



А.А. Деміч, А.В. Коваль, Н.О. Стаднічук, Т.В. Євтушенко, Т.П. Костюченко
Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя Міністерства охорони здоров'я України», м. Київ, Україна

КОНТРОЛЬ ВМІСТУ НІТРАТІВ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ – АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ

Резюме. Актуальність. Проблема нітратного забруднення харчових продуктів та його впливу на організм людей останнім часом стає все більш актуальною. Нітрати – це природні продукти обміну всіх рослин. Вони життєво необхідні рослинам – без них неможливий їхній нормальний ріст і розвиток. Однак неконтрольоване використання азотних добрив призвело до накопичення необмеженого рівня їх у продуктах рослинного походження. Під час споживання овочів з підвищеною кількістю нітратів у кишковому тракті вони частково відновлюються до нітритів, а останні потрапляючи в кров, викликають захворювання – метгемоглобінемію. Тому кількісне та якісне визначення нітратів та нітритів у рослинній та тваринній продукції, воді та ґрунтах є на сьогоднішній час актуальним. На основі аналізу літературних джерел розкрито суть проблеми надмірного накопичення нітратів у сільськогосподарській продукції та їх негативного впливу на здоров'я людини.

Мета - експериментальне визначення концентрації нітратів та нітритів у рослинній і тваринній продукції, воді та ґрунтах, порівняння з гранично допустимою концентрацією згідно з вимогами Постанови Ради (ЄС) № 1258/2011 максимальний вміст нітратів в овочах та «Державними санітарними правилами і нормами «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затвердженими Наказом Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238).

Матеріали та методи. Джерела інформаційного пошуку в друкованих та електронних виданнях, пошукових базах, методи аналізу, порівняння та узагальнення інформаційних даних. Фотометричний метод.

Результати. Проаналізовано роль нітратів у природі, з'ясовано джерела їхнього надходження до продуктів харчування, а також нормування вмісту нітратних компонентів. Досліджено проблему зниження якості рослинної продукції через неконтрольоване застосування добрив, вміст нітратів у рослинній та тваринній продукції. Розглянуто шкідливий вплив продукції з підвищеним вмістом нітратів, проведено комплексну оцінку їхнього вмісту в різних частинах рослин; надано порівняльну характеристику методів визначення нітратних сполук.

Висновки. Проблема нітратного забруднення набуває все більшої актуальності через постійне збільшення кількості та швидкості кругообігу нітратного азоту у довкіллі, зростає його вплив на природні системи та можливість акумуляції у продуктах рослинництва і відповідно в організмі людей і тварин. Отже, здійснення аналітичного контролю харчової продукції та об'єктів довкілля є важливим для одержання відповідної інформації про вміст техногенних забруднювачів, якими є нітрати та нітрити.

Ключові слова: нітрати, максимально допустимий рівень, нітратні сполуки, нітратне забруднення.

A. Demich, A. Koval, N. Stadnichuk, T. Yevtushenko, T. Kostiuhenko
L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety,
Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine

THE TOPICALITY OF THE ISSUE OF NITRATES CONTROL IN FOOD PRODUCTS

Abstract. Nitrates are natural metabolic products of all plants. They are vital to plants – without them their normal growth and development is impossible. However, the uncontrolled use of nitrogen fertilizers has led to their uncontrolled accumulation in food products. When eating vegetables with high amounts of nitrates, they are partially restored to nitrites in the intestinal tract, and the latter, entering the bloodstream cause diseases – methemoglobinemia. Therefore, quantitative and qualitative determination of nitrates and nitrites in plant and animal products, water and soils are relevant today. Based on the analysis of scientific literature, the essence of the problem of excessive accumulation of nitrates in agricultural products and their negative impact on human health is highlighted.

Aim. The aim of the research was to determine experimentally the concentration of nitrates and nitrites in plant and animal products, water and soils, to compare it with the maximum allowable concentration as required by Commission Regulation (EU) No 1258/2011 on maximum nitrate content in vegetables and by State sanitary rules and regulations on Maximum Permissible Levels of Certain Contaminants in Food, approved by the Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 13, 2013 No 368 (as amended by the order of the Ministry of Health of Ukraine of May 22, 2020 No 1238).

Materials and Methods. Sources of information retrieval in printed and electronic publications, databases search engines, methods of analysis, comparison and generalization of data. Photometric method.

Results. The analysis of the value of nitrates in nature, sources of this substance in food was conducted; normalization of the content of nitrate components, the problem of plant products quality decline due to the uncontrolled use of fertilizers was studied; the content of nitrates in plant and animal products; the harmful effects of products with high nitrate content were considered; a comprehensive assessment of nitrate content in plant products was carried out; comparative characteristics of methods for determination of nitrate compounds were given; the consequences of consumption of products with high nitrate content were analyzed.

Conclusions. The problem of nitrate pollution is becoming increasingly significant, because the amount and speed of the nitrate nitrogen cycle in the environment is constantly increasing, which increases its impact on natural systems and the possibility of nitrate accumulation in crop products, humans and animals. Therefore, the implementation of analytical control of food and environmental objects is important to obtain objective information about the content of man-made pollutants, which are nitrates and nitrites.

Key Words: nitrates, maximum permissible level, nitrate compounds, nitrate pollution.

Вступ. Проблема нітратного забруднення харчових продуктів та його впливу на організм людей останнім часом стає все більш актуальною. Нітрати – це природні продукти обміну всіх рослин. Вони життєво необхідні рослинам – без них неможливий їхній нормальний ріст і розвиток. Однак неконтрольоване використання азотних добрив призвело до накопичення необмеженого рівня їх у продуктах рослинного походження. Під час вживання овочів з підвищеною кількістю нітратів у кишковому тракті вони частково відновлюються до нітритів, а останні потрапляючи в кров, викликають захворювання – метгемоглобінемію. Тому кількісне та якісне визначення нітратів та нітритів у рослинній та тваринній продукції, воді та ґрунтах є на сьогоднішній час актуальним. На основі аналізу літературних джерел розкрито суть проблеми надмірного накопичення нітратів у сільськогосподарській продукції та їх негативного впливу на здоров'я людини.

Мета. Висвітлення проблеми нітратного забруднення харчових продуктів та його впливу на організм людей, а також експериментальне визначення концентрації нітратів у рослинній та тваринній продукції, воді та ґрунтах, порівняння одержаних результатів з гранично допустимою концентрацією згідно з вимогами Постанови Ради (ЄС) № 1258/2011 «Максимальний вміст нітратів в овочах» та «Державних санітарних правил і норм «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затверджених Наказом Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року №368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238), зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21 липня 2020 р. за № 684/34967).

Матеріали та методи. Здійснено інформаційний пошук за напрямом роботи в друкованих та електронних виданнях, пошукових базах. Проведено узагальнення інформаційних даних щодо методів аналізу, в тому числі порівняння з фотометричним методом, розробленим у ДВТЦ (МІ.С.3.7.2.01-017), принцип якого ґрунтується на

Introduction. Nitrates are natural metabolic products of all plants. They are vital to plants - without them their normal growth and development is impossible. However, the uncontrolled use of nitrogen fertilizers has led to their uncontrolled accumulation in food products. When eating vegetables with high amounts of nitrates, they are partially restored to nitrites in the intestinal tract, and the latter, entering the bloodstream cause diseases – methemoglobinemia. Therefore, quantitative and qualitative determination of nitrates and nitrites in plant and animal products, water and soils is relevant today. Based on the analysis of literature sources, the essence of the problem of excessive accumulation of nitrates in agricultural products and their negative impact on human health is highlighted.

Aim. The aim of the research was to highlight the problem of nitrate contamination of food and its impact on the human body, as well as to determine experimentally the concentration of nitrates in plant and animal products, water and soil, comparing the results with the maximum allowable concentration as required by Commission Regulation (EU) No 1258/2011 on maximum nitrate content in vegetables and by State sanitary rules and regulations on Maximum Permissible Levels of Certain Contaminants in Food, approved by the Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 13, 2013 No 368 (as amended by the order of the Ministry of Health of Ukraine of May 22, 2020 No 1238).

