

ПІДТВЕРДЖЕННЯ АВТЕНТИЧНОСТІ ОРГАНІЧНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ: АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ МАРКЕРІВ

Я.Ф. Жукова, к.б.н., зав. відділу,
П.І. Петров, пров. фах.,
відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції,
Інститут продовольчих ресурсів НААН

Аналіз досліджень щодо підтвердження автентичності органічних молочних продуктів показав, що найбільші відмінності на сьогодні встановлені для сполук жирової фази. В органічних сирах, вершках та маслі вміст транс-вакценової кислоти становив не менше 2,010 г/100 г жиру, кон'югатів лінолевої кислоти – 0,580 г/100 г, фітанової кислоти – від 200 мг/100 г жиру і вище, α -ліноленової кислоти – від 0,500 г/100 г жиру. Також, статистично достовірні відмінності були встановлені для прістанової кислоти: в органічних сирах її вміст варіював в діапазоні 42-71 мг/100 г жиру, а для неорганічних – 26-57 мг/100 г жиру. При цьому виявлено, що критичним показником було відношення вмісту прістанової до фітанової кислоти та вміст стереоізомерів фітанової кислоти. Значення стабільних ізотопів $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції, нижчі за -26,5‰, можуть свідчити про органічне походження молочних продуктів. Однак, часткові перекриття значень в органічних та неорганічних продуктах можна пояснити особливостями раціону худоби. Тому найбільш перспективним напрямком є комплексний аналіз жирової та білкової фаз, математичне співставлення результатів біохімічних та фізико-хімічних досліджень органічних продуктів, що дозволить створити надійний інструмент для підтвердження їх автентичності.

Ключові слова: автентичність, органічні молочні продукти, фітанова кислота, жирні кислоти, стабільні ізотопи

AUTHENTICITY OF ORGANIC DAIRY PRODUCTS: ANALYSIS OF POTENTIAL MARKERS

Ya.F. Zhukova, Ph.D., Biology, Head of Department
P.I. Petrov, Senior specialist,
Department of Analytical Research and Food Quality,
Institute of Food Resources NAAS

The analysis of studies of authentication of organic dairy products has shown that at present time the greatest differences had found for the compounds of the fat phase. In organic cheese, cream and butter, the content of trans-vaccenic acid was not less than 2.010 g/100 g of fat, conjugates of linoleic acid – 0.580 g/100 g, phytanic acid – from 200 mg/100 g of fat and above, α -linolenic acid – from 0.50 g/100 g of fat. Also, statistically significant differences were found for pristanic acid: in organic cheeses its content varied in the range of 42-71 mg/100 g fat, and for conventional – 26-57 mg/100 g fat. At the same time, it was found that the ratio of pristanic/phytanic acid and stereoisomers of phytanic acid are critical. The value of stable $\delta^{13}\text{C}$ isotopes in the fat fraction, below -26.5 ‰, may indicate the organic origin of dairy products. However, partial overlapping of values in organic and conventional products can be explained by the features of the cattle diet. Therefore, the most promising direction is a complex analysis of fat and protein phases, mathematical comparison of the results of biochemical and physicochemical studies of organic products, which will create a reliable tool for confirming their authenticity.

Keywords: authentication, organic dairy products, fatty acid composition, phytanic acid, stable isotopes

Світовий ринок органічних молочних продуктів оцінюється в \$7,7 млрд, що становить 11% від загального ринку органічних продуктів харчування. Найбільший рівень споживання органічних молочних продуктів характерний для країн Європи (обсяг ринку – \$2,4 млрд у 2013 році), а в окремих країнах (Данія) частка органічних молочних продуктів становить 24% ринку молочних продуктів. За прогнозами, у 2018 році ринок органічних молочних продуктів збільшиться на 6,75% порівняно з 2013 роком та буде сягати \$10 млрд [1]. Основні ринки органічного молока та молочних продуктів – США, Великобританія, Франція, Австралія, Китай та Німеччина [1-2]. За результатами соціологічних досліджень, споживачі готові платити за сири органічного виробництва на 54,8% вищу ціни, ніж за сири неорганічного виробництва, з огляду на їх походження та якість [3].

