

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОВАРІВ

УДК 664:661.666

**Пилип ПЕТРОВ,
Юрій ДЕМІХОВ,
Ярослава ЖУКОВА**

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА ІЗОТОПНИМ СКЛАДОМ

Розглянуто застосування методу аналізу складу стабільних ізотопів Карбону, Гідрогену, Оксигену, Нітрогену та Сульфуру для визначення географічного походження продуктів харчування. Описано основні теоретичні положення методу, узагальнено результати досліджень стабільних ізотопів на прикладі м'яса, молока та сирів. Доведено необхідність комплексного підходу щодо вивчення різних фракцій продуктів для визначення їх географічного походження.

Ключові слова: географічне походження, молоко, м'ясо, сир, стабільні ізотопи.

Петров Ф., Деміхов Ю., Жукова Я. Идентификация географического происхождения пищевых продуктов по изотопному составу. Рассмотрено использование метода анализа состава стабильных изотопов углерода, водорода, кислорода, азота и серы для определения географического происхождения продуктов питания. Описаны основные теоретические положения метода, обобщены результаты исследований стабильных изотопов на примере мяса, молока и сыров. Доказана необходимость комплексного подхода к изучению разных фракций продуктов для определения их географического происхождения.

Ключевые слова: географическое происхождение, молоко, мясо, сир, стабильные изотопы.

Постановка проблеми. Для сучасного ринку харчових продуктів характерна широка міжнародна співпраця. Україна як член Всесвітньої торгової організації все глибше інтегрується в експортно-імпортні відносини між країнами. Компанії-виробники експортують свою продукцію,

© Пилип Петров, Юрій Деміхов, Ярослава Жукова, 2014

а споживачі купують її, перебуваючи один від одного за тисячі кілометрів. У таких умовах ризик отримання фальсифікованих товарів зростає. Одним із засобів фальсифікації харчових продуктів є маркування їх географічного походження, невідповідного заявленому. Проте завдання виявлення фальсифікації продукції, пов'язане з навмисною (або ненавмисною) зміною інформації про місце її вироблення, є складнішим, ніж загальна оцінка харчової безпеки.

На сьогодні для визначення фальсифікацій географічного походження продукту використовують, зокрема, методи аналізу стабільних ізотопів Гідрогену, Карбону, Оксигену, Нітрогену, Сульфуру та деяких інших елементів. Ці методи ефективно й достовірно визначають як географічне походження продукту, так і джерело сировини для нього (натуральне чи синтезоване) та режим відгодівлі тварин (для продуктів тваринного походження).

Аналіз наукової літератури показав, що над цією проблемою активно працюють у Німеччині, Італії, Швейцарії, США, Канаді, Південній Кореї, Бразилії та в інших країнах. Використання методів аналізу ізотопного складу саме для виявлення фальсифікації продуктів харчування розпочалося в 1990-х роках. Зараз уже чинні кілька документів, визнаних *CEN* (*European Commission for Normalization* – Європейською комісією зі стандартизації) та *AOAC* (*Association of Official Analytical Chemists* – Асоціацією офіційних хіміків-аналітиків), метод аналізу стабільних ізотопів, наприклад, меду (*AOAC* – № 991.41), соків (*AOAC* – № 982.21; *IAOAC 79* – № 1, 1996; *ENV 12142:1996*) тощо [1].

Мета роботи – аналіз застосування ізотопних методів для ідентифікації географічного походження м'яса, молока, сирів.

Матеріали та методи. Для дослідження використано аналіз наукового доробку закордонних дослідників і нормативні документи. Узагальнено світовий досвід використання аналізу ізотопного складу біогенних елементів м'яса, молока та сирів для ідентифікації їх географічного походження.

Результати дослідження. Більшість хімічних елементів складається з декількох ізотопів – атомів із однаковим зарядом ядра, але різним числом нейтронів. Існують радіоактивні, які мають період розпаду, та стабільні ізотопи. Для біогенних елементів Н, С, О, N, S, які формують основу живої матерії, характерна наявність кількох стабільних ізотопів (*табл. 1*) [2].

Фракціонування стабільних ізотопів одного елемента обумовлене різницею їх мас, енергії хімічного зв'язку в молекулах, наявністю чи відсутністю ядерного магнітного моменту та спостерігається в різних фізичних, хімічних, біологічних процесах. Саме тому живі об'єкти за ізотопним складом хімічних елементів відрізняються від неживих, а також між собою залежно від географічного походження. Відмінність

полягає в молярному відношенні більш важких ізотопів до легких. Наприклад, на практиці широко використовують такі співвідношення: $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$.