Materials and Methods. A topic related information search was conducted in printed and electronic publications, search databases. The obtained data on analysis methods were generalized, including comparison with the photometric method developed in RTTC (Research and Testing Toxicological Center), the principle of which is based on extraction with water or potassium chloride solution (for soil and feed samples), purification or clarification of extracts, reduction of nitrates to nitrites with a cadmium column and photometric measurement of the colour of the nitro compound of red-violet colour, formed by the interaction of nitrites with Griess reagent.

екстрагуванні водою або розчином хлориду калію (для зразків ґрунту та кормів), очищенні або освітленні екстрактів, відновленні нітратів до нітритів на кадмієвій колонці та фотометричному вимірюванні забарвлення азотосполуки червоно-фіолетового кольору, що утворилася при взаємодії нітритів з реактивом Грісса.

Результати та обговорення. Проаналізовано роль нітратів у природі, з'ясовано джерела їхнього надходження до продуктів харчування, а також нормування вмісту нітратних компонентів. Досліджено зниження якості рослинної продукції через неконтрольоване застосування добрив; вміст нітратів у рослинній та тваринній продукції. Розглянуто шкідливий вплив продукції з підвищеним вмістом нітратів, проведено комплексну оцінку їхнього вмісту в різних частинах рослин; надано порівняльну характеристику методів визначення нітратних сполук.

Основними джерелами надходження нітратів екзогенно є овочі (70%), вода (20%) та інші продукти харчування (6% з м'ясом і консервованими продуктами). При їхньому потраплянні до організму людини приблизно 60% виводиться з сечею, майже 5% – знаходиться у слині [25,26].

Виділяють первинну токсичність власне нітратіона; вторинну, пов'язану з утворенням нітритіона, і третинну, обумовлену створенням з нітритів і амінів нітрозамінів. Найбільший ризик для здоров'я становлять нітрозаміни, що утворюються з нітритів та амінів. Синтез нітрозамінів може відбуватись як у продуктах харчування в процесі їхньої кулінарної обробки, домашнього консервування, зберігання, так і в організмі людини [7].

Допустима добова доза нітратів 0 - 37 мг/кг маси тіла була встановлена в 1990 році (ЄС 1992) [19], а для нітритів 0,06 мг/кг маси тіла в 199г році [18].

У 2002 році значення допустимих добових доз було переглянуто. Для нітратів було збережено рівень від 0 до 3.7 мг/кг маси тіла, а для нітритів встановлен 0-0,07 мг/кг маси тіла (FAO/WHO) [23,24].

Маса нітратів, що надходить з їжею і водою, може бути досить значною. Їхня велика кількість в організмі людини може відчутно впливати на фізіологічний стан: викликати різні функціональні порушення організму – метгемоглобінемію, тканинну гіпоксію. За даними Mensinga (2003) [27], фоновий рівень вмісту метгемоглобіну становить 1-3%, при 10% порушується транспорт кисню клітинами крові, при 20% спостерігається розвиток ціанозу і гіпоксії, підвищення вмісту метгемоглобіну до 50% (за даними IPCS, 2006) – у 70% настає смерть [30]. Саме тому необхідно здійснювати контроль за вмістом нітратів у продуктах харчування, які є його потенційним джерелом [9, 13].

Накопичення нітратів у рослинах залежить від багатьох факторів. Найбільш значущими є біологічні характеристики самих культур, особливості азот-

Results and Discussion. The analysis of the value of nitrates in nature, sources of this substance in food, normalization of the content of nitrate components, the problem of plant products quality decline due to the uncontrolled use of fertilizers; the content of nitrates in plant and animal products was studied; the harmful effects of products with high nitrate content are considered, a comprehensive assessment of nitrate content in plant products is carried out; comparative characteristics of methods for determination of nitrate compounds are given; the consequences of consumption of products with high nitrate content are analyzed.

The main sources of exogenous nitrate are vegetables (70%), water (20%) and other foods (6% - with meat and canned food). When nitrates enter the human body about 60% is excreted with the urine, about 5% - get into saliva [25, 26].

As a rule, the primary toxicity of the nitrate ion itself; secondary, associated with the formation of nitrite ions, and tertiary, due to the formation of nitrosamines from nitrites and amines are distinguished. The greatest health risks are posed by nitrosamines, which are formed from nitrites and amines. The synthesis of nitrosamines can occur in food in the process of their culinary processing, home canning, storage, and in the human body [7].

The permissible daily dose of nitrates 0-37 mg/kg of body weight was established in 1990 (EU, 1992) [19], and for nitrites 0-0.06 mg/kg of body weight in 1997 (EU, 1997) [18].

In 2002, the values of permissible daily doses were revised and the level of 0 to 3.7 mg/kg of body weight was preserved for nitrates, and 0-0.07 mg/kg of body weight was set for nitrites (FAO WHO) [23, 24].

The mass of nitrates that comes with food and water can be quite significant. The intake of nitrates in the human body in large quantities can significantly affect its physiology: cause various disorders of the functional state of the body – methemoglobinemia, tissue hypoxia. According to Mensinga (2003) [27], the background level of methemoglobin content is 1-3%, at 10% oxygen transport by blood cells is disrupted, at 20% cyanosis and hypoxia develop, 50% increase in methemoglobin content (according to IPCS, 2006) – in 70% of cases leads to death [30]. That is why it is necessary to control the content of nitrates in food products, which are its potential source [9, 13].

The accumulation of nitrates in plants depends on many factors, the most important of which are the biological characteristics of the crops themselves, features of nitrogen nutrition, including doses, forms

ного харчування, в тому числі дози, форми і способи внесення азотних добрив, збалансованість з іншими елементами харчування, терміни останньої азотистої підгодівлі, умови доквілля (вологість ґрунту, інтенсивність освітлення і температура), строки збирання врожаю тощо [11, 12, 14].

Згідно з узагальненими літературними даними вміст нітратів у плодоовочевій продукції знаходиться в досить широких межах: у картоплі – 4-1218 мг/кг, у капусті білокачанній – 10-3467 мг/кг, у капусті цвітній – 53-557 мг/кг, у буряках столових – 40-7771 мг/кг, у моркві – 9-1494 мг/кг, у кабачках – 8-672 мг/кг, у огірках (в т.ч. вирощених в захищеному ґрунті) – 6-1181 мг/кг, у помідорах – 6-2220 мг/кг, у перці солодкому – 10-517 мг/кг, у баклажанах (в т.ч. вирощених в захищеному ґрунті) – 110-2107 мг/кг, у цибулі ріпчастій – 0-625 мг/кг, у редисці – 41-4527 мг/кг, у петрушці – 90-2508 мг/кг, у цибулі пореї – 4-1848 мг/кг, у цибулі зеленій – 10-1486 мг/кг, у листових салатах – 240-4026 мг/кг, у кавунах – 10-300 мг/кг, у динях – 35-201 мг/кг. У значно меншій кількості нітрати визначаються у фруктах та ягодах: в яблуках – 1,2-99,2 мг/кг, в грушах – 5-30 мг/кг, у сливах – 6,4-66,5 мг/кг, у винограді – 4-142 мг/кг) і ще менше в молочних продуктах: 0,1-6,5 мг/кг [2, 6, 8, 10, 22].

Вміст нітрат-аніона в питній воді, отриманій з поверхневих джерел, у більшості країн не перевищує 10 мг/л, хоча рівні нітрат-іона в криничній воді нерідко перевищують 50 мг/л; рівні нітриту – іона при цьому, як правило, набагато нижчі – менше декількох міліграмів (ВООЗ). У більшості описаних випадків метгемоглобінемії, пов'язаних з вмістом нітратів у питній воді, що використовувалась для приготування дитячих сумішей, кількість нітратів була ≥ 20 мг/л. Зазвичай супроводжувалися супутнім бактеріальним забрудненням води [5].

З овочевих культур найбільшу кількість нітратів містять зелені культури, а також коренеплоди, зокрема буряк столовий. Порівняно менше – помідори та картопля. Проміжне положення посідають огірки та капуста білокачанна. Ранні овочі містять нітратів більше, ніж овочі, вирощені у відкритому ґрунті. Відносно мало нітратів накопичують фрукти та ягоди. [10, 15].