Інтерес споживачів до органічної продукції та більш висока ціна на неї сприяють можливим випадкам фальсифікації. Автентифікація органічних продуктів є значним викликом і для науковців [4]. Впродовж останніх років в рамках розпочатих у ЄС програм досліджень запроваджувався ряд міжнародних проектів, спрямованих на вивчення даного питання [5].

Серед найбільших проектів можна виділити 3 етапи проекту CORE ORGANIC (Координації європейських транснаціональних досліджень у сфері органічних продуктів харчування і системи ведення сільського господарства – Coordination of European Transnational Research in Organic Food and Farming Systems), серед яких були підпроекти, спрямовані на автентифікацію органічних продуктів харчування:

1) Розробка стандартів якості та оптимізованих методів обробки для органічних продуктів («SusOrganic», 2015-2017 рр., 5 країн-учасників).

2) Швидкі методи автентифікації органічних продуктів на основі рослин («AuthenticFood» (2010-2013 рр., бюджет €186,5 тис., 11 країн-учасників).

3) Потенційне поліпшення впливу видового складу фуражу та добавок на органічне молоко («PhytoMilk», 2004-2007 рр., бюджет приблизно €1,2 млн, 4 країни-учасниці).

Одним з перших великих органічних дослідницьких проектів був проект «Якість низько-інтенсивних продуктів харчування» (QLIF, «Quality of Low Input Food»), серед ряду завдань якого було порівняння параметрів якості органічних та неорганічних молочних продуктів. Також, в 2016 році закінчив свою роботу проект «Стале органічне і низько-інтенсивне молочне господарство» (SOLID, «Sustainable Organic and Low Input Dairying»), серед напрямків досліджень якого було вивчення раціонів жуйних тварин на основі фуражу та кормів власного виробництва в органічному сільському господарстві.

Метою даної роботи є аналіз останніх досліджень, спрямованих на встановлення потенційних маркерів автентичності органічних молочних продуктів.

Матеріали та методи. У даній роботі здійснено пошук та аналіз наукових робіт, присвячених дослідженню методів та окремих показників для автентифікації органічних молочних продуктів.

Важливим фактором під час дослідження та аналізу фізико-хімічних та біохімічних параметрів органічних продуктів є врахування особливостей вимог стандартів органічного виробництва, які відрізняються між собою. Спектр дозволених для використання добавок та технологічних режимів обробки є різним у різних стандартів органічної сертифікації [6-7], що значно впливає на формування органолептичних, фізико-хімічних та біохімічних параметрів продуктів (табл.1).

З таблиці можна бачити, що вимоги стандартів варіюють від заборони гомогенізації, стерилізації, високотемпературної пастеризації та обмеженого переліку дозволених добавок (стандарт «Demeter», «BioSuisse») до широкого діапазону дозволених методів обробки та використання стабілізаційних добавок (сертифікація ЄС). Також, деякі органічні стандарти вимагають, щоб культури молочнокислих бактерій для виробництва кисломолочних продуктів вирощувалися на органічному молоці [6].