Таблиця 1

**Співвідношення стабільних ізотопів деяких елементів
до їх загальної кількості [2, с. 194]**

Хімічний елемент	Ізотоп	Поширеність у навколишньому середовищі, %
Гідроген	^1H	99.985
	^2H	0.015
Карбон	^{12}C	98.890
	^{13}C	1.110
Нітроген	^{14}N	99.630
	^{15}N	0.370
Оксиген	^{16}O	99.759
	^{17}O	0.037
	^{18}O	0.204
Сульфур	^{32}S	95.000
	^{33}S	0.760
	^{34}S	4.220
	^{36}S	0.014

При визначанні ізотопного складу продукту застосовується певний стандарт, в якому молярне співвідношення важкого ізотопу до легкого є фіксованим і постійним. Величину, якою визначають співвідношення ізотопів, позначають δ (дельта), називають варіацією ізотопного складу та обчислюють за формулою:

$$\delta E = \frac{R1 - R2}{R2} 1000 \text{ ‰},$$

де E – хімічний елемент;

$R1$ – молярне відношення важких ізотопів до легких у досліджуваному об'єкті;

$R2$ – молярне співвідношення важких ізотопів до легких у стандарті, ‰ – проміле [2; 3; 4].

Із формули видно, якщо в зразку відношення ізотопів ($R1$) менше, ніж у стандарті (тобто зразок містить менше важких ізотопів), то варіація ізотопного складу δ має від'ємне значення, і, навпаки, при $R1$ більшому, ніж у стандарті, – додатне.

Міжнародні стандартні зразки, за якими зазвичай вимірюють ізотопний склад, наведено в *табл. 2*.

**Міжнародні стандарти ізотопного складу деяких
хімічних елементів [2, с. 195–196]**

Хімічний елемент	Назва стандарту	R стандарту
H	<i>Standard Mean Ocean Water (SMOW)</i> Океанічна вода	0.0001558
C	<i>Pee Dee Belemnite (PDB)</i> Викопні рештки белемнітів	0.0112372
N	<i>Atmospheric air (AIR)</i> Атмосферне повітря	0.0036765
O	<i>Standard Mean Ocean Water (SMOW)</i> Океанічна вода	0.0020052
S	<i>Canion Diablo Troilite (CDT)</i> Мінерал троїліт з метеориту	0.0450045

Під час вимірів можуть застосовуватися й інші стандарти, але потім результат перераховується до міжнародних стандартів (див. табл. 2) [5, с. 45].

Фракціонування стабільних ізотопів Оксигену та Гідрогену відбувається при кругообігу води в природі, під час процесів випаровування та конденсації. Океанічна вода має у своєму складі максимальні значення важких ізотопів ^2H та ^{18}O . Під час випаровування, за рахунок більшої рухливості легких ізотопів, вона насичується ними, а при частковій конденсації спостерігається протилежний процес збагачення води важкими ізотопами [6; 7].

Фракціонування стабільних ізотопів Карбону в живій природі пов'язане переважно з типом фотосинтезу рослин (вирізняють C_3 , C_4 , та САМ-типи), при цьому Карбон біологічних об'єктів збагачується легким ізотопом ^{12}C порівняно з абіотичними [3; 4; 8].

Фракціонування ізотопів Нітрогену обумовлено життєдіяльністю ґрунтових нітрогенфіксуючих мікроорганізмів, процесами нітрифікації та амоніфікації. Досить інтенсивний рух Нітрогену в трофічних ланцюгах слугує причиною значних, в десятки проміле, відмінностей у $\delta^{15}\text{N}$ в живих організмах [2, с. 45].

Один із методів вивчення ізотопного складу продуктів харчування – мас-спектрометричний. Він дає можливість точно диференціювати маси різних ізотопів хімічних елементів та їх співвідношення і, як результат, визначати за ними, зокрема, географічне походження продуктів.

