

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Дубиняк Олександр Миколайович

УДК 550.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ І НІТРИТІВ В ХАРЧОВИХ
ПРОДУКТАХ РОСЛИННОГО І ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА
МЕТОДИ ЇХ ЗНИЖЕННЯ

101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

О.М. Дубиняк
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Никитюк Юрій Андрійович
доктор економічних наук, професор

Житомир - 2024

АННОТАЦІЯ

Дубиняк О.М. Екологічна оцінка вмісту нітратів і нітритів в харчових продуктах рослинного і тваринного походження та методи їх зниження – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Зміст анотації: Кваліфікаційна робота містить 34 сторінки, 3 таблиці, 8 рисунків. Список використаних джерел налічує 40 позицій.

Об'єктом дослідження є екологічна оцінка вмісту нітратів і нітритів в продуктах харчування.

Мета дослідження полягала в оцінці способів зниження вмісту нітратів і нітритів та удосконаленні методів їх аналізу в харчових продуктах рослинного і тваринного походження.

В Розділі 1 наведено аналітичний огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи; в Розділі 2 – програма, методика та умови проведення дослідження; в Розділі 3 – представлені результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: нітрати, нітроти, метгемоглобінемія, нітрозаміни, добове споживання нітратів.

SUMMARY

Dubinyak O.M. Ecological assessment of the content of nitrates and nitrites in food products of plant and animal origin and methods of their reduction - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the bachelor's degree in specialty 101 - Ecology - Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

Content of the abstract: The qualification work contains 34 pages, 3 tables, 8 figures. The list of references includes 40 items.

The object of research is an ecological assessment of the content of nitrates and nitrites in food.

The purpose of the study was to evaluate ways to reduce the content of nitrates and nitrites and to improve methods for their analysis in food of plant and animal origin.

Section 1 provides an analytical review of the literature on the topic of the qualification work; Section 2 describes the program, methodology and conditions of the study; Section 3 presents the results of experimental studies.

Key words: nitrates, nitrites, methemoglobinemia, nitrosamines, daily nitrate intake.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ І. ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ НІТРАТІВ І НІТРИТІВ (аналітичний огляд літератури).....	8
Розділ ІІ ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	14
2.1. Програма дослідження.....	14
2.2. Методика дослідження.....	14
2.3. Характеристика предмету дослідження.....	15
Розділ ІІІ. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ І НІТРИТІВ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ РОСЛИННОГО І ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ЗНИЖЕННЯ.....	17
3.1. Удосконалення методів визначення нітратів і нітритів у харчових продуктах.....	17
3.2. Екологічна оцінка вмісту нітратів і нітритів у харчових продуктах рослинного та тваринного походження.....	21
3.3. Екологічна характеристика методів зниження нітратів і нітритів у продуктах харчування.....	27
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Актуальність дослідження. Однією з найважливіших проблем екології є охорона агроєкосистем від впливу інтенсифікації та хімізації сільського господарства, хімічного забруднення довкілля, що спричиняє накопичення в продуктах рослинного й тваринного походження різноманітних токсичних речовин, особливо нітратів і нітритів. Разом із надходженням азоту у вигляді азотних добрив, приблизно така сама ж кількість азоту надходить у біосферу у вигляді оксидів від спалювання палива та з викидами промислових підприємств. Внесок азотних сполук антропогенного й техногенного походження в загальний кругообіг азоту зростає, це зумовлює збільшення нітрат-нітритного навантаження на людину.

Відомо, що надходження нітратів у великій кількості може спричинити різноманітні порушення функціонального стану організму - метгемоглобінемію, тканинну гіпоксію. Експериментальні та епідеміологічні дослідження підтверджують роль нітратів як попередників N-нітрозосполук - групи речовин із вираженою канцерогенною та ембріотоксичною дією.

Тривале нітрат-нітритне навантаження на організм людини може бути фактором підвищення рівня ендогенного нітразування. Тому, особлива увага має бути приділена зниженню ендогенного синтезу нітрозосполуки із попередників, які входять до складу раціону харчування (нітратів, нітритів, амінів та інших) та впливу аліментарними чинниками.

Щороку від 10 до 20 % і більше проб овочевих, плодових і баштанних харчових продуктів перевищує встановлені ГДК.