**Порівняння вимог основних стандартів органічної сертифікації до обробки
молока та технології молочних продуктів**

Органічний стандарт	Температура пастеризації	Гомогенізація	Використання добавок
Сертифікація ЄС (Директива Ради ЄС № 834/2007 та Регламент Комісії ЄС № 889/2008)	Дозволено звичайну пастеризацію та стерилізацію молока	Дозволено	Дозволено використання натуральних барвників, лецитину, пектину, камедей, карегенану, альгінатів (всього 47 речовин)
«Demeter» (міжнародний)	Пастеризація можлива лише за температури 72-75°C. Заборонена високотемпературна пастеризація	Заборонено	Дозволено використання CaCO ₃ , CaCl ₂ та інших (всього 13 речовин)
«Bioland» (Німеччина)	Дозволено звичайну пастеризацію та стерилізацію молока	Дозволено	Дозволено використання різних добавок (всього 23 речовини)
«BioSuisse» (Швейцарська конфедерація)	Пастеризація за температури 72-76°C. Заборонено стерилізацію, подвійну пастеризацію, високотемпературну пастеризацію	Максимальний тиск при обробці молока – 100 Бар	Заборонено використання стабілізаторів (всього дозволено використання 34 речовин)
USDA Organic (США)	Дозволено звичайну пастеризацію та стерилізацію молока	Дозволено	Дозволено використання карагенану, агару, альгінату, ксантанової камеді.
Japanese Agricultural Organic Standard (JAS) (Японія)	Дозволено звичайну пастеризацію та стерилізацію молока	Дозволено	Дозволено використання лецитину, карагенану, пектину, камедей

Але, згідно до проведеного аналізу досліджень було встановлено, що, зазвичай, при дослідженні органічних молочних продуктів не вказується тип їх органічної сертифікації. Враховуючи цей факт, було висунуто припущення, що проведені дослідження, більша частина яких проведена в європейських країнах, описують результати аналізу органічних продуктів, сертифікованих за загальноєвропейським стандартом.

Аналіз проведених досліджень показав, що автентифікація органічного походження молочних продуктів охоплює широкий ряд методів дослідження, їх комбінацію та аналіз ряду параметрів, що визначає комплексний підхід до даного питання. Результати проведених досліджень були класифіковані відповідно до проаналізованих фізико-хімічних та біохімічних параметрів.

Вміст фітанової кислоти, її стереоізомерів та прістанової кислоти

Фітанова кислота (3,7,11,15-тетраметілгексадеканоева кислота) є жирною кислотою з подвійним зв'язком, яка утворюється з фітолу бокових ланцюгів хлорофіла а, b та d під час бактеріальної оксидації та біогідрогенізації корму у рубці тварин [4,8]. Дана кислота не синтезується *de novo* в організмі тварин, а потрапляє тільки з кормом. У зв'язку з тим, що фітанова кислота має метильну групу на 3 атомі Карбону, вона не може розкладатися за звичним для жирних кислот шляхом β-оксидації. Тому вона трансформується шляхом ряду реакцій, розпочинаючи з α-оксидації, у прістанову кислоту (2,6,10,14-тетраметілпентадеканову кислоту) [9]. Таким чином, вміст фітанової та прістанової кислот, які є продуктами оксидації хлорофілу з зелених кормів, може бути потенційним маркером для

автентифікації молока та молочних продуктів з низько-інтенсивних господарств, які використовують значні обсяги пасовищної трави для годівлі худоби [4,8]. Однією з найбільш важливих вимог молочного органічного сільського господарства є обов'язкове використання свіжої трави і грубих кормів (стандарти органічної сертифікації «BioSuisse», «Demeter» і «USDA Organic»), тому дослідження даного параметру є надзвичайно актуальним.

Відповідно до результатів проведеного дослідження, органічні зразки містили в середньому на 50% більше фітанової (від 12,09% у зразках сиру Гауда до 74,24% у зразках вершкового сиру) та на 30% більше прістанової кислот (від 14,89% у зразках солодко вершкового масла до 57,38% у зразках сиру Едам) порівняно з неорганічними зразками [8] (Рис.1, 2).

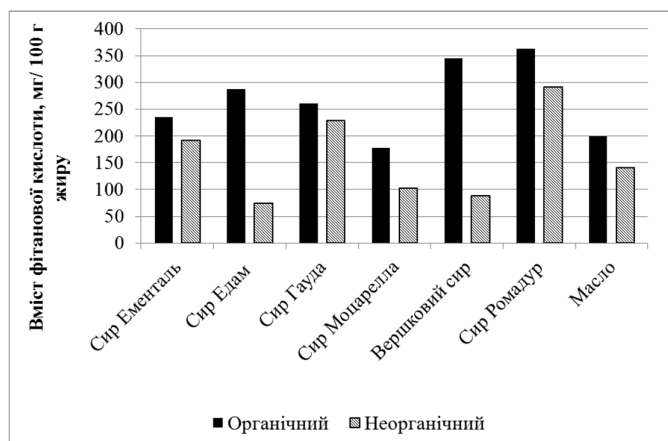


Рис.1. Вміст фітанової кислоти в органічних та неорганічних молочних продуктах, мг/ 100 г жиру [8]