Дослідження ізотопного складу м'яса. Для аналізу м'ясної сировини використовують переважно співвідношення ізотопів Карбону ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), Гідрогену ($^2\text{H}/^1\text{H}$) і Нітрогену ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Співвідношення стабільних ізотопів $\delta^2\text{H}$ і $\delta^{18}\text{O}$ можуть свідчити про відмінності кліматичних умов, $\delta^{34}\text{S}$ – геологічні (ґрунтові) особливості місця походження, $\delta^{13}\text{C}$ пов'язують з кормовою базою та традиціями годування, $\delta^{15}\text{N}$ – з рослинами та доступним Нітрогеном у ґрунті й атмосфері, що також свідчить про географічні та кліматичні відмінності [9].

За методом аналізу стабільних ізотопів Карбону в м'ясі в Ірландії проаналізовано 23 зразки яловичини із США, 10 – із Бразилії та 35 – із країн Європи (Бельгії, Данії, Франції, Німеччини, Ірландії, Італії). Результати підтвердили відмінність в ізотопному складі яловичини з Європи та Америки. Значення $\delta^{13}\text{C}$ для зразків з Ірландії дорівнювало -24.5‰ , середнє значення для європейських країн становило -21.6‰ . Дослідники пояснювали таке співвідношення ізотопів яловичини типом харчування тварин, а саме – переважанням у раціоні рослин із C_3 -типом фотосинтезу. Значення $\delta^{13}\text{C}$ для яловичини з США дорівнювало -12.3‰ , а для зразків з Бразилії становило -10.0‰ , що пояснювалося переважанням у раціоні рослин із C_4 -типом фотосинтезу (кукурудзи або тропічних трав) [10].

Проте деякі автори [2] вважають, що при подібних режимах відгодівлі худоби $\delta^{13}\text{C}$ не завжди точно вказує на походження м'ясної сировини. Для таких випадків доцільно додатково проводити аналіз $\delta^{15}\text{N}$, оскільки Карбон і Нітроген є важливими елементами органічного матеріалу.

З метою вивчення особливостей вмісту стабільних ізотопів у м'ясі в Південній Кореї в 2013 р. проведено масштабне дослідження 599 зразків свинини різного походження з 14 країн: 335 зразків із Південної Кореї, 264 – із американського континенту (Канади, США, Мексики, Чилі), 9 – із європейських країн (Австрії, Голландії, Данії, Франції, Бельгії, Фінляндії, Польщі, Угорщини, Іспанії). Досліджувалися співвідношення стабільних ізотопів $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ і $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ в білках знежиреного сухого залишку свинини. Аналіз показав чітке розділення в походженні м'яса з трьох регіонів (рис. 1). Також дослідники виділили близькі за значенням результати $\delta^{13}\text{C}$ для США та Мексики (-14.78 і -14.81‰ відповідно), Голландії та Данії (-25.57 і -25.24‰ відповідно), що пояснюється, ймовірно, географічною близькістю [9].



Рис. 1. Ізотопний склад свинини із трьох регіонів [9]

Дослідження ізотопного складу Карбону, Нітрогену та Оксигену в сухому залишку м'яса яловичини з Англії та Бразилії (по 4 зразки)

показали, що для англійської яловичини середні значення становили, \approx ‰: $\delta^{13}\text{C}$ -19.5 , $\delta^{15}\text{N}$ -1.9 , $\delta^2\text{H}$ -110.0 ; для бразильської – відповідно -16.0 , -14.0 і $+2.0 \div -27.0$, що уможлиблює чітко диференціювати зразки за географічним походженням [5].

Отримання достовірних даних щодо ізотопного складу об'єктів залежить від порівняння однакових тканин і частин м'ясної туші. Адже відмінності метаболічних процесів у різних тканинах тварин можуть призводити до варіювання показників у значних межах. Порівняння зразків жиру, білка та їх суміші з 12 ягнят із шести європейських країн у 2003 р. за ізотопним складом Карбону та Нітрогену підтвердило цю тезу (табл. 3) [11].

Таблиця 3

Середній ізотопний склад ягнятини з європейських регіонів, ‰ [11]

Показник	Велика Британія	Іспанія	Франція	Греція	Ісландія	Італія
$\delta^{13}\text{C}$ жиру	-32.5	-26.3	-29.4	-24.8	-31.5	-28.5
$\delta^{13}\text{C}$ білка	-26.8	-22.3	-24.0	-21.1	-25.8	-22.7
$\delta^{15}\text{N}$ білка	6.3	6.6	9.1	5.75	2.5	5.7

Значення $\delta^{13}\text{C}$ для білка та жиру м'ясних фракцій тісно корелювали ($r = 0.976$), при цьому більша залежність спостерігалася від режиму годування, ніж від породи ягняти. Отже, комплексні дослідження різних стабільних ізотопів і фракцій тваринного матеріалу, що доповнюють один одного, можуть слугувати надійним інструментом у визначенні географічного походження [11], але потребують подальших досліджень, особливо щодо залежності отриманих даних від умов вирощування тварин, режиму відгодівлі, кліматичних умов, сезонів року тощо [3, с. 56; 12].