Тому розробка заходів, спрямованих на обмеження надходження нітратів в організм людини шляхом регламентування та контролю вмісту нітратів у харчових продуктах є актуальною проблемою.

Об'єкт дослідження – екологічна оцінка вмісту нітратів і нітритів в продуктах харчування.

Предмет дослідження – нітрати, нітрити.

Мета та завдання досліджень. Метою цих досліджень була екологічна оцінка способів зниження вмісту нітратів і нітритів та удосконалення методів їх аналізу в харчових продуктах рослинного і тваринного походження.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі **завдання**:

- вивчити особливості метаболізму нітратів і нітритів у рослинних і тваринних організмах;
- вивчити сучасні методи аналізу нітратів і нітритів у харчових продуктах;
- удосконалити методи, які дають змогу проводити аналізи нітратів і нітритів у харчових продуктах як рослинного, так і тваринного походження;
- вивчити рівні вмісту нітратів і нітритів у харчових продуктах, продовольчій сировині, воді та дати екологічну оцінку добового надходження цих сполук до організму різних груп населення;
- розробити способи, що дають змогу знижувати вміст нітратів у рослинних продуктах, рівень яких перевищує встановлені регламенти.

Наукова новизна та теоретичне значення роботи. Встановлено рівні вмісту нітратів і нітритів в основних видах харчових продуктів і продовольчій сировині. Дана еколого-гігієнічна оцінка добового надходження цих сполук із раціоном харчування чотирьох різних груп населення м. Житомира.

Визначено рівні зниження вмісту нітратів в овочах, які піддавалися кулінарній та промисловій обробці з використанням води. У зв'язку з тим, що за таких процесів відбувається втрата багатьох біологічно активних речовин, дано екологічну оцінку фізичним способам зниження вмісту нітратів, які ґрунтуються на екстрагуванні їх водою.

Практичне значення роботи На підставі встановленої топографії концентрації нітратів за об'ємом овочів запропоновано прийоми їх первинної обробки, які дають змогу знизити надходження нітратів із такими продуктами до 50 %.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес Поліського національного університету.

Основні положення, що виносяться на захист:

- нітрати й особливості їхнього метаболізму в живих організмах;
- іонометричний і спектрофотометричний методи кількісного аналізу нітратів і нітритів у харчових продуктах рослинного й тваринного походження;
- рівні вмісту нітратів і нітритів в основних видах харчових продуктів та продовольчій сировині;
- еколого-гігієнічна оцінка добового надходження нітратів і нітритів до організму чотирьох груп населення;
- методи, які дають можливість знижувати вміст нітратів у продуктах рослинного походження, рівень яких перевищує норму для харчових продуктів;
- методи, які дозволяють знижувати вміст нітратів у продуктах рослинного походження.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, аналітичного огляду літератури, характеристики об'єктів, матеріалів і методів досліджень, експериментальних досліджень, висновків, списку літератури, який містить 40 джерел. Основний текст кваліфікаційної роботи викладено на 34 сторінках машинописного тексту, ілюстровано 3 таблицями, 8 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ НІТРАТІВ І НІТРИТІВ

(аналітичний огляд літератури)

В останні роки проблема нітратів і нітритів активно обговорюється світовою спільнотою, оскільки інтенсифікація сільськогосподарського виробництва призвела до виникнення нової медико-екологічної проблеми, пов'язаної зі збільшеним навантаженням нітратів і нітритів на живі організми.

Нітрати являють собою солі азотної кислоти, наприклад NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Нітрити - це солі азотистої кислоти HNO_2 , наприклад, нітрит натрію NaNO_2 , нітрит кальцію $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ [1, 3, 8]

Нітрати й нітрити є продуктами обміну азотистих речовин будь-якого живого організму - рослинного і тваринного, тому «безнітратних» продуктів у природі не буває. Навіть в організмі людини за добу утворюється і використовується в обмінних процесах 100 мг та більше нітратів [2, 13, 19, 21].

Нітрати, будучи елементом мінерального живлення рослин, що постачає азот, необхідний для синтезу білка, віддавна використовуються як азотні добрива [21, 26].

Найпоширеніші: калійна селітра KNO_3 , чилійська селітра NaNO_3 , кальцієва селітра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, аміачна селітра NH_4NO_3 [33].

