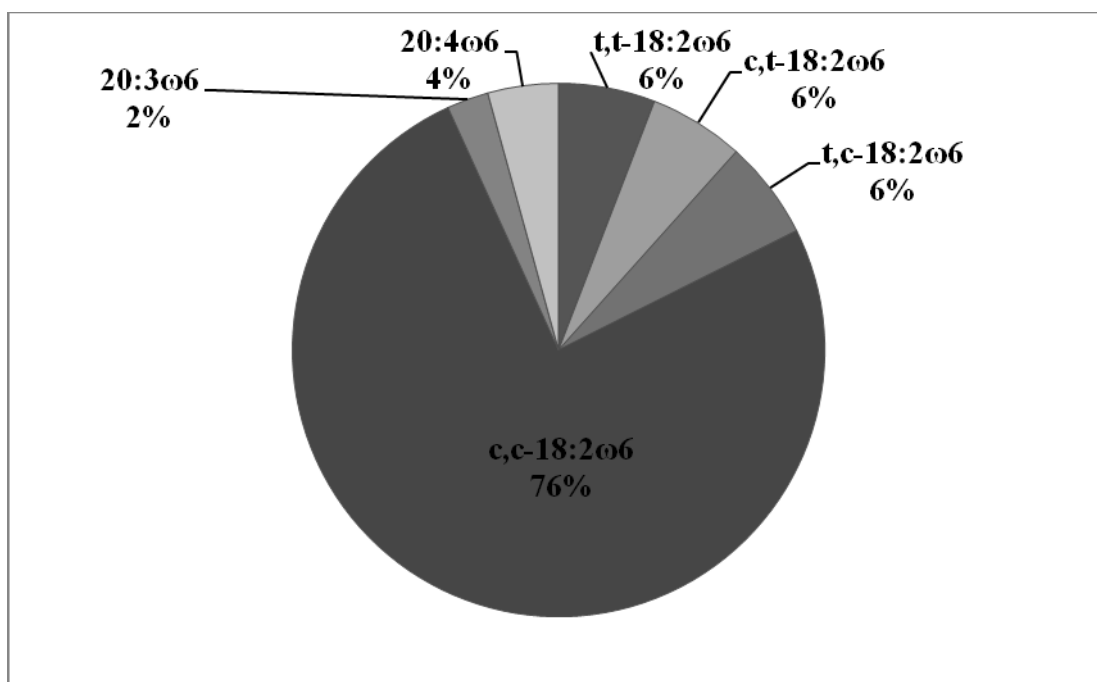


Рис. 3 Співвідношення омега-6 кислот, виявлених у досліджених зразках (середній вміст, %).

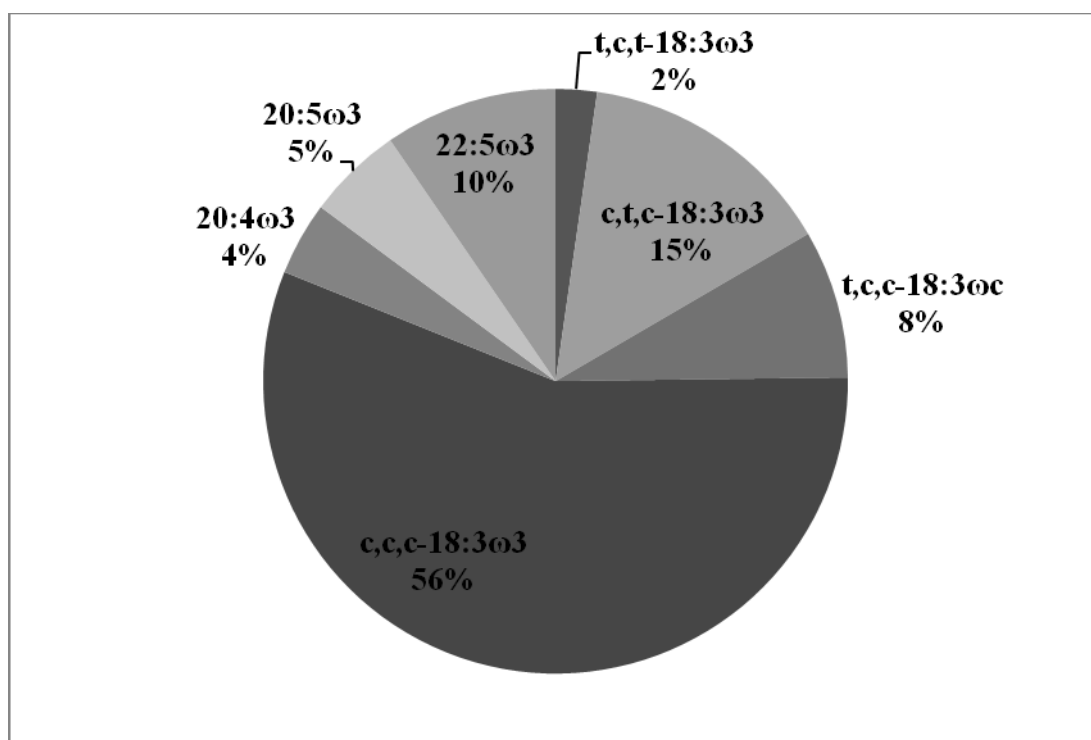


Рис. 4 Співвідношення омега-3 кислот, виявлених у досліджених зразках (середній вміст, %)

