

УДК 637.057:637.148:637.236

## МОНІТОРИНГ ВМІСТУ ТРАНС-ІЗОМЕРІВ С 18:1 У МОЛОЦІ ТА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТАХ

---

**Я. Ф. ЖУКОВА, К. В. КОПИЛОВА, С. С. ПЕТРИЩЕНКО**

*Інститут продовольчих ресурсів НААН (Київ, Україна)*  
[yaroslava-zhukova@yandex.ru](mailto:yaroslava-zhukova@yandex.ru)

*Досліджено жирнокислотний склад молочних виробів. Визначено вміст транс-ізомерів жирних кислот та їх фракційний склад. В результаті проведеного аналізу обраховано граничні співвідношення транс-ізомерів для продуктів із натуральним молочним жиром та його частковою заміною. Запропоновано застосування співвідношення t9/t11-ізомерів олеїнової кислоти як додаткової характеристики природних транс-ізомерів у жировій фазі.*

**Ключові слова:** жирнокислотний склад, замітник молочного жиру, молочні продукти, олеїнова кислота, транс-ізомери

## RESEARCH OF OLEIC ACID TRANS-ISOMERS CONTENT IN MILK AND DAIRY PRODUCTS

**Y. F. Zhukova, K. V. Kopylova, S. S. Petryshchenko**

*Institute of Food Resources of NAAS (Kyiv, Ukraine)*  
[yaroslava-zhukova@yandex.ru](mailto:yaroslava-zhukova@yandex.ru)

*It was investigated fatty acid composition of dairy products. The content of trans-isomers of fatty acids and their fractional composition were studied. The limit of the ratio of trans-isomers for products with natural milk fat and its partial replacement were calculated. It is proposed to use the ratio t9/t11-isomers of oleic acid, as additional characteristics of the natural trans-isomer fatty phase.*

**Key words:** fatty acid composition, milk fat substitute, dairy products, oleic acid, trans-isomers

## МОНІТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТРАНС-ИЗОМЕРОВ С 18:1 В МОЛОКЕ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ

**Я. Ф. Жукова, Е. В. Копылова, С. С. Петрищенко**

*Інститут продовольствених ресурсів НААН (Київ, Україна)*  
[yaroslava-zhukova@yandex.ru](mailto:yaroslava-zhukova@yandex.ru)

*Исследован жирнокислотный состав молочных продуктов. Определено содержание транс-изомеров жирных кислот и их фракционный состав. В результате проведенного анализа рассчитаны предельные соотношения транс-изомеров для продуктов с натуральным молочным жиром и его частичной заменой. Предложено применение соотношения t9/t11-изомеров олеиновой кислоты в качестве дополнительной характеристики природных транс-изомеров в жировой фазе.*

---

© Я. Ф. Жукова, К. В. Копилова, С. С. Петрищенко, 2015

**Ключевые слова:** жирнокислотный состав, заменитель молочного жира, молочные продукты, олеиновая кислота, транс-изомеры

**Вступ.** Жири та олії є необхідною частиною здорової дієти, але тип жиру та споживання його загальної кількості має велике значення для нормального функціонування організму людини. Високий рівень споживання жирів, до складу яких входить велика кількість насичених жирних кислот і холестерину, підвищує ризик розвитку цілого ряду неінфекційних захворювань, серед яких розлади серцево-судинної системи, онкологія, різні ендокринні порушення тощо. Навпаки недостатнє споживання олій та жирів призводить до нестачі жиророзчинних вітамінів, незамінних жирних кислот, небажаних змін у концентрації ліпопротеїдів високої щільності та тригліцеридів.

Якість продуктів харчування, зокрема молочних, нерозривно пов'язана із жирнокислотним складом їх жирової фази.

Молочний жир жуйних характеризується унікальним жирнокислотним складом. Згідно останніх досліджень, у складі триацилгліцеридів молока корів виявлено близько 416 жирних кислот [1, 2].

Із загальної кількості жирних кислот приблизно 70 % складають насичені жирні кислоти, 25 % мононенасичені і 5 % поліненасичені [3]. Втім у сирому молоці спостерігається досить широка варіація вмісту жирних кислот залежно від регіону походження, породи тварини, періоду лактації, способу годування, тощо, що у свою чергу відбивається на їх вмісту у готових продуктах. Велика різноманітність довголанцюжкових жирних кислот у жирі молока корів зумовлена рубцевим біогідрогенуванням та синтезом жирних кислот *de novo* в тканині молочної залози тварин.