Для розроблення стратегії управління ризиками для здоров'я людини, спричиненими надходженням нітратів з рослинними продуктами, Європейська комісія надала Експертній групі з питань забруднювачів у харчовому ланцюжку (CONTAM) Європейського управління нешкідливості харчових продуктів (EFSA) доручення провести оцінювання ризику на сучаснішому рівні. Метою було врахування кількості нітратів, що містяться в рослинних продуктах, які споживає людина, і відповідних міркувань стосовно співвідношення між ризиками і позитивними впливами. У відповідь на запит щодо надання інформації стосовно вмісту

and methods of nitrogen fertilizers application, balance with other nutrients, the timing of the last nitrogen fertilizers application, environmental conditions (soil humidity, light intensity and temperature), terms of harvest, etc. [11, 12, 14].

According to the generalized scientific data the content of nitrates in fruit and vegetable products is determined within a fairly wide range: in potatoes – 4-1218 mg/kg, in white cabbage - 10-3467 mg/kg, in cauliflower – 53-557 mg/, in table beets – 40-7771 mg/kg, in carrots - 9-1494 mg/kg, in zucchini – 8-672 mg kg, in cucumbers (including those grown under cover) – 6-1181 mg/kg, in tomatoes - 6-2220 mg/kg, in bell peppers – 10-517 mg/kg, in eggplants (including those grown under cover) - 110-2107 mg/kg, in onions – 0-625 mg/kg, in radish – 41-4527 mg/kg, in parsley – 90-2508 mg/kg, in leek – 4-1848 mg/kg, in onions green – 10-1486 mg / kg, in lettuce – 240-4026 mg/kg, in watermelons – 10-300 mg/kg, in melons – 35-201 mg/kg. Nitrates are determined in much smaller quantities for fruits and berries: in apples – 1.2-99.2 mg/kg, in pears – 5-30 mg/kg, in plums – 6.4-66.5 mg/kg, in grapes – 4-142 mg/kg and even less for dairy products: 0.1-6.5 mg/kg [2, 6, 8, 10, 22].

The content of nitrate anion in drinking water obtained from surface sources in most countries does not exceed 10 mg/l, although nitrate ion levels in well water often exceed 50 mg/l; nitrite ion levels are usually much lower – less than a few milligrams (WHO). In most of the described cases of methemoglobinemia associated with nitrate content in drinking water used for the preparation of infant formulas, the amount of nitrate was ≥ 20 mg/l. Cases of methemoglobinemia are usually accompanied by concomitant bacterial contamination of water [5].

Of the vegetable crops, the largest amount of nitrates is found in green crops, as well as root crops, in particular beets. Tomatoes and potatoes accumulate relatively little nitrate. Cucumbers and white cabbage occupy an intermediate position. Early vegetables contain more nitrates than open-ground vegetables. Fruits and berries accumulate relatively little nitrates [10, 15].

In order to develop a strategy for managing the risks to human health caused by the inflow of nitrates with plant products, the European Commission has instructed the Expert Group on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) of the European Food Safety Authority (EFSA) to conduct a thorough risk assessment. The aim was to take into account the amount of nitrates contained in plant products consumed by humans and the relevant considerations regarding the relationship between risks and benefits.

нітратів у рослинних продуктах EFSA отримала результати 41969 аналітичних досліджень з 20 держав-членів, а також Норвегії. Усереднений вміст нітратів у різних видах рослинних продуктів коливався в широкому діапазоні від низького – 1 мг/кг (горох і брюссельська капуста), до високого – 4800 мг/кг (рукола). Вміст нітратів, нижчий за мінімум, що може бути виявлений (LOD), мав місце менше ніж у 5 % зразків. Приблизні дані стосовно обсягів споживання рослинних продуктів в Європі оцінювали за інформацією, що міститься в базі даних GEMS/Food Consumption Cluster Diets, а також даними щодо їх споживання, наданими державами-членами ЄС. [20]

У результаті, як базове значення споживання овочів і фруктів людиною, було прийнято 400 г за добу відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO (BOOЗ)), проте вважалося, що всі вони споживалися в формі рослинних продуктів. Крім того, за зібраними даними було оцінено декілька сценаріїв, які передбачали різні обсяги споживання харчових продуктів з різним вмістом нітратів у відповідних категоріях. Ці сценарії показали, що основним чинником високого надходження нітратів з їжею була не абсолютна кількість рослинних продуктів, що споживаються, а їхні види (зокрема, рослинна їжа у вигляді листя) і вміст нітратів, що залежить від умов їхнього виробництва [25]. Для оцінювання можливих впливів на здоров'я за різних сценаріїв надходження нітратів з харчовими продуктами експертна група CONTAM порівняла результати оцінювання з випадком їхнього добового надходження в кількості 222 мг до організму людини вагою 60 кг. Крім того, для прив'язки цих результатів до певних обставин враховували також надходження нітратів з інших джерел, зокрема питної води і консервованого м'яса, в кількості в середньому 35-44 мг на особу за добу. Як основу для порівняння брали особу, яка споживала 400 г на добу змішаної рослинної їжі зі середнім вмістом нітратів, що відповідало надходженню нітратів з рослинною їжею в кількості 157 мг на добу. BOOЗ рекомендує допустимий рівень добового споживання (Acceptable Daily Intake – ADI) для нітратів 3,7 мг/кг маси тіла. Тобто, ця величина нижча за ADI навіть якщо брати до уваги нітрати, які потрапляють з іншими харчовими продуктами. Зменшити обсяги надходження нітратів можна обробляючи продукти, зокрема мити, очищати від шкурки та/або піддавати кулінарній обробці. [28,29,31]

Гранично допустимі рівні вмісту контамінантів, нітратів у харчовій продукції в ЄС встановлені такими документами:

– Правила Комісії (ЄС) №194/97 вперше встановлено допустимий рівень нітратів для харчових продуктів;

In response to a request for information on nitrate content in plant products, EFSA received the results of 41 969 analytical studies from 20 Member States, as well as Norway. The average content of nitrates in various types of plant products ranged from low – 1 mg/kg (peas and Brussels sprouts), to high – 4800 mg/kg (rucola). Nitrate content lower than the lowest detectable (LOD) was in less than 5% of the samples. Approximate data on the consumption of plant products in Europe were estimated from the information contained in the GEMS/Food Consumption Cluster Diets database, as well as data on their consumption provided by EU Member States [20].

As a result, 400 g per day was taken as the basic value for human consumption of fruits and vegetables in accordance with the recommendations of the World Health Organization (WHO), but it was believed that all of them were consumed with plant products. Several scenarios with different levels of nitrate consumption in the respective categories were evaluated, which showed that the main factor in the high intake of nitrates with food was not the absolute amount of plant products consumed, but their species (including plant food in the form of leaves) and the content of nitrates, which depends on the conditions of their production [25].

To assess possible health effects in different scenarios of nitrates intake with food, the CONTAM Expert Group compared the results of the assessment with the case of their daily intake in the amount of 222 mg into the human body weighing 60 kg. In addition, to link these results to certain circumstances the intake of nitrates with other sources, in particular, drinking water and canned meat, in an average of 35-44 mg per person per day was taken into account. The basis for comparison was a person who consumed 400 g of mixed plant foods with an average content of nitrates per day, which corresponded to the intake of nitrates from plant foods in the amount of 157 mg per day. The WHO recommends an acceptable daily intake (ADI) for nitrates as 3.7 mg/kg of body weight. That is, this value is lower than the ADI, even if we take into account nitrates that come with other foods. The reduction in nitrate intake may be the result of food processing, in particular washing, peeling and/or cooking [28, 29,31]

The maximum permissible levels of contaminants, nitrates in food products in the EU are set by the following documents:

- Commission Regulation (EC) No 194/97 for the first time set out an acceptable level of nitrate for food-stuffs;
- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 set out maximum levels for

– Постанова Ради (ЄС) № 1881/2006 від 19 грудня 2006 встановила максимальний рівень вмісту нітратів для харчових продуктів (нітрати нормуються тільки для певних видів листових овочів: шпинат, латук, салат айсберг та дитячого харчування) на базі оцінки можливого ризику, пов'язаного зі споживанням нітратів із плодовоовочевою продукцією [17]

– Постанова Ради (ЄС) № 1258/2011 від 2 грудня 2011 року – внесені кількісні зміни (збільшені рівні вмісту) щодо допустимого рівня вмісту нітратів у продуктах: тільки для певних видів листових овочів: шпинат, латук, салат айсберг та для дитячого харчування); [16]

Відповідно до Постанови Ради (ЄС) № 1258/2011 максимальний вміст нітратів у овочах не може перевищувати вимоги, наведені в табл. 1).

nitrate in foodstuffs (nitrate is standardized only for certain leafy vegetables: spinach, lettuce, “Iceberg” type lettuce and foods for infants and young children) on the basis of an assessment of the potential risk of nitrate intake with fruit and vegetables [17]

– Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 – quantitative changes (increased levels) concerning the permissible level of nitrate in products were introduced: only for certain types of leafy vegetables: spinach, lettuce, “Iceberg” type lettuce and for foods for infants and young children [16];

According to Commission Regulation (EU) No 1258/2011, the maximum nitrate content of vegetables may not exceed the requirements given in Table 1.