Дослідження ізотопного складу молока, сирів щодо їхнього географічного походження проводиться шляхом визначення співвідношення пар ізотопів $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. Як для молочного жиру, так і для білка сирів співвідношення $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ свідчить про кормову базу худоби. Відмінності у значеннях $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ також залежать від фуражу та від застосованих органічних і неорганічних добрив, оскільки інтенсивні методи ведення сільського господарства підвищують рівень ^{15}N у ґрунті й відповідно в рослинах, молоці, сирах. При цьому нітрогенфіксуючі рослини мають нижчий рівень $\delta^{15}\text{N}$, ніж інші. Співвідношення $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ та $^2\text{H}/^1\text{H}$ у молоці залежить від спожитої води та пропорції в раціоні годування худоби свіжої та сухої трави. Співвідношення ізотопів O та H в осадах і ґрунтових водах залежать переважно від температури повітря, висоти над рівнем моря та відстані від нього, географічних координат. Отже, влітку при споживанні худобою свіжої трави вміст ^{18}O та ^2H буде вищим.

Для дослідження автентичності та географічного походження сиру *Ементаль* у 2003 р. проаналізовано ізотопний склад двадцяти його зразків із Німеччини (регіон Альгой), Фінляндії, Швейцарії, Австрії (федеральна земля Воральберг) і двох регіонів Франції – Бретані та Савойї. У нерозчинній фракції сиру з рН 4.3 досліджено ізотопні співвідношення Гідрогену, Нітрогену, Карбону, а у воді та гліцерині, виділених із сиру, – ізотопні співвідношення Оксигену. Із наведених даних (табл. 4) видно, що значення $\delta^{13}\text{C}$ для обох фракцій мають чітку кореляцію ($r = 0.98$), що вказує на однаковий регіон походження. Також значення $\delta^{13}\text{C}$ систематично вище для нерозчинної фракції рН 4.3, ніж для жиру, що пояснюється збідненням ^{13}C під час синтезу ліпідів [13].

Таблиця 4

Ізотопний склад фракцій сиру *Ементаль*, ‰ [13]

Країна (регіон)	$\delta^{13}\text{C}$ у нерозчинній фракції	$\delta^{13}\text{C}$ у гліцерині	$\delta^2\text{H}$ у нерозчинній фракції	$\delta^{18}\text{O}$ у воді із сиру	$\delta^{15}\text{N}$ у нерозчинній фракції
Німеччина	-25.2	-31.9	-121	-7.8	5.3
Фінляндія	-26.38	-32.4	-132	-11.2	6.4
Швейцарія	-24.8	-31.6	-122	-8.8	5.8
Австрія	-24.9	-31.31	-122.8	-7.7	5.1
Франція:					
– Бретань	-17.8	-21.6	-102	-4.9	6.4
– Савойя	-23.9	-29.7	-115	-8.1	3.8

Результати дослідження частково підтвердили різне географічне походження сирів. Високий рівень $\delta^{13}\text{C}$ в Бретані пояснювався особливостями режиму годування – у зимовий період раціон худоби складався з кукурудзи, що й підвищило вміст ізотопу ^{13}C . У сирі, виробленому в Фінляндії, були найнижчі δ -показники – це можна пояснити холоднішим кліматом і високою широтністю країни.

Найвищий рівень показників $\delta^{15}\text{N}$, який відображає активне використання органічних добрив, зафіксовано в нерозчинній фракції сиру з Фінляндії та французької Бретані, а мінімальний – у сирі із Савойї, що пояснюється високою часткою бобових рослин у раціоні корів.

Значення $\delta^{18}\text{O}$ у гліцериновій фракції сирів не показало відмінностей у географічному походженні. Проте значення $\delta^{18}\text{O}$ у воді із сирів варіювали й були найвищими в зразках із Франції (Бретань), що, можливо, пояснюється близькістю регіону до моря та високим значенням $\delta^{18}\text{O}$ в дощовій воді та ґрунтових водах [13]. Отже, за даними $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ можна чітко розрізнити сири *Ементаль* за походженням із Фінляндії, Франції (Бретані та Савойї).