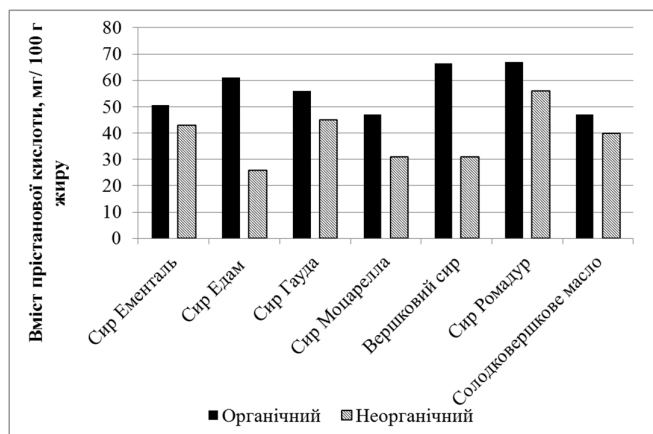


Рис.2. Вміст прістанової кислоти в органічних та неорганічних молочних продуктах, мг/ 100 г жиру [8]

Відповідно до висновків авторів [8], вміст фітанової кислоти, рівний щонайменше 200 мг/100 г жиру може слугувати межею для підтвердження органічного походження сирів.

Також, сумарний вміст фітанової та прістанової кислот, був вищим в органічних зразках молочних продуктів в середньому на 37,14% (від 13,43% у зразках сиру Гауда до 71,06% у зразках сиру Едам) (Рис.3).

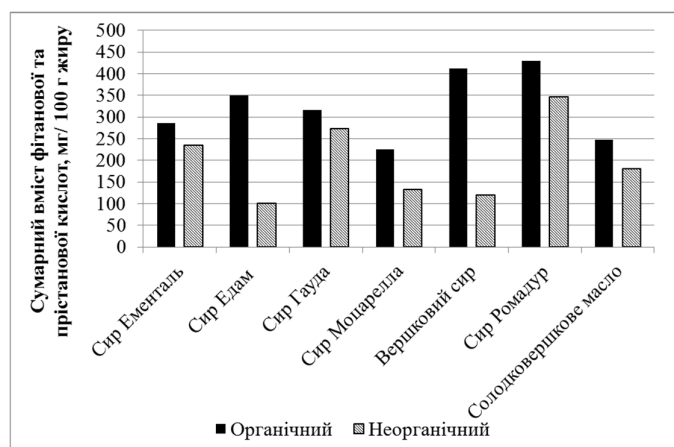


Рис.3. Сумарний вміст фітанової та прістанової кислот в органічних та неорганічних молочних продуктах, мг/100 г жиру [8]

Також, дослідження вмісту SRR та RRR стереоізомерів фітанової кислоти показало, що вміст SRR не перевищує 50% від загального вмісту фітанової кислоти в органічних зразках молока, в той час як в неорганічних він займає 60-85%. У випадку дослідження сирів, вміст SRR стереоізомеру не перевищував 60% в органічних зразках та займав 85% в неорганічних [10].

Відношення цих двох стереоізомерів між собою також може слугувати параметром автентифікації. Так, відношення SRR/RRR в органічних зразках сиру дорівнювало 1,55, а в неорганічних – 2,75 [11]. Але частина неорганічних зразків показали значення, близькі до органічних, що може свідчити про використання трав'яного силосу і на неорганічних фермах. Таким чином, даний метод вимагає подальших досліджень та уточнення вмісту вищезазначених кислот залежно від складу кормів, періоду лактації та порід тварин.