Таблиця 1 / Table 1

Допустимий рівень вмісту нітратів згідно з вимогами Постанови Ради (ЄС) № 1258/2011 / Permissible level of nitrate content according to Commission Regulation (EU) No 1258/2011 requirements

Харчові продукти / Food	Довідкова інформація / Reference Information	Максимально допустимі рівні (мг NO ₃ /кг) / Maximum permissible levels (mg NO ₃ /kg)
Свіжий шпинат / Fresh spinach		3500
Заморожений і консервований шпинат / Frozen and preserved spinach		2000
Свіжий салат (крім айсберга) у відкритому та захищеному ґрунті / Fresh lettuce (except “Iceberg”) grown under cover and in open air	З 1 жовтня по 31 березня у захищеному ґрунті / Harvested 1 October to 31 March; grown under cover	5000
	У відкритому ґрунті / Grown in the open air	4000
	З 1 квітня по 30 вересня у захищеному ґрунті / Harvested 1 April to 30 September; grown under cover	4000
	У відкритому ґрунті / Grown in the open air	3000
Салат айсберг	У захищеному ґрунті / Grown under cover	2500
	У відкритому ґрунті / Grown in the open air	2000
Рукола	З 1 жовтня по 31 березня / Harvested 1 October to 31 March	7000
	З 1 квітня по 30 вересня / Harvested 1 April to 30 September	6000
Перероблені продукти харчування на основі зернових, дитяче харчування для немовлят і маленьких дітей / Processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children		200

В Україні допустимі рівні вмісту нітратів у продукції регламентуються «Державними санітарними правилами і нормами «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затвердженими Наказом Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238), зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21 липня 2020 р. за № 684/34967 [1]. Максимально допустимі рівні вмісту нітратів наведені в розділі І. Перелік містить 23 найменування продуктів: рання листова зелень, овочі захищеного та відкритого ґрунту, фрукти, який наведено нижче (табл. 2).

In Ukraine acceptable levels of nitrate content in products are regulated by the State sanitary rules and regulations on Maximum Permissible Levels of Certain Contaminants in Food, approved by the Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 13, 2013 No 368 (as amended by the order of the Ministry of Health of Ukraine of May 22, 2020 No 1238), registered with the Ministry of Justice of Ukraine on July 21, 2020 No 684/34967 [1]. The maximum permissible levels of nitrates are given in Section I. The list contains 23 names of products: early leafy greens, vegetables grown under cover and in the open air, fruits, it is given below.

Таблиця 2 / Table 2

Максимально допустимі рівні вмісту нітратів згідно з вимогами Наказу Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238) / The maximum allowable equivalence in place of nitrates could be the Order of the Ministry of Health Protection of Ukraine on January 13, 2013 No. 368

№ з/п	Харчові продукти / Food	Максимально допустимі рівні (мг NO ₃ /кг) / Maximum permissible levels (mg NO ₃ /kg)	Довідкова інформація / Reference Information	
1.	Свіжий шпинат (<i>Spinacia oleracea</i>) / Fresh spinach <i>Spinacia oleracea</i>	3500	Максимально допустимий рівень не застосовується до свіжого шпинату, що підлягає переробці і транспортується без упаковки з полів на переробні підприємства. / The maximum level does not apply to fresh spinach to be processed and which is transported unpackaged from the fields to processing plants.	
2.	Консервований, глибокозаморожений або заморожений шпинат / Preserved, deep-frozen or frozen spinach	2000		
3.	Свіжий салат-латук (<i>Latuca sativa L.</i>) (вирощений у закритому та у відкритому ґрунті) за винятком салату-латуку, зазначеного в пункті 4 цього розділу / Fresh lettuce (<i>Latuca sativa L.</i>) (grown under cover and in the open air) with the exception of lettuce referred to in paragraph 4 of this section	Урожай у період з 01 жовтня по 31 березня Harvested in the period from 1 October to 31 March	5000	
		Салат-латук, вирощений у закритому ґрунті. Lettuce grown under cover	4000	
		Салат-латук, вирощений у відкритому ґрунті. Lettuce grown in the open air	4000	
		Урожай у період з 01 квітня по 30 вересня Салат-латук, вирощений у закритому ґрунті. Салат-латук, вирощений у відкритому ґрунті / arvested in the period from 1 April to 30 September Lettuce grown under cover Lettuce grown in the open air	3000	

Максимально допустимі рівні вмісту нітратів згідно з вимогами Наказу Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238) / The maximum allowable equivalence in place of nitrates could be the Order of the Ministry of Health Protection of Ukraine on January 13, 2013 No. 368

N з/п	Харчові продукти / Food	Максимально допустимі рівні (мг NO₃/кг) / Maximum permissible levels (mg NO₃/kg)	Довідкова інформація / Reference Information	
4.	Салат-латук "Айсберг" / "Iceberg" type lettuce	Салат-латук, вирощений у закритому ґрунті Lettuce grown in closed ground	2500	
		Салат-латук, вирощений у відкритому ґрунті Lettuce grown in open ground	2000	
5.	Рукола (<i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp., <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i>) / Rucola (<i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp., <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i>)	Урожай у період з 01 жовтня по 31 березня Harvest in the period from October 1 to March 31	7000	
		Урожай у період з 01 квітня по 30 вересня Harvest in the period from April 1 to September 31	6000	
6.	Продукти прикорму / Supplementary products		200	Максимально допустимий рівень встановлено для готових до споживання харчових продуктів (розміщених на ринку як таких або після відновлення згідно з інструкцією виробника). / The maximum level is set for ready-to-eat foods (placed on the market as such or after recovery according to the manufacturer's instructions).
7.	Картопля / Potato		250,0	
8.	Капуста білокачанна / White cabbage	Рання (до 01 вересня) / Early season (until 1 September)	900,0	
		Пізня / Пізня	500,0	
9.	Морква / Carrot	Рання (до 01 вересня) / Early season (until 1 September)	400,0	
		Пізня / Пізня	250,0	
10.	Томати / Tomatoes		150,0	
11.	Огірки / Cucumbers	Захищений ґрунт / Under cover	300,0	
		Відкритий ґрунт / In the open air	150,0	
12.	Буряк столовий / Table beets		1400,0	
13.	Цибуля ріпчаста / Onions		80,0	
14.	Цибуля-перо / Onion greens	Захищений ґрунт / Under cover	800,0	
		Відкритий ґрунт / In the open air	600,0	

Таблиця 2 / Table 2

Максимально допустимі рівні вмісту нітратів згідно з вимогами Наказу Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238) / The maximum allowable equivalence in place of nitrates could be the Order of the Ministry of Health Protection of Ukraine on January 13, 2013 No. 368

№ з/п	Харчові продукти / Food	Максимально допустимі рівні (мг NO₃/кг) / Maximum permissible levels (mg NO₃/kg)		Довідкова інформація / Reference Information
15.	Листові овочі, за винятком тих, що зазначені в цьому розділі / Leafy vegetables, other than those mentioned in this section	Захищений ґрунт / Under cover	3000,0	
		Відкритий ґрунт / In the open air	2000,0	
16.	Дині / Melons		90.0	
17.	Кавуни / Watermelons		60.0	
18.	Перець солодкий / Bell pepper	Захищений ґрунт / Protected soil	400.0	
		Відкритий ґрунт / Open ground	200.0	
19.	Кабачки / Zucchini		400.0	
20.	Гарбузи (для виготовлення консервів для дитячого харчування) / Pumpkins (for baby food preserves)		200.0	
21.	Яблука / Apples		60.0	
22.	Груші / Pears		60.0	
23.	Виноград столових сортів / Table grapes		60.0	

Розширення ринку збуту вітчизняної продукції потребує гармонізації показників вмісту забруднюючих речовин з міжнародними вимогами та директивами ЄС і забезпечення застосування зазначених показників в Україні. Основною вимогою, яку висуває ЄС, – харчові продукти, що виробляються країнами, які бажають вступити до ЄС та що імпортуються до ЄС, повинні відповідати таким же стандартам, як і продукти, вироблені у межах ЄС.