Лінолева та альфа-ліноленова кислоти належать до есенціальних, а отже повинні надходити в організм з продуктами харчування. Клінічними дослідженнями показано, що дотримання у раціоні певного відношення омега-6 та омега-3 кислот (особливо лінолевої та альфа-ліноленової) є необхідною умовою для попередження хвороб серцево-судинної системи. За деякими даними, найбільш важливим у цьому аспекті є дотримання певної кількості саме омега-3 жирних кислот, оскільки нещодавно було встановлено, що альфа-ліноленова кислота володіє кардіопротекторною дією [6]. Співвідношення омега-6/омега-3 обумовлює інтенсивність утворення ейкозаноїдів, і таким чином впливає на обмінні процеси в цілому. Оптимальним вважається значення цього співвідношення у межах від 1:1 до 1:4. Як зазначалось вище, молочний жир характеризується переважанням омега-6 кислот над омега-3 (співвідношення оме-

6/омега-3 у досліджених зразках становило 3:1–4:1). Результати досліджень, проведених в останні роки [19], свідчать про те, що більшості країн значно зростає споживання омега-6 кислот, головним чином, за рахунок лінолевої кислоти, яка переважає у більшості рослинних олій. Наприклад, в оливковій олії це співвідношення становить в середньому від 3:1 до 10:1, а у соняшниковій олії омега-3 кислоти майже відсутні.

Таким чином, проведені дослідження підтверджують існуючі наукові дані щодо біологічної цінності молочного жиру. Його унікальною ознакою є наявність декількох потенційно атиканцерогенних сполук – дієнових конюгатів лінолевої кислоти, бутирату та розгілужених жирних кислот. Дослідження, проведені у цьому напрямку, підтверджують, що споживання молочних продуктів з високим вмістом жиру знижує частоту виникнення онкологічних захворювань [16]. Недоліком молочного жиру є високий вміст насичених жирних кислот, які негативно впливають на серцево-судинну систему. Одним із засобів подолання цього є збільшення частки мононенасичених жирних кислот за рахунок транс-ізомерів і дієнових конюгатів. Масло з підвищеним вмістом цих сполук знижує у крові концентрацію загального та HDL холестерину [9]. У зв'язку з цим в країнах ЄС та США зараз набуває популярності так зване «органічне молоко», отримане із застосуванням традиційних раціонів з переважним використанням зелених та грубих кормів. Воно містить більше вакценової, рубцевої та ω-3 жирних кислот, ніж молоко із господарств зі звичайною технологією виробництва, і перевищує його за показниками харчової цінності. Перспективним напрямком збільшення у молоці частки ненасичених жирних кислот, у тому числі їх ізомерних форм, є введення у раціони корів макух та насіння олійних культур.

R. A. Golubets, O. V. Golubets, S. M. Shkaruba, O. I. Vishchur

AMOUNT OF BIOLOGICALLY ACTIVE FATTY ACIDS IN BUTTER MANUFACTURED IN UKRAINE

S u m m a r y

Results of investigation of fatty acid composition of butter manufactured in different regions of Ukraine are presented in the article. The special attention is given to quantity of linoleic and linolenic acid isomers (including conjugated linoleic acid), short- and branched-chain fatty acids. The ratio of main omega-3 and omega-6 fatty acids was analysed. Available data about influence of milk fat's fatty acids on human health and increasing of biologically active fatty acids concentration were described.

Р. А. Голубец, О. В. Голубец, С. Н. Шкаруба, О. І. Віщур

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В СЛИВОЧНОМ МАСЛЕ, ПРОИЗВЕДЕННОМ В УКРАИНЕ

А н н о т а ц и я

В статье приведены результаты исследований по определению жирнокислотного состава образцов сливочного масла, произведенного в разных регионах Украины. Особое внимание уделено содержанию в образцах пространственных и позиционных изомеров олеиновой и линолевой кислот (в том числе конъюгированной линолевой кислоты), короткоцепочечных жирных кислот и кислот с разветвленной цепью. Проанализировано соотношение основных представителей омега-3 и омега-6 жирных кислот. Рассмотрены имеющиеся в литературе данные относительно особенностей влияния жирных кислот молочного жира на здоровье человека и способы увеличения в нем содержания жирных кислот, обладающих биологической активностью.