Основні природні насичені жирні кислоти молочного жиру мають цис-ізомерну форму. Вміст цис-ізомерів мононенасичених жирних кислот у молочному жирі у середньому становить від 18 до 24 % загальної кількості жирних кислот, серед них переважає олеїнова кислота — 15–22 %. Серед транс-ізомерів домінуючою в кількісному відношенні є вакценова (ВК) — транс-11 октадеценова кислота, частка якої в ліпідах молока коливається в широких межах від 1,91 до 6,34 % із середнім значенням 3,74 %, що становить від 30 до 60 % загальної кількості транс-С18:1. Крім цієї ізомерної форми, в молоці корів виявлено ще 13 індивідуальних ізомерних форм транс-С18:1, вміст яких є незначним [4]. Важливим аргументом на користь нешкідливості транс-ізомерів ненасичених жирних кислот молочного жиру, проте лише тих, які утворюються в рубці, може слугувати той факт, що людина споживає їх тисячоліттями. Тобто, організм людини еволюційно пристосований до метаболізму таких транс-ізомерів [5].

Включення до раціону жирів промислового походження активізувало дискусії щодо їх шкоди здоров'ю людини, зокрема через наявність в деяких з них надмірної кількості транс-ізомерів. Ступінь споживання транс-ізомерів ненасичених жирних кислот людиною варіює в широких межах. За даними Д. Аллінсона зі співавт. індивідуальне споживання їх у США становить 5,3 г/день, або 7,4 % від спожитого жиру, причому лише 15–20 % з них походять з молока чи масла [6].

Вже отримано докази щодо прямого зв'язку транс-жирних кислот промислових жирів з серцево-судинними захворюваннями, раком молочної залози, скороченням періоду вагітності, порушенням роботи нервової системи та зору у новонароджених, раком товстої кишки, діабету, ожиріння і алергії. Такі дані можна пояснити надмірною кількістю транс-ізомерів та відмінностями їх якісного складу у заміниках молочного жиру і неможливістю їх перетворення природними ферментами в організмі людини.

Вміст транс-ізомерів у продуктах харчування може бути знижений за рахунок введення обов'язкових правил, що стосуються процесу та вмісту у продуктах гідрогенізованих олій.

Також є дані, що профіль транс-С18:1 відрізняється залежно від їх походження (бактеріальна гідрогенізація в рубці або промислова гідрогенізація). На сьогоднішній день

дані щодо вмісту ТЖК та профілей транс-С18:1 різних видів харчових продуктів обмежена [4].

Метою даної роботи було дослідження жирнокислотного складу жирової фази різних видів молочної продукції.

#### **Матеріали та методи.**

Об'єктом досліджень були сири тверді сичужні, сир кисломолочний, сметана, масло солодковершкове, згущене, пастеризоване та незбиране молоко.

Для ідентифікації та кількісного визначення жирних сполук у продуктах застосовували метод капілярної газо-рідинної хроматографії.

#### **Результати досліджень.**

Жирнокислотний склад молочного жиру визначає його харчову цінність, фізичні властивості і, зокрема, здатність затвердівати при зниженні температури нижче точки плавлення. У свою чергу, ступінь твердіння молочного жиру визначає характер структури вершкового масла, його реологічні показники – міцність структури, здатність намазуватись, термостійкість та ін.

Для контролювання якості молочних продуктів необхідно мати базу даних щодо їх жирнокислотного складу, особливо з підвищеним вмістом жирової фази. У табл. 1 представлено дані жирнокислотного складу різних видів молочної продукції.