Присутні в рослинах, нітрати в невеликих кількостях завжди надходять в організм людини і тварин, унаслідок чого в них сформувалися адаптаційні метаболічні механізми. Цим нітрати відрізняються від пестицидів та інших хімічних забруднювачів [6].

Однак нераціональне застосування мінеральних добрив, недотримання низки агротехнічних заходів призводять до надмірного накопичення нітратів у рослинах, що в поєднанні з нітратами з води та інших продуктів харчування створює значне навантаження на організм людини і відображається на її здоров'ї. Так, численними авторами встановлено, що нітрити та нітрати спричиняють у людини метгемоглобінемію та онкологічні захворювання, негативно впливають на нервову та серцево-судинну системи, на розвиток ембріонів [36-40].

Основна частина нітратів піддається метаболізму мікрофлорою шлунково-кишкового тракту (ШКТ). Залежно від виду мікроорганізмів, рН середовища та наявних поживних речовин (мікроелементи, вуглеводи) можуть утворюватися сполуки: нітрити, оксиди азоту, гідроксиламін, аміак [5, 34].

Найбільшу небезпеку для організму людини становлять нітрити. Так, легко всмоктуючись у ШКТ, вони потрапляють у кров і, проникаючи через мембрану еритроцитів, вступають у реакцію з гемоглобіном з утворенням стабільного HbNO-комплексу (метгемоглобіну). У результаті порушується транспортна функція гемоглобіну, і кисень, незважаючи на посилену оксигенацію крові, надходить у тканини в недостатній кількості, що є причиною тканинної гіпоксії.

За вмісту метгемоглобіну в крові близько 15 % з'являється млявість і сонливість. Загрозу для життя становить рівень метгемоглобіну в крові 20 % і вище. За вмісту понад 50 % настає смерть, схожа на смерть від задухи. Гостра нітратно-нітритна метгемоглобінемія може розвинутиися при вживанні питної води, овочів, м'ясних і рибних продуктів, що містять високі концентрації нітратів і нітритів. Отруєння можливе в разі помилкового вживання селітри замість кухонної солі або питної води [26].

У дорослих метгемоглобін під дією відновлювальних ферментних систем (НАДН-метгемоглобіредуказа) легко перетворюється на оксигемоглобін [34].

Система відновлення метгемоглобіну досягає повного розвитку до четвертого місяця життя новонародженого, тому вміст метгемоглобіну більший у грудних дітей, ніж у дітей старшого віку та дорослих, і в недоношених дітей порівняно з доношеними [16, 17, 18, 22].

Якщо до 60-х років XX століття головною небезпекою непомірного використання нітратних добрив вважали метгемоглобінемією, то останніми роками більшість дослідників вважають головною небезпекою рак, насамперед рак шлунково-кишкового тракту. Так, у різних регіонах Чилі та Угорщини виявлено зв'язок між кількістю застосовуваних азотних добрив і смертністю від раку шлунку. В Англії, в м. Уорксопі, лікарі вважають основною причиною високої захворюваності на рак надмірну кількість нітратів у питній воді [2].

У таких дослідженнях встановлено, що в шлунково-кишковому тракті в людини нітрити утворюються з нітратів при їх надмірному надходженні в організм, взаємодіючи з білками, перетворюються на токсичні нітрозаміни, які є сильними канцерогенними отрутами [25].

При цьому нітрозаміни можуть формуватися під час технологічної або кулінарної обробці харчових продуктів, зокрема в процесі їх смаження, копчення, при консервуванні м'яса і риби тощо. У разі тривалого зберігання харчових продуктів вміст у них нітрозамінів може помітно збільшуватися [31].

Крім метгемоглобінемії і онкологічного ризику, в низці досліджень підкреслюється, що нітрати сприяють розвитку патогенної (шкідливої) кишкової мікрофлори, знижують вміст вітамінів у їжі, зменшують кількість йоду (це призводить до збільшення щитоподібної залози). Відомо, що нітрати здатні спричиняти різке розширення судин, що використовується в медичній практиці під час створення лікарських препаратів. Наприклад, для лікування та надання невідкладної допомоги в разі ішемічної хвороби серця в медичній практиці широко застосовується нітрогліцерин, що є складним ефіром нітратної кислоти і гліцерину [35].