Максимально допустимі рівні вмісту нітратів, що на сьогодні є обов'язковими в Україні, відповідають наведеному у Постанові Ради (ЄС) № 1258/2011 від 2 грудня 2011 року і, крім того, містять додатково вимоги до вмісту нітратів у таких важлих у раціоні українців продуктах як картопля, капуста білокачанна, морква, томати, огірки, буряк столовий, цибуля ріпчаста, цибуля-перо, листові овочі, дині, кавуни, перець солодкий, кабачки, гарбузи (для виготовлення консервів для дитячого харчування), яблука, груші, виноград столових сортів.

Дослідження рівнів вмісту нітратів у різних видах харчової продукції проводяться в Україні відповідно до чинних нормативних документів:

ДСТУ 4948 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів»;

The expansion of the market for domestic products requires the harmonization of values of pollutants content with international requirements and EU directives and ensuring the application of these values in Ukraine. The main requirement of the EU is that food products produced by countries wishing to join the EU and imported into the EU must meet the same standards as products produced within the EU.

The maximum permissible levels of nitrates, which are currently mandatory in Ukraine, are in line with the Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 and also contain additional requirements for the content of nitrates in such important products in the diet of Ukrainians as potatoes, white cabbage, carrots, tomatoes, cucumbers, table beets, onions, onion greens, leafy vegetables, melons, watermelons, bell peppers, zucchini, pumpkins (for baby food preserves), apples, pears, table grapes.

Studies of nitrate levels in various types of food products are conducted in Ukraine in accordance with current regulations:

State Standards 4948 Fruits, vegetables and products of their processing. Methods of determining the content of nitrates

ДСТУ ISO 14673-1/IDF 189-1:2012 «Молоко та молочні продукти. Визначення масової частки нітратів на нітритів. Частина 1. Метод з використанням спектрометрії та відновлення кадмієм (ISO 14673-1:2004/IDF 189-1:2004, IDT)»;

ДСТУ ISO 2918:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту нітриту (контрольний метод);

ДСТУ ISO 3091:2019 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту нітрату (контрольний метод);

ГОСТ 13496.19-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов;

ДСТУ ISO/TS 14256-1:2005 «Якість ґрунту. Визначення нітрату, нітриту і амонію в ґрунтах польової вологості екстрагуванням розчином хлориду калію. Частина 1. Ручний метод».

Для визначення нітратів у зразках води на даний час в Україні чинні два нормативні документи:

ДСТУ 4078-2001 «Якість води. Визначення нітрату. Частина 3. Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти»;

ДСТУ ISO 7890-1:2003 «Якість води. Визначення нітрату. Частина 1. Спектрометричний метод із застосуванням 2,6-диметилфенолу».

Кількість досліджень на вміст нітратів та нітритів, проведених у Дослідницько-випробувальному токсикологічному центрі, становить понад 1500. Частка перевірених за цими показниками зразків становить:

- питна вода (в т.ч. бутильована, мінеральна, колодязна та зі свердловин) - 32,2 %;
- продукти для дитячого харчування – 18,7 %;
- свіжі, сушені та заморожені овочі та фрукти – 17,8 %;
- м'ясні продукти – 11,9 %;
- плодоовочева консервована продукція – 9,8 %;
- молочні продукти – 3,0 %;
- корми та комбикормові добавки – 0,6 %.
- зразки ґрунту – 6,0 %.

Визначення вмісту нітратів та нітритів відповідно до вищезазначених стандартів проводилось фотометричним методом. Його принцип полягає на їхньому екстрагуванні водою або розчином хлориду калію (для зразків ґрунту та кормів), очищенні або освітленні екстрактів, відновленні нітратів до нітритів на кадмієвій колонці та фотометричному вимірюванні забарвлення азотосполуки червоно-фіолетового кольору, що утворилася при взаємодії нітритів з реактивом Грісса. Інтенсивність забарвлення розчину прямо пропорційна концентрації нітрит-іона і визначається за допомогою калібрувального графіка.

Необхідно зазначити, що для отримання достовірних даних щодо вмісту нітратів потрібне обов'язкове визначення окремо вихідних нітритів у фільтраті аналізованого зразка, адже після від-

State Standards ISO 14673-1/IDF 189-1:2012 Milk and milk products. Determination of nitrates and nitrites. Part 1. Method using cadmium reduction and spectrometry (ISO 14673-1:2004/IDF 189-1:2004, IDT)

State Standards ISO 2918:2005 Meat and meat products. Method of determining the total nitrite content (control method)

State Standards ISO 3091:2019 Meat and meat products. Nitrate content method (control method)

State Standards 13496.19-93 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining the content of nitrates and nitrites

State Standards ISO/TS 14256-1:2005 Soil quality. Determination of nitrate, nitrite and ammonium in soils of field humidity by extraction with potassium chloride solution. Part 1. Manual method

To determine nitrates in water samples, there are currently two regulations in force in Ukraine:

State Standards 4078-2001 Water quality. Determination of nitrate. Part 3. Spectrometric method using sulfosalicylic acid

State Standards ISO 7890-1:2003 Water quality. Determination of nitrate. Part 1. Spectrometric method using 2,6-dimethylphenol

Number of studies on the content of nitrates and nitrites conducted by the Research and Testing Toxicological Center, is more than 1500. The share of samples tested on these indicators is:

- drinking water (including bottled, mineral, from wells and bore wells) – 32.2%;
- baby food – 18.7%;
- fresh, dried and frozen vegetables and fruits – 17.8%;
- meat products – 11.9%;
- preserved fruits and vegetables – 9.8%;
- dairy products – 3.0%;
- feed and feed additives – 0.6%.
- soil samples – 6.0%.

Determination of nitrates and nitrites according to the abovementioned standards was performed by photometric method, the principle of which is based on their extraction with water or potassium chloride solution (for soil and feed samples), purification or clarification of extracts, reduction of nitrates to nitrites with a cadmium column and photometric measurement of the colour of the nitro compound of red-violet colour, formed by the interaction of nitrites with Griess reagent. The colour intensity of the solution is directly proportional to the concentration of nitrite ion and is determined using a calibration graph.

It should be noted that to obtain reliable data on the content of nitrates it is necessary to determine separately source nitrites in the filtrate of the analyzed sample, because after reduction of nitrates to nitrites with a cadmium column we get the sum of nitrite ions. If nitrites are not detected in the filtrate (i.e. their content is less than the sensitivity of the method of deter-

новлення нітратів на кадмієвій колонці до нітритів ми отримуємо суму нітрит-іонів. Якщо нітритів у фільтраті не виявлено (тобто їх вміст менше чутливості методу визначення), то вміст нітратів буде дорівнювати кількості нітритів після відновлення на кадмієвій колонці (з урахуванням коефіцієнта перерахунку NO_2^- у NO_3^-). У разі виявлення нітритів у фільтраті необхідно відняти їх кількість від загальної кількості нітритів після відновлення на кадмієвій колонці та провести перерахунок на NO_3^- , NaNO_3 або KNO_3 залежно від регламенту на конкретний вид продукту.

Принцип методу, що покладено в основу ДСТУ 4078-2001 [3], полягає в утворенні комплексної сполуки жовтого кольору в результаті реакції сульфосаліцилової кислоти з нітратом, спектрометричному вимірюванні інтенсивності її забарвлення та визначенні концентрації нітрат-іона за калібрувальним графіком. Межа виявлення становить 0,01 мг/л.

За ДСТУ ISO 7890-1:2003 [4] проводять спектрометричне вимірювання інтенсивності забарвлення продукту реакції нітрату з 2,6-диметилфенолом - 4-нітро-2,6-диметилфенолу та визначенні концентрації нітрат-іона за калібрувальним графіком. Межа виявлення – 0,06 мг/л.