Жирнокислотний склад

Як і у випадку рідкого незбираного молока, вміст α -ліноленової кислоти (C18:3 n3) може слугувати маркером органічності молочних продуктів. Даний факт базується на прямій кореляції відсотку свіжої трави у раціоні худоби та вмістом поліненасичених жирних кислот у молоці, в тому числі і α -ліноленової кислоти [12-13]. Також, значення вмісту даної кислоти у молочній сировині прямо впливає на даний параметр в молочних продуктах. Дослідження ряду органічних молочних продуктів в Німеччині показало, що вміст C18:3n3 кислоти в 0,50 г/100 г жиру може слугувати граничним показником для автентифікації продуктів органічного походження [14]. Однак, відмінні значення, отримані в інших країнах, можуть пояснюватися іншими кліматичними умовами і, відповідно, іншим раціоном годування, за яким вміст C18:3n3 кислоти є меншим.

Окрім цього, дослідження в Італії свідчить про те, що органічні зразки сирів та масла містять на 50% більше транс-вакценової, α -ліноленової кислот та кон'югатів лінолевої кислоти (табл.2). Окрім цього, відношення вмісту кон'югатів лінолевої кислоти до вмісту лінолевої кислоти було вищим на 131% в органічних зразках у порівнянні з неорганічними.

Також, відповідно до результатів іншого дослідження, проведеного італійськими вченими, значення транс-вакценової, α -ліноленової кислот та кон'югатів лінолевої кислоти були вищими у зразках органічного сиру кисломолочного на 37,3%, 41,8% та 34,2% відповідно [12]. Вміст кон'югатів лінолевої кислоти у молочній сировині значно залежить від частки свіжої трави у раціоні корів, а різні режими теплової обробки значно не впливають на даний параметр, тому вміст кон'югатів лінолевої кислоти дозволяє найбільш чітко автентифікувати органічне походження молочних продуктів. Значення, вищі, ніж 6,0 мг/г жиру, можуть характеризувати зразки продуктів, як органічні [15].

**Порівняння вмісту окремих жирних кислот
в органічних та неорганічних молочних продуктах [15]**

Об'єкт дослідження	Тип виробництва	Транс-вакценова кислота, мг/г жиру	Лінолева кислота, мг/г жиру	Кон'югати лінолевої кислоти, мг/г жиру	Ліноленова кислота, мг/г жиру
Сир Пармезан	Органічний	20,1±1,8	19,8±1,5	9,7±0,6	11,6±1,0
	Неорганічний	16,9±0,4	25,3±2,1	6,1±0,2	6,9±0,2
Сир Моцарелла	Органічний	17,5±1,7	17,2±0,9	5,8±0,3	6,9±0,4
	Неорганічний	12,9±0,7	24,6±1,8	5,0±0,3	5,5±0,1
Сир Рікотта	Органічний	23,9±2,1	18,5±0,9	7,0±0,5	6,1±0,3
	Неорганічний	14,5±1,0	24,5±1,8	5,0±0,3	4,5±0,4
Сир Креченца	Органічний	23,4±2,0	20,7±1,6	11,8±0,9	8,1±0,7
	Неорганічний	18,9±1,5	27,1±2,3	5,4±0,4	4,7±0,3
Сир Фонтіна	Органічний	23,9±2,1	17,4±1,0	10,3±0,8	9,6±0,6
	Неорганічний	13,9±1,0	29,6±2,2	6,2±0,3	6,4±0,5
Солодковершкове масло	Органічний	23,5±2,0	16,1±1,3	9,8±0,6	10,5±0,8
	Неорганічний	16,6±1,0	22,0±1,9	5,7±0,2	5,5±0,6