У Бразилії в 2014 р. розпочався пілотний проект щодо визначення географічного походження молока буйволиць і сиру з нього методом аналізу стабільних ізотопів. По 18 зразків цих продуктів походили з

трьох муніципалітетів штату Пара та зі штату Сан-Паулу. Визначено високу кореляцію між $\delta^{18}\text{O}$ і $\delta^2\text{H}$ для кожного муніципалітету: коефіцієнт регресії r^2 в Сорі та Сальватеррі становив 0.934, а в Кашуейрі-ду-Арарі – 0.771. Значення $\delta^{13}\text{C}$ варіювали від -26.9 до -22.2 ‰, що пояснюється домінуванням рослин із C_3 -типом фотосинтезу на пасовищах регіону. Варіації складу ^{15}N перебуває в межах $+4.8 \div +8.0$ ‰. Оскільки в цьому регіоні не використовують мінеральні добрива й не має промислових викидів, отримані значення вважають характерним параметром для визначення органічних продуктів місцевого виробництва від продуктів із інших регіонів з інтенсивним веденням сільського господарства [14].

Сир Пармезан (*Parmigiano Reggiano*) – елітний італійський сир, який виробляють за традиційною рецептурою в регіоні Емілія-Романья. Вартість його вище за звичайні сири в 2 рази й більше. Саме тому визначення його географічного походження – важливий економічний аспект. Для цього в 2012 р. проаналізовано 240 зразків твердих сирів із європейських країн і окремих регіонів (табл. 5) [15]. Серед них були 82 зразки сиру Пармезан.

Таблиця 5

Ізотопний склад сирів із європейських країн, ‰ [15]

Країна (регіон)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{34}\text{S}$	$\delta^2\text{H}$
Італія:				
– Емілія-Романья	-22.5	5.7	2.5	-110
– П'ємонт	-18.5	5.7	3.5	-108
Литва	-25.0	5.3	3.5	-121
Чеська Республіка	-21.0	5.0	3.0	-112
Німеччина	-24.0	5.4	3.5	-114
Австрія	-21.0	5.8	3.0	-112.5
Латвія	-25.0	5.5	4.0	-122.5

За отриманими результатами ізотопного складу сирів розроблено модель статистичної обробки даних, яка здатна визначати походження сирів із семи окремих регіонів із точністю до 98.3 % [15].

Для порівняння ізотопного складу двох автентичних сирів – коров'ячого *Монтасіо* (Італія, 24 зразки) та овечого *Осципек* (Польща, 9 зразків) – проведено аналіз ізотопного складу фракцій казеїну, гліцерину та води з молока, з якого вироблений сир. Середні значення $\delta^{18}\text{O}$ в гліцерині для зразків сиру *Монтасіо*, відібраних влітку, становили 17.7, а для сиру *Осципек* – 18.7 ‰. Різниця значень $\delta^{13}\text{C}$ для цих зразків більш значуща й становить у казеїні -5.1 , а в гліцерині -4.4 ‰. Щодо значень $\delta^{15}\text{N}$ різниця їх не настільки велика й становить -0.48 ‰ [16]. Отже, доведено виразні відмінності ізотопного складу двох сирів, які свідчать про їх різне географічне походження.

Дослідження, проведене в США (Каліфорнія), базувалося на порівнянні ізотопного складу води зі зразків сирів різного походження. Аналіз отриманих даних, представлених у *табл. 6*, виразно свідчить, що різні сири одного регіону (Прибережна Каліфорнія) мають майже однаковий ізотопний склад щодо $\delta^{18}\text{O}$ та $\delta^2\text{H}$. А для зразків сиру *Шевр*, вироблених у різних регіонах, зафіксовано значні розбіжності у вмісті ізотопів [17].

Таблиця 6

Ізотопний склад сирів, вироблених у США та Франції в 2010 р., ‰ [17]

Країна (регіон)	Найменування сиру	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
США:			
	<i>Шевр</i>	-2.3	-28.2
– Прибережна Каліфорнія	<i>Камамбер</i>	-2.2	-27.3
	<i>М'який</i>	-2.3	-28.2
– Центральна Каліфорнія		-6.0	-72.5
– Штат Вісконсін	<i>Шевр</i>	-4.4	-37.6
Франція		-4.3	-54.9

Таким чином, аналізування води з досліджених сирів на вміст ізотопів Оксигену та Гідрогену є зручним інструментом для встановлення географічного походження продукту.