1. *Цісарик О. Й.* Жирнокислотний склад молочного жиру корів / О. Й. Цісарик, Г.В.Дроник // Біологія тварин. – 2008. – Т10, №1–2. – С.84–102.
2. *Belobrajdic D. P.* Dietary butyrate inhibits NMU-induced mammary cancer in rats / D.P. Belobrajdic, McIntosh G.H. // Aust. J. Dairy Technol. – 2000. – P.505–531.
3. *Casper D. P.* Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrate and crude protein / D. P. Casper, D. J. Shingoethe, W. A. Eisenbeisz // J. Dairy Sci. – 1990. – Vol. 73. – P. 1039–1050
4. *White S. L.* Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration / S. L. White, J. A. Bertrand, M. R. Wade [et al.] // J. Dairy Sci. – 2001. – Vol. 84. – P. 2295–2301.

5. *Dhiman T. R.* Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid / T. R. Dhiman, L. D. Saller, M. W. Pariza [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2000. – Vol. 83. – P. 1016–1027.
6. *Albert C. M.* Dietary α -linolenic acid intake and risk of sudden cardiac death and coronary heart disease / C. M. Albert, K. Oh, W. Whang // *Circulation*. – Vol. 112. – P. 3232–3238.
7. *Drackley J. K.* Response of milk fat composition to dietary fat or nonstructural carbohydrates in Holstein and Jersey cows / J. K. Drackley, A. D. Beaulieu, J. P. Elliot // *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84. – P. 1231–1237.
8. *Wongtangtintharn S.* Effect of branched-chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells / S. Wongtangtintharn, H. Oku, H. Iwasaki [et al.] // *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* – 2004. – Vol. 50. – P. 137–143.
9. *Tholstrup T.* Effect of butter high in ruminant trans and monounsaturated fatty acids on lipoproteins, incorporation of fatty acids into lipid classes, plasma C-reactive protein, oxidative stress, hemostatic variables, and insulin in healthy young men / T. Tholstrup, M. Raff, S. Basu [et al.] // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2006. – Vol. 83. – P. 237–243.
10. *Grundy S. M.* What is the desirable ratio of saturated, polyunsaturated, and monounsaturated fatty acids in the diet? / S. M. Grundy // *Am. J. Clin. Nutr.* – 1997. – Vol. 66. – P. 988–990.
11. *Stockdale C. R.* Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk / C. R. Stockdale, G. P. Waler, W. J. Wales [et al.] // *J. Dairy Res.* – 2003. – Vol. 70. – P. 267–276.
12. *Bargo F.* Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture : Invited review/ F. Bargo, L. D. Muller, E. S. Kolver [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2003. – Vol. 86. – P. 1–42.
13. *Jensen R. G.* Invited Review: The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000/ R. G. Jensen // *J. Dairy Sci.* – 2002. – Vol. 85. – P. 295–350.
14. *Jensen R. G.* The composition of milk fat / R. G. Jensen, A. M. Ferris, C. J. Lammi-Keefe // *J. Dairy Sci.* – 1991. – Vol. 74. – P. 3228–3243.
15. *Kaneda T.* Iso- and anteiso-fatty acids in bacteria: biosynthesis, function and taxonomic significance / T. Kaneda // *Microbiol. Rev.* – 1991. – Vol. 55. – P. 288–302.
16. *Larsson S. C.* High-fat dairy food and conjugated linoleic acid intake in relation to colorectal cancer incidence in the Swedish Mammography Cohort / S. C. Larsson, L. Berqvist, A. Wolk // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2005. – Vol. 82. – P. 894–900.
17. *Lock A. L.* The biology of trans fatty acids: implications for human health and the dairy industry / A. L. Lock, P. W. Parodi, D. E. Bauman // *Aust. J. Dairy Technol.* – 2007. – Vol. 60. – P. 134–142.
18. *Piperova L. S.* Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet / L. S. Piperova, B. B. Teter, I. Bruckental // *J. Nutr.* – 2000. – Vol. 130. – P. 2568–2574.
19. *Simopoulos A. P.* The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids / A. P. Simopoulos // *Biomed. Pharmacother.* – 2002. – Vol. 56. – P. 365–370.
20. The influence of trans fatty acids on health: a report / Danish Nutritional Council – Publ. no 34. – Copenhagen, 2003. – 85 P.
21. *Kühlsen M.* Trans fatty acids: scientific progress and labeling. / M. Kühlsen, M. Pfeuffer, Y. Soustre [et al.] // *Bulletin of the International Dairy Federation.* – 2005. – № 393. – P. 3–20.
22. *Vlaeminck B.* Use of odd and branched-chain fatty acids in rumen contents and milk as a potential microbial marker / B. Vlaeminck, C. Dufour, A. M. van Vuuren [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2005. – Vol. 88. – P. 1031–1042.
23. *Bae G. S.* Variation in the concentration of the odd-chain fatty acids in rumen bacteria / Bae G. S., Chang B., Maeng R. J [et al.] // *Proceeding of 25th Conference Rumen Function.* – Chicago, USA. – 2000. – P. 32.

Рецензент: завідувач лабораторії живлення великої рогатої худоби, доктор сільськогосподарських наук, с. н. с. Вудмаска І. В.