Встановлено, що нітрати можуть пригнічувати активність імунної системи організму, знижувати стійкість організму до негативного впливу чинників навколишнього середовища. За надлишку нітратів частіше виникають застудні захворювання, а самі хвороби набувають затяжного перебігу [39].

До групи підвищеної небезпеки ураження організму нітратно-нітритними сполуками належать діти та особи, які страждають на захворювання серцево-судинної та дихальної систем, вагітні жінки, люди похилого віку. Чутливість підвищується в гірській місцевості, при вмісті в повітрі оксидів азоту, чадного газу, вуглекислоти. Посилює їхню токсичність також вживання спиртних напоїв.

Хронічне отруєння дітей нітратами спричиняє такі зміни в стані здоров'я:

- тенденція до збільшення росту та маси тіла при зменшенні окружності грудної клітини, м'язової сили кистей рук, життєвої ємності легень;

- підвищена збудливість ЦНС (швидша реакція на світловий і звуковий подразники);
- порушення серцевої діяльності (збільшення тривалості серцевого циклу) внаслідок тканинної гіпоксії;
- зміна функції печінки (посилення активності сорбітдегідрогенази і холінестерази, зниження активності альдолази);
- зміна деяких імунологічних показників: напруження Т-клітинного імунітету, дисбаланс В-системи імунітету, зниження активності факторів неспецифічного захисту. Це може призвести до збільшення захворюваності на туберкульоз, особливо у віковій групі 7-14 років [5, 21].

Основними джерелами надходження нітратів і нітритів є продукти харчування та вода. Будучи природними компонентами рослинних тканин, нітрати надходять в організми разом із продуктами рослинного походження. У продуктах тваринництва, таких як яйця, м'ясо і молоко, частка нітратів дуже незначна. Найпоширенішою причиною високого вмісту нітратів в овочах, вирощених у тепличних умовах, поряд із надлишком азотних добрив, є недостатнє освітлення. Тому рослини з підвищеною схильністю акумулювати в собі нітрати не слід вирощувати в затінених умовах [1].

Основними джерелами нітритів у раціоні людини є м'ясні продукти. На їхню частку припадає до 60 % сумарного надходження нітритів в організм людини. Це зумовлено особливостями сучасних технологій харчової промисловості, в якій свіже м'ясо використовується в дуже обмеженій кількості, здебільшого воно піддається спеціальній переробці, призначеній насамперед для подовження термінів зберігання продуктів. У зв'язку з цим нітрити, особливо нітрит натрію (харчова добавка Е 250), широко застосовуються в харчовій промисловості як консерванти під час виготовлення шинок, ковбас, м'ясних консервів, як фіксатори фарби та консерванти. Іншим джерелом надходження нітритів є споживання в підвищених кількостях нітратів, які в травному тракті частково відновлюються до нітритів [9].

З метою безпеки вміст нітратів і нітритів не повинен перевищувати встановлених нормативів. Для харчових продуктів базисним регламентом нормування є гранично допустима концентрація (ГДК), яка відповідає таким вимогам:

- нешкідлива для людини (популяції) за тривалого вживання даного харчового продукту;
- не погіршує органолептичних властивостей харчового продукту;
- не чинить негативного впливу на харчову цінність продукту, його збереження і технологічні властивості [8].

У цьому дослідженні було проведено кількісну оцінку нітратів із застосуванням інструментального методу за допомогою приладу Екотестер у режимі "Нітрат-тестер". Результати кількісного представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Вміст нітратів в продуктах харчування

Продукт	Вміст нітратів (мг/кг)				
	Норма (ГДК)	Плодоніжка	Серцевина	Кінчик	Середнє значення
Морква	250	76	78	78	78,1
Томат червоний	300	151	100	143	132,2
Томат жовтий	300	188	120	122	144,2
Огірок	400	154	56	91	101,2
Кабачок	400	150	149	145	148
Яблуко	60	79	23	31	45,2

Як видно з таблиці 1.1, середній вміст нітратів у моркві становив 78,2 мг/кг, що для цього овоча в 3,2 рази нижче за норму (250 мг/кг). При цьому встановлено, що нітрати по всій моркві розподілені досить рівномірно. У середині моркви вміст нітратів не відрізняється від вмісту в кінчику та біля листя.