Відношення стабільних ізотопів Карбону

Різниця у відношеннях стабільних ізотопів Карбону $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) у зразках органічних та неорганічних молочних продуктів пояснюється відмінностями раціонів худоби. За абсолютними значеннями $\delta^{13}\text{C}$ можна відслідкувати відсоток кукурудзяного силосу або концентратів (рослини з C_4 -типом фотосинтезу) або свіжої трави (C_3 -тип фотосинтезу) в раціоні тварин [16]. При збільшенні частки кукурудзи в раціоні кукурудзи значення $\delta^{13}\text{C}$ збільшуються, а при збільшенні частки сіна або свіжої трави – зменшуються [11,16,17]. Слід відзначити, що значні обсяги використання кукурудзи у вигляді силосу та концентратів характерні, в першу чергу, для неорганічних ферм. Тому цей параметр доцільно використовувати для ідентифікації молока з органічних ферм, які застосовують переважно зелений корм пасовищ або сіно. Окрім цього, більш точні результати $\delta^{13}\text{C}$ можна отримати в екстрагованій жировій фракції молока, ніж в незбираному молоці, тому що на точність результату впливає жирність молока або пропорція між вмістом білком і жиром [18-19].

Дослідження відношення стабільних ізотопів Карбону $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в жировій фракції органічних молочних продуктів в Німеччині показали суттєві відмінності у значеннях даного параметру у різних продуктах (Рис. 4).

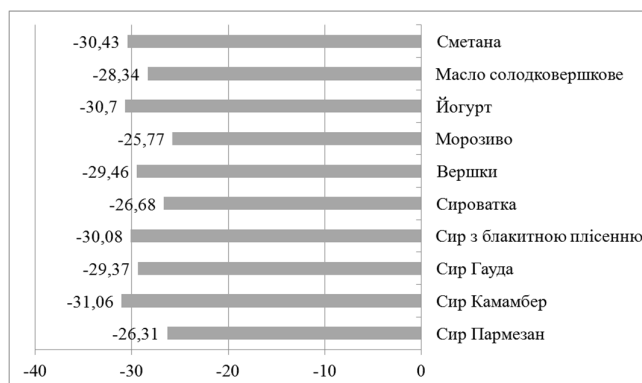


Рис.4. Значення $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції органічних молочних продуктів [14]

Аналіз результатів показав, що значення $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції на рівні $-26,5\%$ можна розглядати як граничне для автентифікації органічного походження продуктів [14]. Водночас, було зазначено, що наведені дані характерні конкретно для німецьких молочних продуктів, тоді як продукти іншого географічного походження мають досліджуватися окремо врахування географічних та кліматичних особливостей країни походження та типу органічної сертифікації [14]. Ці дані збігаються з результатами, отриманими іншою групою дослідників, які проаналізували 14 видів органічних та неорганічних сирів і показали статистично достовірні результати для $\delta^{13}\text{C}$ у жировій фазі продуктів залежно від джерела походження молочної сировини [11]. При раціоні корів з 100% сіна значення $\delta^{13}\text{C}$ варіювали від $-27,8\%$ до $-31,1\%$. При додаванні кукурудзяного силосу у різних пропорціях ці значення були вищі і сягали $-24,3\%$.

Окрім цього, результати дослідження відношень стабільних ізотопів Карбону у різних фракціях зразків сиру кисломолочного показали, що середні значення $\delta^{13}\text{C}$ в знежиреному сухому залишку дорівнювали $-25,20\%$, а в жировій фракції $-27,31\%$. Середні значення $\Delta\delta^{13}\text{C}$ (різниця між значеннями в знежиреному сухому залишку та жировій фракції) дорівнювали $2,11\%$. Проте, в ряді зразків значення $\Delta\delta^{13}\text{C}$ були від'ємними. На основі отриманих результатів було висунуто припущення: якщо значення $\Delta\delta^{13}\text{C}$ менше за $1,0\%$ це може свідчити про використання компонентів продуктів (жиру або білка) різного походження, зокрема, про додавання жиру з іншого фермерського господарства. Таким чином, даний підхід може дозволити не тільки підтвердити органічне походження молочних продуктів, базуючись на раціоні худоби, але й надає можливості для встановлення фальсифікації органічних молочних продуктів шляхом додавання компонентів іншого походження, в тому числі і неорганічного [14].