Висновки. Сьогодні в різних країнах світу проводяться широкомасштабні дослідження щодо використання методу аналізу стабільних ізотопів для визначення географічного походження продуктів.

Установлено необхідність вимірювання ізотопного складу в окремих фракціях продукту: у жирі, воді, білку, гліцерині тощо.

Проаналізовані дані досліджень, проведених у різних регіонах земної кулі, свідчать про відмінності ізотопного складу продуктів харчування за географічним походженням, що обумовлено кліматичними умовами, широтністю регіону, відстанню від моря, кормовою базою худоби, сезонними змінами режиму відгодівлі.

Для запобігання фальсифікаціям харчових продуктів за географічним походженням доцільно використовувати методи ізотопних досліджень в Україні, для чого необхідно створити бази даних ізотопного складу продуктів харчування українського та іноземного виробництва.

Подальшими перспективами є проведення власних експериментальних досліджень харчових продуктів, які реалізуються в Україні, методом аналізу складу стабільних ізотопів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Recommended methods of analysis and sampling.* CODEX STAN 234-1999. With amendments adopted by the 30th Session of the Codex Alimentarius Commission. — Published online, 2007. — Way of access : http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_234e.pdf.

2. *Stable isotopes determination in food authentication: a review* / [S. Ghidini, A. Ianieri, E. Zanardi, M. Conter, T. Boschetti, P. Iacumin, P. G. Bracchi] // *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma*. — 2006. — Vol. XXVI. — P. 193—204.
3. *Талибова А.* Оценка качества и безопасности пищевой продукции методом изотопной масс-спектрометрии / А. Талибова, А. Колеснов // *Аналитика*. — 2011. — № 1. — С. 44—48.
4. *Хёфс Й.* Геохимия стабильных изотопов / Й. Хёфс. — М. : Мир. — 1983. — 198 с.
5. *Талибова А. Г.* Исследование стабильных изотопов для оценки качества и безопасности пищевых продуктов. Ч. 2. Углерод / А. Г. Талибова, А. Ю. Колеснов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2010. — № 11. — С. 43—50.
6. *Meier-Augenstein W.* Stable isotopes analysis. General principles and limitations / W. Meier-Augenstein, H. Kemp // *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*; 2nd ed. by A. Jamieson and A. Moenssens, 2012. — Published online, 2012. — Way of access : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470061589.fsa1041/abstract>.
7. *Guillou C.* Isotope methods for the control of food and beverages / C. Guillou, F. Reneiro // *New approaches for stable isotope ratio measurements*. — Vienna : IAEA, 2001. — P. 39—55.
8. *Талибова А. Г.* Выявление происхождения сырья методом масс-спектрометрии / А. Г. Талибова, А. Ю. Колеснов // *Мясные технологии*. — 2010. — № 3. — С. 52—56.
9. *Application of stable isotope ratio analysis for origin authentication of pork* / [Kyong Su Kim, Jae Sung Kim, In Min Hwang, In Seon Jeong, Naeem Khan, Sun Im Lee, Dong Bok Jeon, Yang Hoon Song, Kwan Suk Kim] // *Korean J. Food Science An.* — 2013. — Vol. 33, N 1. — P. 39—44.
10. *Inferring the origin and dietary history of beef from C, N, and S stable ratio analysis* / [O. Schmidt, J. M. Quilter, B. Bahar, A. P. Moloney, C. M. Scrimgeour, I. S. Begley, F. J. Monahan] // *Food Chemistry*. — 2005. — N 91. — P. 545—549.
11. *Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat* / [E. Piasentier, R. Valusso, F. Gamin, G. Versini] // *Meat Science*. — 2003. — N 64. — P. 239—247.
12. *Sr isotope measurements in beef – analytical challenge and first results* / [S. Rummel, C. H. Decant, S. Holzl, S. D. Kelly, M. Baxter, N. Marigheto, C. R. Quetel, R. Larcher, G. Nicolini, H. Froschl, H. Ueckermann, J. Hoogewerff] // *Anal. Bioanal. Chem.* — 2012. — N 402. — P. 2837—2848.
13. *Stable isotope ratios, major, trace and radioactive elements in Emmental cheeses of different origins* // [L. Pilonell, R. Badertscher, P. Froidevaux, G. Haberhauer, S. Hölzl, P. Horn, A. Jakob, E. Pfammatter, U. Piantini, A. Rossmann, R. Tabacchi, J. O. Bosset] // *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* — 2003. — N 36. — P. 615—623.
14. *Multi-stable isotope analysis as a tool for assessing the geographic provenance of dairy products: A case study using buffalo's milk and cheese samples from the Amazon basin, Brasil* / [Almir Viera Silva, Jean François Hélie, Fabrício de Andrade Caxito, Humberto Monardes, Arif F. Mustafa, Ross Stevenson] // *International Dairy Journal*. — 2014. — N 35. — P. 107—110.