Середній вміст нітратів у томатах становив 132,1 мг/кг, що також нижче в 2,3 рази встановленої норми (300 мг/кг). Однак, вміст нітратів у різних частинах досліджуваного зразка томатів суттєво відрізняється. У результаті дослідження

встановлено, що вміст нітратів у середині плоду майже в 1,5 рази менший, ніж біля плодоніжки та в кінчику.

Кількість нітратів у зразках жовтого томату становила 144,2 мг/кг, що нижче за норми у 2 рази (300 мг/кг). Вивчення рівномірності накопичення нітратів у жовтому томати показало, що найбільша кількість нітратів міститься біля плодоніжки (188 мг/кг). У порівняно з кількістю нітратів у плодоніжці вміст нітратів у середині та кінчику плода становив 121 мг/кг, що в 1,5 рази менше.

Дослідження показало, що в огірках нітрата накопичуються нерівномірно. Якщо в середині було зафіксовано мінімальну кількість нітратів (56 мг/кг), то біля плодоніжки кількість нітратів виявилася майже в 3 рази більшою (154 мг/кг), а у кінчику порівняно з серединою - майже в 2 рази більшою (91 мг/кг). Загалом, вміст нітратів в огірках становив 101,2 мг/кг, що нижче за норму в 3,9 рази (400 мг/кг).

У кабачках, як показують результати дослідження, нітрата розподіляються по плоду досить рівномірно. Біля верхівки, плодоніжки та в середині плода вміст нітратів коливається в межах 145 - 150 мг/кг. Вміст нітратів у даному овочі становив 148 мг/кг, що порівняно з ГДК менше у 2,7 рази (400 мг/кг).

Вивчення вмісту нітратів у яблуці показало, що в середині плода та біля верхівки кількість нітратів становила відповідно 23 мг/кг і 31 мг/кг, що не перевищує встановлених значень ГДК. Але біля плодоніжки вміст нітратів перевищив ГДК на 20 мг/кг (на 33 %). Однак, середня концентрація нітратів у плоді становила 45,3 мг/кг, що в 1,32 рази нижче за норму [37-40].

Таким чином, практично у всіх досліджених продуктах харчування, за винятком частини яблука, розташованої біля плодоніжки, вміст нітратів був нижчим за ГДК. Найменше нітратів виявилось в середині яблука (23 мг/кг), найбільше – біля плодоніжки жовтого томата (188 мг/кг). Середня кількість нітратів у плодах виявилася істотно нижчою за встановлені норми в 1,32-3,95 рази. У результаті чого можна стверджувати, що всі досліджувані продукти є безпечними щодо вмісту в них нітратів.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма дослідження

Програма дослідження передбачала виконання таких завдань:

1. Аналітичний огляд літератури за темою дослідження.
2. Вибір методів дослідження.
3. Проведення експериментальних досліджень.
4. Вивчити особливості метаболізму нітратів і нітритів у рослинних і тваринних організмах.
5. Вивчити сучасні методи аналізу нітратів і нітритів у харчових продуктах.
6. Вивчити рівні вмісту нітратів і нітритів у харчових продуктах, продовольчій сировині, воді та дати екологічну оцінку добового надходження цих сполук до організму різних груп населення;
7. Розробити способи, що дають змогу знижувати вміст нітратів у рослинних продуктах, рівень яких перевищує встановлені регламенти.

2.2. Методика дослідження

Для вирішення поставлених завдань застосовано комплекс сучасних екологічних, хімічних, мікробіологічних, біохімічних і статистичних методів, що дав змогу реалізувати запланований обсяг досліджень [7, 10, 11, 12, 15, 24]

Вивчено вміст нітратів і нітритів у більш ніж 30 зразках харчових продуктів, 20 найменувань продуктів, що надійшли з торговельної мережі м. Житомира, і 10 зразків питної води [10, 12, 15].

Особливості розподілу нітратів в об'ємі рослини досліджено у 12 найпоширеніших овочів. Надано оцінку вмісту нітратів і нітритів в овочево-м'ясних консервах, молочних продуктах, у ковбасних виробах, м'ясокопченостях.

Аналіз нітратів і нітритів у харчових продуктах проводили вдосконаленими методами, розробленими на основі спектрофотометричного та іонометричного методів [7, 10, 11, 15, 24].