Перспективи подальших досліджень

Склад молочної сировини, особливо окремих її компонентів може залежати не тільки від кормів, а й від кліматичної зони, сезону року, періоду лактації, породи тварин тощо, тому одним з основних напрямів сучасних досліджень, спрямованих на автентифікацію органічних молочних продуктів, є розробка комплексного підходу. Так, було показано, що комбінування даних жирнокислотного складу та значень $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції молока дозволило встановити граничне значення для органічних молочних продуктів, де вміст α -ліноленової кислоти, вищий за $0,50\text{ г}/100\text{ г}$ жиру, корелював зі значеннями $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції, нижчими за $-26,5\%$ [14,19].

Аналіз кореляції значень $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції та відношення стереоізомерів фітанової кислоти показало перспективність застосування цих показників для автентифікації сирів. Органічні сири, які характеризувались низькими значеннями $\delta^{13}\text{C}$, наприклад $-31,1\%$, мали відношення стереоізомерів SRR/RRR, рівне $0,87$. Було висунуто припущення, що комбінування даних із значень $\delta^{13}\text{C}$, вмісту фітанової кислоти, відношення SRR/RRR може більш точно характеризувати раціон годівлі худоби і відповідно ідентифікувати походження молочних продуктів [11]. Однак, в 6 з 14 досліджених сирів відношення SRR/RRR було вищим за $1,5$, що, на думку авторів роботи, є максимумом для органічної молочної продукції, і є доказом наявності кукурудзяного силосу у раціоні. Навпаки, у трьох неорганічних сирах значення $\delta^{13}\text{C}$ свідчили про наявність більш легкого ізотопу ^{12}C , що характерно при годуванні корів рослинами з C_3 -типом фотосинтезу ($\delta^{13}\text{C}$ дорівнювало $-28,9\%$), а значення SRR/RRR було близькими до $1,0$.

Висновки

Аналіз робіт, присвячених дослідженням автентифікації органічних молочних продуктів, показав тенденцію переходу від вимірювання окремих показників жирової фракції органічного молока або молочних продуктів до їх комплексного аналізу. Найбільш перспективними для аналізування є сполуки або фракції продукту, вміст яких безпосередньо пов'язаний із раціоном годівлі худоби, що у свою чергу зумовлено вимогами сертифікації органічного виробництва. Потенційними маркерами автентичності

на сьогодні вважають вміст ряду жирних кислот (зокрема, α -ліноленової кислоти, транс-вакценової кислоти та кон'югатів лінолевої кислоти), значення відношень стабільних ізотопів Карбону. Окрім цього, статистично достовірні відмінності встановлені для пристанової кислоти, сумарного вмісту фітанової та пристанової кислот, стереоізомерів фітанової кислоти.

Втім, найбільш перспективним напрямком подальших досліджень є поєднання описаних вище параметрів, їх ретельна статистична обробка щодо встановлення кореляційних зв'язків, яка дозволить створити надійний інструмент для підтвердження походження органічних молочних продуктів. При цьому отримані результати необхідно розглядати у контексті конкретного географічного регіону з урахуванням особливостей годівлі худоби, які передбачені конкретними вимогами сертифікації органічного виробництва для окремо взятого господарства. З урахуванням впровадження системи НАССР на підприємствах, це надасть можливість відстежувати кожний етап виготовлення продукції «від лану до столу» і вчасно виявляти можливі фальсифікації.