#### **1. Жирнокислотний склад різних видів молочної продукції**

Позначення жирної кислоти	Вміст жирної кислоти ( $X_{\text{ср.}} \pm y$ )			
	Сир кисло-молочний та сметана	Масло солодковершкове	Пастеризоване та згущене молоко	Тверді сичужні сири
С 4:0	4,51 ± 0,81	4,38 ± 1,20	4,17 ± 1,10	4,15 ± 0,82
С 6:0	3,03 ± 0,33	2,84 ± 0,44	2,80 ± 0,45	2,87 ± 0,44
С 8:0	1,56 ± 0,18	1,43 ± 0,18	1,46 ± 0,18	1,48 ± 0,32
С 10:0	2,96 ± 0,35	2,78 ± 0,33	2,77 ± 0,27	2,91 ± 0,42
С 10:1	0,34 ± 0,06	0,33 ± 0,10	0,38 ± 0,10	0,27 ± 0,01
С 11:0	0,06 ± 0,04	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,07 ± 0,03
С 12:0	3,11 ± 0,31	2,91 ± 0,31	3,02 ± 0,28	3,05 ± 0,41
С 13:0	0,08 ± 0,06	0,10 ± 0,05	0,10 ± 0,04	0,08 ± 0,03
С 14:0	9,01 ± 0,53	8,87 ± 0,61	9,59 ± 0,49	9,52 ± 1,10
С 14:1	1,21 ± 0,40	1,29 ± 0,19	1,00 ± 0,46	1,09 ± 0,16
С 15:0	0,95 ± 0,20	1,06 ± 0,11	1,25 ± 0,31	1,19 ± 0,14
С 15:1	0,25 ± 0,39	0,23 ± 0,04	0,74 ± 0,44	0,25 ± 0,02
С 16:0	23,98 ± 2,47	24,01 ± 2,15	26,29 ± 2,39	26,44 ± 1,31
С 16:1 н7	1,10 ± 0,18	1,20 ± 0,27	1,07 ± 0,20	1,28 ± 0,14
С 17:0	0,56 ± 0,16	0,64 ± 0,14	0,70 ± 0,14	0,71 ± 0,09
С 17:1 н7	0,32 ± 0,07	0,32 ± 0,11	0,36 ± 0,08	0,31 ± 0,06
С 18:0	12,78 ± 1,08	10,16 ± 1,18	9,91 ± 1,23	9,86 ± 0,85
С 18:1 н9 т	2,78 ± 0,85	3,15 ± 2,52	2,74 ± 0,92	2,39 ± 0,55
С 18:1 н9 с	23,68 ± 2,18	22,13 ± 2,98	22,24 ± 1,44	21,82 ± 1,20
С 18:2 н6 т	0,34 ± 0,19	0,41 ± 0,19	0,45 ± 0,19	0,35 ± 0,04
С 18:2 н6 с	3,36 ± 0,66	3,09 ± 0,65	2,83 ± 0,96	2,99 ± 0,85
С 18:3 н6	0,05 ± 0,12	0,05 ± 0,05	0,31 ± 0,86	0,09 ± 0,06
С 20:0	0,10 ± 0,06	0,14 ± 0,12	0,25 ± 0,26	0,16 ± 0,10
С 18:3 н3	0,38 ± 0,22	0,66 ± 0,26	0,59 ± 0,29	0,64 ± 0,22
Conj С 18:2 + С20:1	1,12 ± 0,33	1,07 ± 0,38	0,96 ± 0,45	0,68 ± 0,17

Отримані дані свідчать, що характерні для молочного жиру коротколанцюжкові кислоти незначно варіюють залежно від виду молочної продукції, тобто є характерними і вельми відрізняються від тваринного або рослинного жирів особливо в діапазоні C<sub>4:0</sub> – C<sub>12:0</sub> та C<sub>18:2</sub> кислот.

Вміст транс-ізомерів C 18:1 кислоти у досліджених продуктах варіював від 1,84 до 5,67.

Замінники молочного жиру є спеціалізованими жирами, що за своїми фізико-хімічними властивостями та жирнокислотним складом наближені до натурального молочного жиру коров'ячого молока і призначені як для часткової, так і для повної його заміни у продуктах харчування. Як правило, замінники молочного жиру виробляють на базі фракціонованих, частково гідрогенізованих та переетерифікованих жирів та олій. Відзначимо, що внаслідок гідрогенізування вміст транс-ізомерів жирних кислот різко підвищується. В окремих зразках вміст транс-ізомерів C 18:1 кислоти становив 27–35 %.

Ідея важливості дослідження не лише загального вмісту транс-ізомерів C 18:1, а й її конкретних ізомерних форм базується на тому, що транс-ізмери можуть пошкоджувати клітини мозку і периферичної нервової системи, оскільки захисна оболонка нейронів (мієлін) складається з білка тільки на 30 %, а на 70 % – з жирних кислот, головним чином, олеїнової (цис-18:1; 9) і докогексаєнової (цис-22: 6; 4, 7, 10, 13, 16, 19). Заміна цих жирних кислот на транс-ізмери призводить до зміни електричної активності нейронів і їх здатності до передачі сигналів. Це призводить до нервового виродження і зниження розумових здібностей, що проявляється при розсіяному склерозі, хворобах Паркінсона і Альцгеймера.

Наведені приклади показують, що при оцінці безпеки їжі або ліків необхідно враховувати ізомерію складових їх компонентів. Тому, наприклад, в США з 2006 р. на упаковках молочних продуктів і маргаринів обов'язково вказують вміст транс-ізомерів. У складі жиру грудного молока в середньому міститься близько 7,2 % транс-ізомерів жирних кислот зі спожитих матерями частково гідрогенізованих рослинних жирів.