Досліджено методи, що ґрунтуються на екстрагуванні нітратів водою в харчових продуктах. Вивчено особливості переходу нітратів під час відварювання моркви та запропоновано розрахункову формулу, яка дає змогу визначити комплекс технологічних умов процесу - співвідношення мас води та моркви, початкової концентрації в них, часу відварювання.

Добове надходження нітратів із раціоном харчування в організм дорослих (студентів, людей працездатного віку, пенсіонерів) і дітей першого року життя, які перебувають на природному та штучному вигодовуванні, проводили розрахунковим шляхом на основі даних анкетного опитування.

Статистичне опрацювання матеріалів дослідження проведено на ПЕОМ типу "Pentium-IV" з використанням додатка Excel 2003. Дані експериментальних досліджень обробляли й аналізували за вибірковими середніми значеннями $\bar{x}$, t -критерієм Ст'юдента, x^* . Для оцінювання достовірності використовували рівень значущості відмінностей $p < 0,05$, тобто достовірність відмінностей 95 %.

2.3. Характеристика предмету дослідження

Екотоксичні речовини - речовини або відходи, які в разі потрапляння в довкілля становлять або можуть відразу або з часом становити загрозу для довкілля внаслідок біоакумулювання або чинити токсичний вплив на біотичні системи. Більшість токсикантів здатні чинити як прямий, так і опосередкований, тобто змішаний вплив. Прикладом речовин, що мають змішаний механізм екотоксичної дії, є зокрема гербіциди 2,4,5-Т і 2,4-Д, що містять як домішки невелику кількість 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-діоксин (ТХДД) [2].

Екотоксичність - це здатність певного ксенобіотика спричиняти несприятливі ефекти у біоценозі [17].

Велику увагу приділяють нітратам і нітритами ще й тому, що перетворюються в організмі зрештою на нітрозосполуки, багато з яких є канцерогенними. Так, з відомих на цей час нітрозосполук, що містять

нітрозогрупу (NO), 80 нітрузоамінів (похідних аміаку) і 23 нітрузоаміди (похідні амінокислот і пептидів) є активними канцерогенами [21, 25, 27].

N-нітрузосполуки - речовини, у яких нітрузогрупа ($>\text{N}-\text{N}=\text{O}$) пов'язана з атомом азоту. Вони утворюються під час взаємодії нітритів із вторинними, третинними та четвертинними амінами [31].

N-нітрузосполуки - тверді речовини або рідини, що мають високу реакційну здатність. Вони добре розчинні в органічних розчинниках і помірно у воді, відрізняються високою летючістю, відносно стабільні та здатні тривалий час перебувати в навколишньому середовищі без істотних змін. Найпоширенішими є M-нітрузодиметиламін (НДМА), N-нітрузодипропіламін (НДПА), N-нітрузодіетиламін (НДЕА), N-нітрузопіперидин (НПіП), N-нітрузопіролідин (НПіР) [31].

Канцерогенний ефект нітрузосполук залежить від дози та часу їхнього впливу на організм, низькі одноразові дози підсумовуються і потім викликають злоякісні пухлини [22, 29].

Для запобігання утворенню в організмі людини нітрузосполук слід повністю виключити з харчових продуктів аміни та аміди, а також нітрати і нітрити, що призводять до їх виникнення. На жаль, реально можливе лише зниження вмісту в продуктах харчування та харчовій сировині нітратів і нітритів.

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ І НІТРИТІВ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ РОСЛИННОГО І ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ЗНИЖЕННЯ

3.1. Удосконалення методів визначення нітратів і нітритів у харчових продуктах

З огляду на можливості екологічних, гігієнічних та інших служб, вважали за доцільне для розроблення методів визначення нітратів і нітритів у харчових продуктах використати доступні, досить чутливі й точні - фотометричний та іонометричний методи.

Фотометричний метод визначення нітратів і нітритів не давав змоги в багатьох випадках достатньо надійно проводити аналіз цих сполук в харчових продуктах через утворення стійких емульсій на стадії очищення екстракту [28].

Метод був уніфікований. Суть уніфікації полягала у відпрацюванні оптимальних умов виділення, очищення екстрактів, стандартизації умов відновлення нітратів у нітрити і проведення кольорової реакції.