Література

1. Organic Milk Market Report. OMSCo, UK. – 2015. Доступ за посиланням: http://www.omsc.co.uk/_clientfiles/pdfs/MarketReport-2015.pdf.
2. Willer H., Lernoud J. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2016. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and IFOAM – Organics International. – Bonn. – 2016. ISBN FiBL 978-3-03736-307-2 – ISBN IFOAM 978-3-944372-15-0.
3. Napolitano F., Braghieri, A., Piasentier, E., Favotto, S., Naspetti, S., Zanolì, R. Cheese liking and consumer willingness to pay as affected by information about organic production // Journal of dairy research. – 2010. – №77(03). – Pp. 280-286.
4. Capuano E. et al. Analytical authentication of organic products: an overview of markers // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2013. – Т. 93. – №. 1. – С. 12-28.
5. A decade of EU-funded, low-input and organic agriculture research (2000-2011). Directorate-General for Research and Innovation Biotechnologies, Agriculture, Food. – 2012. ISBN 978-92-79-20724-2. Доступ за посиланням: http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/189756_2011_2695_a_decade_of_eu_en.pdf.
6. Beck A., Busscher N., Espig F., Geier U., Henkel Y., Henryson A., Kahl J., Kretzschmar U., Mäder R., Meischner T., Seidel K., Spory K., Weber A., Wirz A. Analysis of the Current State of Knowledge of the Processing and Quality of Organic Food, and of Consumer Protection. – Forschungsinstitut für biologischen Landbau. – 2012.
7. Bickel R. Careful processing // 3rd Organic Processing conference, 17-18 November 2014. Доступ за посиланням: http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/regula_bickel_-_careful_processing_ifoam_paris.pdf.
8. Vetter W., Schröder M. Concentrations of phytanic acid and pristanic acid are higher in organic than in conventional dairy products from the German market // Food Chemistry. – 2010. – Т. 119. – №. 2. – С. 746-752.
9. Verhoeven N. M., Jakobs C. Human metabolism of phytanic acid and pristanic acid // Progress in lipid research. – 2001. – Т. 40. – №. 6. – С. 453-466.
10. Baars T., Schröder M., Kushe D., Vetter W. Phytanic acid content and SRR/RRR diastereomer ratio in milk from organic and conventional farms at low and high level of fodder input // Organic Agriculture. – 2012. – Т. 2. – №. 1. – С. 13-21.
11. Kaffarnik S., Schröder M., Lehnert K., Baars T., Vetter W. $\delta^{13}\text{C}$ values and phytanic acid diastereomer ratios: combined evaluation of two markers suggested for authentication of organic milk and dairy products / S. Kaffarnik, // Eur Food Res Technol. – 2014. – 238. – P.819-827. DOI 10.1007/s00217-014-2158-3.

12. Prandini A., Sigolo S., Piva G. Conjugated linoleic acid (CLA) and fatty acid composition of milk, curd and Grana Padano cheese in conventional and organic farming systems //Journal of Dairy Research, 2009.-v. 76 , Pp. 278-282.
13. Butler G. et al. The effects of dairy management and processing on quality characteristics of milk and dairy products //NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. – 2011. – Т. 58. – №. 3. – С. 97-102.
14. Molkentin J. Applicability of organic milk indicators to the authentication of processed products //Food chemistry. – 2013. – Т. 137. – №. 1. – С. 25-30.
15. Bergamo P. et al. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products //Food Chemistry. – 2003. – Т. 82. – №. 4. – С. 625-631.
16. Camin F. Influence of dietary composition on the carbon, nitrogen, oxygen and hydrogen stable isotope ratios of milk / F. Camin, M. Perini, G. Colombari, L. Bontempo, G. Versini // Rapid Commun. Mass Spectrom. – 2008. – №22. – Pp.16901696.
17. Bontempo L. H, C, N and O stable isotope characteristics of alpine forage, milk and cheese / L. Bontempo, G. Lombardi, R. Paoletti, L. Ziller, F. Camin // International Dairy Journal. – 2012. – №23. – Pp.99-104.
18. Molkentin J., Giesemann A. Differentiation of organically and conventionally produced milk by stable isotope and fatty acid analysis //Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2007. – Т. 388. – №. 1. – С. 297-305.
19. Zhukova Ya., Demikhov Yu.M. , Petrov P., Petryshhenko S. Differences between the fatty acid composition and the isotope ratio $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ the organic and conventional milk// Матеріали III Міжнародної наук.-практ. конференції «Продовольчі ресурси: проблеми та перспективи», Київ, 4 листопада 2015. – К.: ННЦ ІАЕ. – 2015. – 198 с.