15. *H, C, N and S stable isotopes and mineral profiles to objectively guarantee the authenticity of grated hard cheeses* / [Federica Gamin, Ron Ehrens, Daniela Bertoldi, Luana Bontempo, Luca Ziller, Matteo Perini, Giorgio Nicolini, Marco Nocetti, Roberto Larcher] // *Analytica Chimica Acta*. — 2012. — N 711. — P. 54—59.
16. *Szul M. The stable isotopes ratio analysis in quality control of Montasio and Oscypek cheeses* / Malgorzata Szul, Jacek Kozil // *Forum ware international*. — 2003. — N 2. — P. 42—53.
17. *Panetta R. J. Induction Module-CRDS analysis of water isotopes in cheese II. Rapid method to discriminate cheese sources* / Robert J. Panetta // *Application note 032*. — Picarro, Inc., 2010. — Way of access : http://www.picarro.com/sites/default/files/AN032%20Authentication%20of%20Cheese%20regional%20production_0.pdf?download=1.

Стаття надійшла до редакції 01.09.2014.

Petrov P., Demikhov Y., Zhukova Y. Identification of the geographical origin of products by isotope content.

Background. Ukraine is integrating deeply into export-import relationships with the countries. Mass spectrometry of stable isotopes is used to determine the fraud of the food items geographical origin. This problem is widely studied in developed countries and on the basis of the offered method the set of regulatory documents regarding the food quality is applied and recognized by several international organizations.

Material and methods. The survey used the analysis of scientific achievements of foreign researchers and regulatory documents. The article summarizes studies of the isotopic composition of meat, milk and cheese, conducted in order to identify their geographical origin.

Results. For the analysis of the geographical origin the mass spectrometry of the stable isotopes of carbon, oxygen, hydrogen, nitrogen, sulfur and others was used. The basis of the difference of isotopic composition of raw materials for food items is the phenomenon of fractionation – combination of biological, physical and chemical processes that result in food from a particular location having a unique isotopic profile. Fractionation of stable isotopes depends on the distance to the sea, climate, livestock forage base, seasonal changes in feeding mode and others. Studies are conducted on the mass spectrometer using standard samples of elements with constant and known isotopic composition. Experiments carried out in various countries around the world, clearly and effectively distinguish the country of origin for meat, milk and cheese in most cases.

Conclusion. The analyzed data from studies conducted in different regions of the world, show differences in the isotopic composition of food by geographical origin, due to climatic conditions, region latitude, distance from the sea, livestock feeding grounds, seasonal changes in feeding regime. It was established the need for measuring the isotopic composition of different fractions of the product. To prevent fraud of food items according to the geographical origin should be used methods of the isotopic researches in Ukraine; therefore it is necessary to create a database of the isotopic composition of food items of Ukrainian and foreign production.

Keywords: geographical origin, milk, meat, cheese, stable isotopes.

REFERENCES

1. *Recommended methods of analysis and sampling. CODEX STAN 234-1999. With amendments adopted by the 30th Session of the Codex Alimentarius Commission.* —