Слід зауважити, що обидва стандарти передбачають:

- визначення тільки нітрат-іонів;
- використання прекурсорів;
- наявність чинників, що заважають визначенню нітратів (хлориди, ортофосфати, іони магнію та марганцю), що потребує додаткових операцій та використання розчинів нетривіальних і коштовних реактивів по усуненню їхнього впливу на кінцевий результат;
- методи є трудомісткими та довготривалими.

Тому в Науковому центрі розроблено методику вимірювання масової концентрації нітритів та нітратів (відновлення до нітритів на кадмієвій колонці) з використанням реактиву Грісса, що застосовується для визначення нітрит-іонів відповідно до ГОСТ 4192-82 «Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ». Контроль правильності виконання досліджень здійснювали методом добавок. Межа кількісного визначення (МКВ) нітрит-іона – 0,01 мг/л NO_2^- . Експериментально доведено, що розроблена власна методика не перевищує метрологічні вимоги, характерні для визначених діапазонів вимірювань і має ряд переваг перед чинними нормативними документами, а саме:

- визначають нітрит- та нітрат-іони з одним кольороутворюючим реагентом і за одним калібрувальним графіком;
- відсутні чинники, що заважають;
- відсутні додаткові реактиви;
- відсутні прекурсори;

mination), the nitrate content will be equal to the amount of nitrite after reduction with a cadmium column (taking into account the conversion factor NO_2^- and NO_3^-). In case of detection of nitrites in the filtrate, it is necessary to subtract their amount from the total amount of nitrites after reduction with a cadmium column and recalculate to NO_3^- , NaNO_3 or KNO_3 depending on the regulations for a particular product.

The principle of the method, which is the basis for DSTU 4078-2001 [3], is the formation of a complex compound of yellow colour by the reaction of sulfosalicylic acid with nitrate, spectrometric measurement of its colour intensity and determination of nitrate ion concentration on a calibration graph. The detection limit is 0.01 mg/l.

According to State Standards ISO 7890-1:2003 [4] spectrometric measurement of the colour intensity of the reaction product of nitrate with 2,6-dimethylphenol-4-nitro-2,6-dimethylphenol and determination of the concentration of nitrate ion according to the calibration graph are conducted. Detection limit - 0.06 mg/l.

It should be noted that both standards provide for:

- determination of nitrate ions only;
- use of precursors;
- the presence of factors that hinder the determination of nitrates (chlorides, orthophosphates, magnesium and manganese ions), which requires additional operations and the use of solutions of non-trivial and valuable reagents to eliminate their impact on the end result;
- methods are labour-intensive and time-consuming.

Therefore, the Scientific Center has developed a method for measuring the mass concentration of nitrites and nitrates (reduction to nitrites with a cadmium column) using Griess reagent, which is applied to determine nitrite ions in accordance with State Standards 4192-82 Drinking water. Methods of determination of mineral nitrogen containing substances. Correctness control of the research was carried out by the method of additives. The limit of quantification (QL) of nitrite ion is 0.01 mg/l NO_2^- . It is experimentally proven that the developed own method does not exceed the metrological requirements characteristic of certain ranges of measurements and has a number of advantages over the current regulatory documents, namely:

- Determination of nitrite and nitrate ions with one colour-forming reagent and one calibration graph;
- there are no distracting factors and additional reagents;
- no precursors;

The QL of own method corresponds to the level set in State Standards 4078, and is six times more sensitive than the QL laid down in State Standards ISO 7890-1.

— МКВ власної методики відповідає рівню, встановленому в ДСТУ 4078, та у шість разів чутливіша за МКВ, закладену в ДСТУ ISO 7890-1.

Результати порівняльних досліджень зразків води на вміст нітратів відповідно до ДСТУ 4078-2001 та проведені за власною методикою показали задовільну кореляцію між собою. Так, результат визначення нітратів у зразку води стандартизованим методом становить 0,42 мг/л NO_3^- , з реактивом Грісса – 0,45 мг/л NO_3^- при відновлювальній здатності кадмієвої колонки 98,6 %.

У результаті проведених досліджень на відповідність вимогам чинного законодавства України більшість зразків наданої продукції відповідала гігієнічним нормативам для нітритів та нітратів.

Перевищення встановлених норм нітратів та нітритів виявлено у наступних зразках продукції при проведенні її випробувань в Науковому центрі:

— м'ясні продукти (варені ковбаси та сарделі, 6 зразків): вміст нітриту в розрахунку на NaNO_2 становив від 62 до 93 мг/кг та у 2 зразках напівкопчених ковбас: від 100 до 120 мг/кг при допустимому рівні вмісту 50 мг/кг NaNO_2 .

Крім цього, у 5 зразках сирокочених та сиров'ялених ковбас імпортного виробництва виявлено понад 100 мг/кг нітрату калію. Відомо, що нітрати в м'ясних виробках не нормуються, однак вони взмогі перетворюватись у нітрити, які блокують дихання клітин, а нітрити, в свою чергу, за певних умов здатні утворювати N-нітрозаміни – відомі каталізатори онкозахворювань;

— у 6 зразках твердих сирів – від 60 до 80 мг/кг NaNO_3 (норма – 50 мг/кг NaNO_3);

— у родзинках – 182 мг/кг NO_3^- при нормативі не більше 100 мг/кг NO_3^- ;

— у зеленних овочевих культурах, при допустимому вмісті нітратів для закритого ґрунту відповідно до національного законодавства не більше 3000 мг/кг NO_3^- : виявлено: у селері – 4240, зеленому базиліку – від 3380 до 5100, фіолетовому базиліку – від 6000 до 6800, руколі – від 3540 до 4500; у салатах айсберг – 7000, ромен – 5100, фрізе – 3900 мг/кг NO_3^- ;

— у зразках ранньої моркви – 582 мг/кг NO_3^- (при нормі не більше 300 мг/кг NO_3^-),

— у зразку кабачків – 1010 мг/кг (при нормі не більше 400 мг/кг NO_3^-);

— у зразку дині – 117 мг/кг NO_3^- при нормі не більше 90 мг/кг NO_3^- ;

у огірках, вирощених у закритому ґрунті, проводилась серія досліджень, в залежності від способу пробопідготовки та технологій вирощування, виявлено: від 605 до 763 мг/кг NO_3^- (норма – 400 мг/кг NO_3^-), у митих цілих неочищених зразках та у митих цілих неочищених зразках з відрізними кінчиками від 424 до 586 мг/кг NO_3^- . Натомість, в митих цілих очищених зразках з відрізними кінчиками вміст нітратів був у межах норми – від 34 до 261 мг/кг NO_3^- .

The results of comparative studies of water samples for nitrate content in accordance with State Standards 4078-2001 and with own methods showed satisfactory correlation with each other. Thus, the result of determination of nitrates in a water sample by the standardized method is 0.42 mg/l NO_3^- , with Griess reagent – 0.45 mg/l NO_3^- with a regenerative capacity of the cadmium column of 98.6%.

As a result of research on compliance with current legislation of Ukraine, most samples of products met the hygienic standards for nitrites and nitrates.

Exceedance of the statutory limits of nitrates and nitrites is revealed in the following samples of products when carrying out their testing in the Scientific Center:

— meat products (cooked sausages, 6 samples): nitrite content per NaNO_2 ranged from 62 to 93 mg/kg and in 2 samples of smoked sausages: from 100 to 120 mg/kg at permissible level of 50 mg/kg NaNO_2 .