Тому було досліджено якісний склад транс-ізомерів C18:1 кислоти C 18:1 в продуктах харчування.

Показано, що в природному молочному жирі домінував ізомер C 18:1 кислоти, так звана вакценова кислота (транс-11-октадеценова кислота) C 18:1t11 (t 11). За літературними даними, її вміст становить від 30 до 60 % всіх транс-ізомерів і за деяких умов утримання тварин може сягати 6,34 % [4].

Гідрогенізовані жири мали інший профіль транс-ізомерів, в яких досить у більшості випадків переважала транс-9-октадеценова кислота (C 18:1t9) (t 9).

Задля визначення достовірної ізомеризації жирних кислот у продуктах з рослинними жирами було запропоновано формулу [4]:

$$ID = \frac{transC18 : x}{(cisC18 : x + transC18 : x)}$$

Втім ID може не відображати реальну картину у наступних випадках:

1) високе значення ID в разі малого вмісту транс-ізомерів або надмірне мале значення ID в разі високих абсолютних значень транс-ізомерів.

З точки зору дієтичного харчування або біологічної цінності більше значення має розподіл окремих транс-ізомерів, встановлення меж їх вмісту та кореляції впливу на здоров'я людини. Поки що диференціація цих ізомерів є складним завданням і методично не уніфікованою процедурою, яка досить рідко впроваджена у промислових лабораторіях. Втім якісний та кількісний склад ізомерів жирних кислот є невід'ємною частиною встановлення походження жиру будь-якого продукту [4].

Задля цього було проаналізовано хроматограми молокозмісних продуктів із замінниками молочного жиру щодо наявності та співвідношення t9/t11 C 18:1 кислот.

У табл. 2 представлені співвідношення транс-ізомерів C18:1 кислоти окремих досліджуваних продуктів. Показано, що у природному молочному жирі у продуктах, виготовлених з коров'ячого молока, співвідношення ізомеру t9 C 18:1 до t11 C 18:1 складало від 0,14 до 0,36, тоді як у продуктах із замінниками молочного жиру воно варіювало від 0,43 до 1,65.

## 2. Співвідношення транс-ізомерів С18:1 кислоти у молочних продуктах

Продукт з натуральним молочним жиром	Границі відношень масових часток метилових ефірів t9/t11 С18:1	Продукт з додаванням ЗМЖ	Границі відношень масових часток метилових ефірів t9/t11 С18:1
Молоко коров'яче	0,20–0,23	Спред	0,43–1,65
Масло солодковершкове	0,18–0,23	Сирний продукт	0,77–1,17
Сир плавлений	0,32–0,36	Плавлений сир із ЗМЖ	0,58–0,62
Сир твердий	0,14–0,20	Дитячий сирок	0,97–1,19

На основі представлених даних запропоновано ввести співвідношення масових часток метилових ефірів t9/t11 С18:1 як додатковий показник натуральності жирової фази, зокрема природи транс-ізомерів. Співвідношення являє собою нескладний, зручний інструмент, що може додатково використовуватись для характеристики жирів продуктів харчування. А також може бути використаний в майбутньому при дослідженні впливу різних видів жирів на здоров'я людини і поширений на інші виробы, особливо борошно круп'яні та кондитерські.

**Висновки.** Проведено моніторинг вмісту транс-ізомерів у вітчизняних молочних продуктах. За отриманими даними вміст транс-ізомерів коливався від 1,84 до 5,67 %, що відповідає вимогам чинної нормативної документації.

1. Було ідентифіковано два основних транс-ізомери С18:1 кислоти. Вони представлені *транс-9* - октадецеенової та *транс-11*- октадецеенової кислот.

2. Виявлено відмінності транс-ізомерного складу натурального природного молочного жиру та жирів промислового виробництва. Показано, що при додаванні жирів промислового виробництва, отриманих методом гідрогенізації, загальний вміст транс-ізомерів збільшувався. При цьому спостерігається підвищення вмісту *транс-9* – октадецеенової кислоти, що має негативний вплив на здоров'я людини.

3. Запропоновано обрахування співвідношення t9/t11-ізомерів олеїнової кислоти як додаткової характеристики натуральності транс-ізомерів у жировій фазі. У досліджених продуктах співвідношення становило 0,1–0,4 для натурального молочного жиру з коров'ячого молока і 0,4–1,65 для жирової фази продукту з додаванням промислово отриманих жирів.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Palmquist, D. L. Milk fat: Origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon / D. L. Palmquist // In *Advanced of Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids*, 3rd ed. Ed by P. F. Fox and P. L. H. McSweeney. – New York : Springer, 2006. – P. 43–91.