- Published online, 2007. — Way of access : http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_234e.pdf.
2. *Stable isotopes determination in food authentication: a review* / [S. Ghidini, A. Ianieri, E. Zanardi, M. Conter, T. Boschetti, P. Iacumin, P. G. Bracchi] // *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma*. — 2006. — Vol. XXVI. — P. 193—204.
 3. *Talibova A. Ocenka kachestva i bezopasnosti pishhevoj produkcii metodom izotopnoj mass-spektrometrii* / A. Talibova, A. Kolesnov // *Analitika*. — 2011. — № 1. — S. 44—48.
 4. *Hjofs J. Geohimija stabil'nyh izotopov* / J. Hjofs. — M. : Mir. — 1983. — 198 s.
 5. *Talibova A. G. Issledovanie stabil'nyh izotopov dlja ocenki kachestva i bezopasnosti pishhevych produktov. Ch. 2. Uglerod* / A. G. Talibova, A. Ju. Kolesnov // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja*. — 2010. — № 11. — S. 43—50.
 6. *Meier-Augenstein W. Stable isotopes analysis. General principles and limitations* / W. Meier-Augenstein, H. Kemp // *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*; 2nd ed. by A. Jamieson and A. Moenssens, 2012. — Published online, 2012. — Way of access : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470061589.fsa1041/abstract>.
 7. *Guillou C. Isotope methods for the control of food and beverages* / C. Guillou, F. Reneiro // *New approaches for stable isotope ratio measurements*. — Vienna : IAEA, 2001. — P. 39—55.
 8. *Talibova A. G. Vyjavlenie proishozhdenija syr'ja metodom mass-spektrometrii* / A. G. Talibova, A. Ju. Kolesnov // *Mjasnye tehnologii*. — 2010. — № 3. — S. 52—56.
 9. *Application of stable isotope ratio analysis for origin authentication of pork* / [Kyong Su Kim, Jae Sung Kim, In Min Hwang, In Seon Jeong, Naem Khan, Sun Im Lee, Dong Bok Jeon, Yang Hoon Song, Kwan Suk Kim] // *Korean J. Food Science An*. — 2013. — Vol. 33, N 1. — P. 39—44.
 10. *Inferring the origin and dietary history of beef from C, N, and S stable ratio analysis* / [O. Schmidt, J. M. Quilter, B. Bahar, A. P. Moloney, C. M. Scrimgeour, I. S. Begley, F. J. Monahan] // *Food Chemistry*. — 2005. — N 91. — P. 545—549.
 11. *Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat* / [E. Piasentier, R. Valusso, F. Gamin, G. Versini] // *Meat Science*. — 2003. — N 64. — P. 239—247.
 12. *Sr isotope measurements in beef – analytical challenge and first results* / [S. Rummel, C. H. Decant, S. Holzl, S. D. Kelly, M. Baxter, N. Marigheto, C. R. Quetel, R. Larcher, G. Nicolini, H. Froschl, H. Ueckermann, J. Hoogewerff] // *Anal. Bioanal. Chem*. — 2012. — N 402. — P. 2837—2848.
 13. *Stable isotope ratios, major, trace and radioactive elements in Emmental cheeses of different origins* // [L. Pilonell, R. Badertsher, P. Froidevaux, G. Haberhauer, S. Hölzl, P. Horn, A. Jakob, E. Pfammatter, U. Piantini, A. Rossmann, R. Tabacchi, J. O. Bosset] // *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*. — 2003. — N 36. — P. 615—623.
 14. *Multi-stable isotope analysis as a tool for assessing the geographic provenance of dairy products: A case study using buffalo's milk and cheese samples from the Amazon basin, Brasil* / [Almir Viera Silva, Jean François Hélie, Fabrício de Andrade Caxito, Humberto Monardes, Arif F. Mustafa, Ross Stevenson] // *International Dairy Journal*. — 2014. — N 35. — P. 107—110.
 15. *H, C, N and S stable isotopes and mineral profiles to objectively guarantee the authenticity of grated hard cheeses* / [Federica Gamin, Ron Ehrens, Daniela Bertoldi, Luana Bontempo, Luca Ziller, Matteo Perini, Giorgio Nicolini, Marco Nocetti, Roberto Larcher] // *Analytica Chimica Acta*. — 2012. — N 711. — P. 54—59.
 16. *Szul M. The stable isotopes ratio analysis in quality control of Montasio and Oscypek cheeses* / Malgorzata Szul, Jacek Kozil // *Forum ware international*. — 2003. — N 2. — P. 42—53.
 17. *Panetta R. J. Induction Module-CRDS analysis of water isotopes in cheese II. Rapid method to discriminate cheese sources* / Robert J. Panetta // *Application note 032*. — Picarro, Inc., 2010. — Way of access : http://www.picarro.com/sites/default/files/AN032%20Authentication%20of%20Cheese%20regional%20production_0.pdf?download=1.