In addition, more than 100 mg/kg of potassium nitrate was detected in 5 samples of smoked and cured sausages of imported production. It is known that nitrates contents in meat products are not regulated, but they can convert into nitrites, which block cell respiration; and nitrites, in turn, under certain conditions can form N-nitrosamines – known catalysts for cancer;

— in 6 samples of hard cheeses – from 60 to 80 mg/kg NaNO_3 (norm – 50 mg/kg NaNO_3);

— in raisins – 182 mg/kg NO_3^- at the standard no more than 100 mg/kg NO_3^- ;

— in green vegetable crops, with a permissible content of nitrates for grown under cover in accordance with national legislation not more than 3000 mg/kg NO_3^- : in celery – 4240, green basil – from 3380 to 5100, purple basil – from 6000 to 6800, rucola – from 3540 to 4500; in "Iceberg" type lettuce – 7000, romaine lettuce-5100, frisee lettuce – 3900 mg / kg NO_3^- ;

— in samples of early season carrots – 582 mg / kg NO_3^- (at a rate of not more than 300 mg/kg NO_3^-),

— in the sample of zucchini – 1010 mg/kg (at a rate of not more than 400 mg/kg NO_3^-),

— in the sample of melon – 117 mg / kg NO_3^- at a rate of not more than 90 mg/kg NO_3^- ,

— for cucumbers grown under cover a series of studies were conducted, depending on the method of sample preparation and cultivation technologies, detected values - from 605 to 763 mg/kg NO_3^- (NO_3^- norm – 400 mg/kg), in washed whole unpeeled samples and in washed whole unpeeled samples with cut ends from 424 to 586 mg/kg NO_3^- . Instead, the content of nitrates in the washed whole peeled samples with cut ends was within the norm – from 34 to 261 mg/kg NO_3^- .

Analysis of the obtained data on the determination

Аналіз одержаних даних щодо визначення нітратів у коренеплодах (зокрема картоплі) та ґрунті, на якому вони вирощувались, показав, що існує відповідна залежність: чим вища концентрація нітратів у ґрунті, тим більше їхня концентрація у зразках картоплі. В залежності від оброблення ґрунту певними азотвмісними добривами (карбамідом або карбамідно-аміачною сумішшю) вміст нітратів у досліджуваних зразках картоплі знаходився в межах 81-363 мг/кг NO_3^- і, відповідно, в ґрунтах становив від 180 до 624 мг/кг NO_3^- , що значно перевищує встановлений норматив для ґрунту (130 мг/кг NO_3^- , Наказ МОЗ України від 17.07.2020 р. № 1595 «Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті»).

Лімітуючий показник безпечності нітратів для ґрунту – водно-міграційний. Він характеризує здатність хімічних речовин переходити з ґрунту у підземні ґрунтові води та поверхневі водні джерела. Саме тому у зразках води з криниць та зі свердловин, особливо навесні, знайдено від 73 до 320 мг/л NO_3^- , що значно перевищує науково-обґрунтований норматив (50 мг/л NO_3^-) (згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною", затвердженими Наказом МОЗ України від 12.05.2010 р. №400).

Висновок. Проблема нітратного забруднення набуває все більшої актуальності, адже постійно збільшується кількість і швидкість кругообігу нітратного азоту у навколишньому середовищі, через що зростає його вплив на природні системи та здатність акумуляції нітратів у продуктах рослинництва, зокрема в організмах людей і тварин. Отже, здійснення аналітичного контролю харчової продукції та об'єктів довкілля є конче важливою справою для одержання об'єктивної інформації щодо вмісту техногенних забруднювачів, якими є нітрати та нітрити.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

of nitrates in root crops (including potatoes) and the soil they were grown, showed that there is a corresponding relationship: the higher the concentration of nitrates is in the soil, the greater is their concentration in potato samples. Depending on the treatment of the soil with certain nitrogen-containing fertilizers (urea or urea-ammonia mixture), the content of nitrates in the studied potato samples was in the range of 81-363 mg/kg NO_3^- and, accordingly, in soils ranged from 180 to 624 mg/kg NO_3^- , which significantly exceeds the established standard for soil (130 mg/kg NO_3^- , Order of the Ministry of Healthcare of Ukraine of 17.07.2020 No 1595 Hygienic regulations of the permissible content of chemicals in the soil).

The limiting indicator of nitrate safety for soil is based on release to water and characterizes the ability of chemicals to get from the soil into groundwater and surface water sources. That is why in the samples of well and bore well water, especially in spring, we found from 73 to 320 mg/l NO_3^- , which significantly exceeds the scientifically sound standard (50 mg/l NO_3^-) (according to the State Sanitary Rules and Norms 2.2.4- 171-10 Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption, approved by the Order of the Ministry of Healthcare of Ukraine of 12.05.2010 No 400).

Conclusion. The problem of nitrate pollution is becoming increasingly significant, because the amount and speed of the nitrate nitrogen cycle in the environment is constantly increasing, which increases its impact on natural systems and the possibility of nitrate accumulation in crop products, humans and animals. Therefore, the implementation of analytical control of food and environmental objects is important to obtain objective information about the content of man-made pollutants, which are nitrates and nitrites.

Conflict of interest. The Authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Державні санітарні правила і норми «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затвердженими Наказом Міністерства охорони здоров'я України 13 травня 2013 року № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238), зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21 липня 2020 р. за № 684/34967
2. Дерягина В.П. Разработка методов анализа нитратов и нитритов в пищевых продуктах и гигиеническая оценка способов снижения их содержания при промышленной и кустарной обработке картофеля
1. Derzhavni sanitarni pravyla i normy «Maksymalno dopustymi rivni okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh», zatverdzhenyymi Nakazom Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy 13 travnia 2013 roku № 368 (u redaktsii nakazu Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy vid 22 travnia 2020 roku № 1238), zareiestrovani v Ministerstvi yustytzii Ukrainy 21 lypnia 2020 r. za № 684/34967
2. Deryagina VP. Razrabotka metodov analiza nitratov i nitritov v pischevykh produktakh i gigienicheskaya otsenka sposobov snizheniya ikh sodержaniya pri promyshlennoi i kuli-

- нарної переробке // [Автореферат] Москва; 1994. 24 с.
3. ДСТУ 4078-2001 «Якість води. Визначання нітрату. Частина 3. Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890-3:1988, MOD)»
 4. ДСТУ ISO 7890-1:2003 «Якість води. Визначання нітрату. Частина 1. Спектрометричний метод із застосуванням 2,6-диметилфенолу (ISO 7890-1:1986, IDT)»
 5. Ильницький АП. Нитраты и нитриты питьевой воды как фактор онкологического риска. Гигиена и санитария. 2003; 6: 81-4.
 6. Кузубова ЛИ. Токсиканты в пищевых продуктах. Новосибирск; 1990. 126 с.
 7. Митченков ВТ. Токсиколого-гигиеническая оценка нитратно-нитритной нагрузки на организм человека и методические основы ее профилактики [Автореферат] Москва; 1992. 41 с.
 8. Мурах ВИ. Гигиеническая оценка пищевых продуктов в условиях интенсивно применения минеральных удобрений в Белорусской ССР [Автореферат] Москва; 1989. 49 с.
 9. Ополь НИ, Добрянская ЕВ. Нитраты. Кишинев: «Штиинца»; 1986. 114 с.
 10. Панасенко ЕІ, Красноручка КІ. Вміст нітратіонів в продуктах харчування рослинного походження. Актуальні питання біології, екології та хімії. Розділ хімія. 2016; том.12, (2): 103-12.
 11. Панчеко ТІ., Мандебура СВ. Оцінка вмісту нітратів в продуктах рослинного походження.
 12. URL:<http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2672912716/pdf?sequence=Allowed=I>.
 13. Половец ЯВ. Причины накопления и способы уменьшения избыточного количества нитратов в культурных растениях. Молодой ученый. 2019; 23 (261): 154- 7.
 14. Танчук ВД, Христіансен ОМ, Бутенко ОМ, Біла ГМ, Дроков ВГ. Моніторинг нітратів та заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. ISSN 1729-3774. 2012; 6/6(60): 47-8.
 15. Цыганенко ОІ. Нитраты в пищевых продуктах. Киев: «Здоров'я»; 1990.
 16. Харитонов ММ, Лазарева ОМ. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у овочевих та плодово-ягідних культурах у Дніпропетровській області. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2015; 3: 29-31.
 17. COMMISSION REGULATION (EU) No 1258|2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs;
 18. COMMISSION REGULATION (EU) No 1881|2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for nitrates in foodstuffs;
 3. DSTU 4078-2001 «Yakist vody. Vyznachannia nitratu. Chastyna 3. Spektrometrychnyi metod iz zastosovuvanniam sulfosalitsylovoi kysloty (ISO 7890-3:1988, MOD)»
 4. DSTU ISO 7890-1:2003 «Yakist vody. Vyznachannia nitratu. Chastyna 1. Spektrometrychnyi metod iz zastosovuvanniam 2,6-dymetylfenolu (ISO 7890-1:1986, IDT)»
 5. Il'nitskii AP. Nitraty i nitrity pit'evoi vody kak faktor onkologicheskogo riska. Gigiena i sanitariya. 2003; 6: 81-4.
 6. Kuzubova LI. Toksikanty v pischevykh produktakh. Novosibirsk; 1990. 126 s.
 7. Mitchenkov VT. Toksikologo-gigienicheskaya otsenka nitratno-nitritnoi nagruzki na organizm cheloveka i metodicheskie osnovy ee profilaktiki [Avtoreferat] Moskva; 1992. 41 s.
 8. Murokh VI. Gigienicheskaya otsenka pischevykh produktov v usloviyakh intensivno primeneniya mineral'nykh udobrenii v Belorusskoi SSR // [Avtoreferat] Moskva; 1989. 49 s.
 9. Opol' NI. Dobryanskaya EV. Nitraty. Kishinev: «Shtiintsa»; 1986, 114 s.
 10. Panasenko EI., Krasnorutska KI. Vmist nitratiioniv v produktakh kharchuvannia roslynnoho pokhodzhennia. Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii. Rozdil khimii. 2016; tom.12, (2): 103-12.
 11. Pancheko TI., Mandebura SV. Otsinka vmistu nitrativ v produktakh roslynnoho pokhodzhennia.
 12. URL:<http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2672912716/pdf?sequence=Allowed=I>.
 13. Polovets, Ya V. Prichiny nakopleniya i sposoby umen'sheniya izbytochnogo kolichestva nitrato v kul'turnykh rasteniyakh. Molodoi uchenyi. 2019; 23 (261): 154- 7.
 14. Tanchuk VD., Khrystiansen OM., Butenko OM., Bila HM., Drovov VH. Monitorynh nitrativ ta zakhody shchodo ikh zmenshennia u roslynnykh produktsii. Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiyi. ISSN 1729-3774. 2012; 6/6(60): 47-8.
 15. Tsyganenko OI. Nitraty v pischevykh produktakh. Kiev: «Zdorov'ia»; 1990.
 16. Kharytonov M.M., Lazariyeva O.M. Ekolohichna otsinka variabelnosti vmistu nitrativ u ovochevykh ta plodovo-yahidnykh kulturakh u Dnipropetrovskii oblasti. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. 2015; 3: 29-31.
 17. COMMISSION REGULATION (EU) No 1258|2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs;
 18. COMMISSION REGULATION (EU) No 1881|2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for nitrates in foodstuffs;