2. 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.

3. Grummer, R. R. Effect of feed on the composition of milk fat / R. R. Grummer // *J. Dairy Sci.* – 1991. – Vol. 74. – P. 3244–3257.

4. Precht, D. Rapid analysis of the trans-octadecenoic acid in milk fat / D. Precht, J. Molkenstein // *Int. Dairy J.* – 1996. – № 6. – P. 791–809.

5. Achman, R. G. The dichotomy of the trans- ethylenic bond in our foods / R. G. Achman // *Eur. J. Lipid Sci.* – 2000. – № 102. – P. 630–632.

6. Production and use of high foods in human health / D. E. Bauman, C. Tyburczy, A. M. O'Donnell, A. L. Lock // *J. Dairy Sci.* – 2007. – 90 (Suppl. 1). – P. 429.

## REFERENCES

1. Palmquist, D. L. 2006. Milk fat: Origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. *Advanced of Dairy Chemistry, Lipids, 3rd ed. Ed by P. F. Fox and P. L. H. McSweeney*. New York, Springer. 2: 43–91.

2. Jensen, R. G. 2002. Invited review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.*, 85: 295–350.
3. Grummer, R. R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *Dairy Sci.*, 74: 3244–3257.
4. Precht, D., and J. Molkenin. 1996. Rapid analysis of the trans-octadecenoic acid in milk fat. *Int. Dairy J.*, 6: 791–809.
5. Achman, R. G. 2000. The dichotomy of the trans-ethylenic bond in our foods. *Eur. J. Lipid Sci.*, 102: 630–632
6. Bauman, D. E., C. Tyburczy, A. M. O'Donnel, and A. L. Lock. 2007. Production and use of high foods in human health. *J. Dairy Sci.*, 90 (Suppl.1): 429.



УДК 636.2:612.621

**ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ  
МИКРОФИЛАМЕНТОВ И ПРОТЕИНКИНАЗЫ А НА КАПАЦИТАЦИЮ  
СПЕРМАТОЗОИДОВ БЫКОВ, СТИМУЛИРОВАННУЮ  
ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМ КРЕМНЕЗЕМОМ**

**Т. И. КУЗЬМИНА<sup>1</sup>, Е. Н. БОЙЦЕВА<sup>1</sup>, С. И. КОВТУН<sup>2</sup>, Н. П. ГАЛАГАН<sup>3</sup>,  
Е. С. УСЕНБЕКОВ<sup>4</sup>, В. Ю. ДЕНИСЕНКО<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных» (Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация)

<sup>2</sup>Институт разведения и генетики животных имени М.В.Зубца НААН (Чубинское, Украина)

<sup>3</sup>Институт химии поверхности им. А. А. Чуйка НАН Украины (Киев, Украина)

<sup>4</sup>Казахский национальный аграрный университет (Алматы, Республика Казахстан)  
[prof.kouzmina@mail.ru](mailto:prof.kouzmina@mail.ru)

Выявлено, что высокодисперсный кремнезем (ВДК) индуцирует капацитацию сперматозоидов быков. В механизм реализации его действия вовлечены микрофиламенты и протеинкиназа А, о чем свидетельствует снижение количества капацитированных клеток при обработке спермиев ингибитором полимеризации микрофиламентов цитохалазином Д и ингибитором протеинкиназы А Н-89.

**Ключевые слова:** сперматозоиды, капацитация, акросомная реакция, микрофиламенты, цитохалазин Д, протеинкиназа А, Н-89, внутриклеточное депо кальция

**INFLUENCE OF INHIBITORS OF MICROFILAMENTS POLYMERIZATION AND  
PROTEIN KINASE A ON CAPACITATION OF BULL SPERM STIMULATED HIGHLY  
DISPERSIBLE SILICA**

**T. I. Kuzmina<sup>1</sup>, E. N. Boytseva<sup>2</sup>, S. I. Kovtun<sup>3</sup>, N. P. Galagan<sup>4</sup>, E. S. Usenbekov,  
V. Yu. Denisenko**

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Genetics and breeding of farm animals» (St.-Petersburg-Pushkin, Russia)

<sup>2</sup>Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M.V.Zubets NAAS (Chubynske, Ukraine)

© Т. И. Кузьмина, Е. Н. Бойцева, С. И. Ковтун,  
Н. П. Галаган, Е. С. Усенбеков, В. Ю. Денисенко, 2015