- 1881 | 2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs
19. EC (European Commission). 1997. Opinion on nitrate and nitrite. Reports of the Scientific Committee for Food (SCF) 38 Series, 1-33. Available at URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_38.pdf
20. EC (European Commission). 1992. Opinion on nitrate and nitrite. Reports of the Scientific Series, 21-28. Available at URL: Committee for Food (SCF) 26 http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_26.pdf.
21. EFSA. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Scientific Opinion. Nitrate in vegetable EFSA J 2008, 689:1-79. Question No EFSA-Q-2006-071, adopted on 10 April 2008.
22. EC European Commission Directorate-general III Industry, Scientific Committee for Food. Opinion on nitrate and nitrite expressed on 22 September 1995. Annex 4 to Document 111/5611/95;
23. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives» // WHO Technical Report Series 859. Geneva; 1995: 29-35.
24. FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organization). 2003. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additive series 50, Geneva: World Health Organisation. Available at URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm>.
25. FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organization). 2003. Nitrite (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additive series 50, Geneva: World Health Organization. Available
26. Lundberg JO, Weitzberg E, Cole JA. and Benjamin N. Nitrate, bacteria and human health. *Nat.Rev.Microbiol.* 2004; 2: 593-602.
27. Lundberg JO, Weitzberg E and Gladwin MT. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery.* 2008; 7: 156 - 67.
28. Mensinga TT, Speijers GJA and Meulenbelt J. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological Reviews.* 2003; 22: 41-51. HUdoi:10.2165/00139709-200322010-00005U
29. Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the
- mum levels for certain contaminants in foodstuffs
19. EC (European Commission). 1997. Opinion on nitrate and nitrite. Reports of the Scientific Committee for Food (SCF) 38 Series, 1-33. Available at URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_38.pdf
20. EC (European Commission). 1992. Opinion on nitrate and nitrite. Reports of the Scientific Series, 21-28. Available at URL: Committee for Food (SCF) 26 http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_26.pdf.
21. EFSA. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Scientific Opinion. Nitrate in vegetable EFSA J 2008, 689:1-79. Question No EFSA-Q-2006-071, adopted on 10 April 2008.
22. EC European Commission Directorate-general III Industry, Scientific Committee for Food. Opinion on nitrate and nitrite expressed on 22 September 1995. Annex 4 to Document 111/5611/95;
23. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives» // WHO Technical Report Series 859. Geneva; 1995: 29-35.
24. FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organization). 2003. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additive series 50, Geneva: World Health Organisation. Available at URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm>.
25. FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organization). 2003. Nitrite (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). WHO Food Additive series 50, Geneva: World Health Organization. Available
26. Lundberg JO, Weitzberg E, Cole JA. and Benjamin N. Nitrate, bacteria and human health. *Nat.Rev.Microbiol.* 2004; 2: 593-602.
27. Lundberg JO, Weitzberg E and Gladwin MT. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery.* 2008; 7: 156 - 67.
28. Mensinga TT, Speijers GJA. and Meulenbelt J. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological Reviews.* 2003; 22: 41-51. HUdoi:10.2165/00139709-200322010-00005U
29. Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the

- Panel on Contaminants in the Food chain. The EFSA Journal. 2008; 689: 1-79.
30. Opinion of Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on request from the European Commission – to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables, EFSA Journal . 2008; 689: 1;
31. IPCS; Poisons Information Monograph G016: Nitrates and nitrites. (September 1996). Available from, as of October 24, 2006: <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pimg016.html>.
32. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity content, intake and EC regulation J.Food Agric. 2006; 86: 10-17.
- Panel on Contaminants in the Food chain. The EFSA Journal. 2008; 689: 1-79.
30. Opinion of Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on request from the European Commission – to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables, EFSA Journal . 2008; 689: 1;
31. IPCS; Poisons Information Monograph G016: Nitrates and nitrites. (September 1996). Available from, as of October 24, 2006: <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pimg016.html>.
32. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity content, intake and EC regulation J.Food Agric. 2006; 86: 10-17.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Деміч Анна Анатоліївна, науковий співробітник, лабораторія випробувань продукції та об'єктів навколишнього середовища, Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя МОЗ України», м. Київ, ORCID ID: 0000-0003-3728-7407

Коваль Алла Вікторівна, науковий співробітник, лабораторія «Токсикологічний дослідницький центр фізико-хімічного аналізу та референс лабораторій», Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя МОЗ України», м. Київ, <https://orcid.org/0000-0001-5811-472X>

Стаднічук Наталія Олександрівна, спеціаліст 1 категорії, лабораторія випробувань продукції та об'єктів навколишнього середовища, Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя МОЗ України», м. Київ, <https://orcid.org/0000-0003-4551-2571>

Євтушенко Тетяна Вікторівна, науковий співробітник, лабораторія «Токсикологічний дослідницький центр фізико-хімічного аналізу та референс лабораторій», Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя МОЗ України», м. Київ, <https://orcid.org/0000-0002-2377-6712>

Костюченко Тетяна Петрівна, науковий співробітник, лабораторія нутриціології та безпечності споживчих товарів, Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І.Медведя МОЗ України», м. Київ, <https://orcid.org/0000-0002-6630-183X>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anna Demich, researcher at the Laboratory of Testing Products and Environmental Objects, L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3728-7407>.

Alla Koval, researcher at the Laboratory "Toxicological Research Center of Physical and Chemical Analysis and Reference Laboratories", L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-5811-472X>.

Natalya Stadnichuk, specialist of the 1st category of the laboratory for testing products and environmental objects, L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-4551-2571>.

Tetyana Evtushenko, researcher at the Laboratory "Toxicological Research Center of Physical and Chemical Analysis and Reference Laboratories", L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-2377-6712>.

Tetyana Kostyuchenko, researcher at the Laboratory of Nutrition and Safety of Consumer Goods, L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-6630-183X>.

Стаття надійшла до редакції 22.11.2021 р. / Received November 22, 2021.