Для усунення домішок, що заважають, і одержання прозорих екстрактів випробувано такі реагенти: ацетат цинку, алюмокалієві галуни, сульфат цинку, тетраборат натрію, хлорид ртуті, хлорид свинцю і низка інших. Як показали проведені дослідження, найефективнішою, що забезпечує високий ступінь вилучення доданих нітратів і нітритів, є система осадителів, яка включає калій тетраборат натрію, сульфат цинку або ацетат цинку.

Було визначено оптимальні умови, що забезпечують стандартизацію відновлювальних властивостей кадмію. Показано, що послідовна обробка пористого кадмію 2 % розчином сульфату міді (II), 0,001 % розчином нітрату калію, буферним розпюром (рН 9,6-9,7) і 3,4 % розчином філона Б забезпечувала високий рівень відновлення кадмієм ($99,0 \pm 43$ %, $p=24$).

При цьому встановлено, що відновлювальна здатність кадмію при визначенні нітратів і нітритів у молоці та молочних продуктах залежить від рН

досліджуваних продуктів, який варіює для цього виду продуктів від 4,3 до 8,4. Для стабілізації умов відновлення нітратів, яке здійснюється за строго визначеного рН (9,6-9.7), запропоновано рН екстрактів доводити до 8,0-9,0 додаванням від 2 до 5 мл (залежно від виду молочних продуктів) 30 % розчину гідроксиду натрію.

Аналіз консервованих продуктів проводився з використанням пористого кадмію фотометричним методом і ароматичних амінів. Як показали дослідження, найкращими осадотворювачами є: ацетат цинку, сульфат цинку і гідроксид натрію.

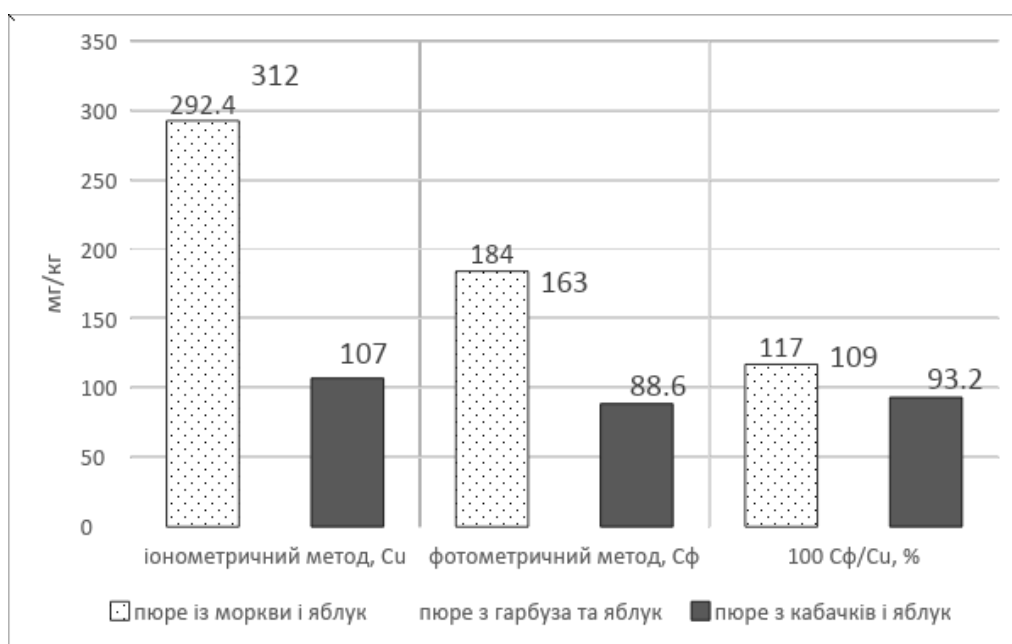


Рис. 3.1. Результати визначення нітратів у плодоовочевих консервах іонометричним і фотометричним методами

Для визначення нітратів у натуральних плодоовочевих, плодово-ягідних, овочевих консервах, технологія виготовлення яких унеможливорює додавання солі, ми рекомендуємо використовувати іонометричний метод (рис. 3.1-3.2). У випадках перевищення рівнів гранично допустимих концентрацій - необхідно використовувати фотометричний метод.

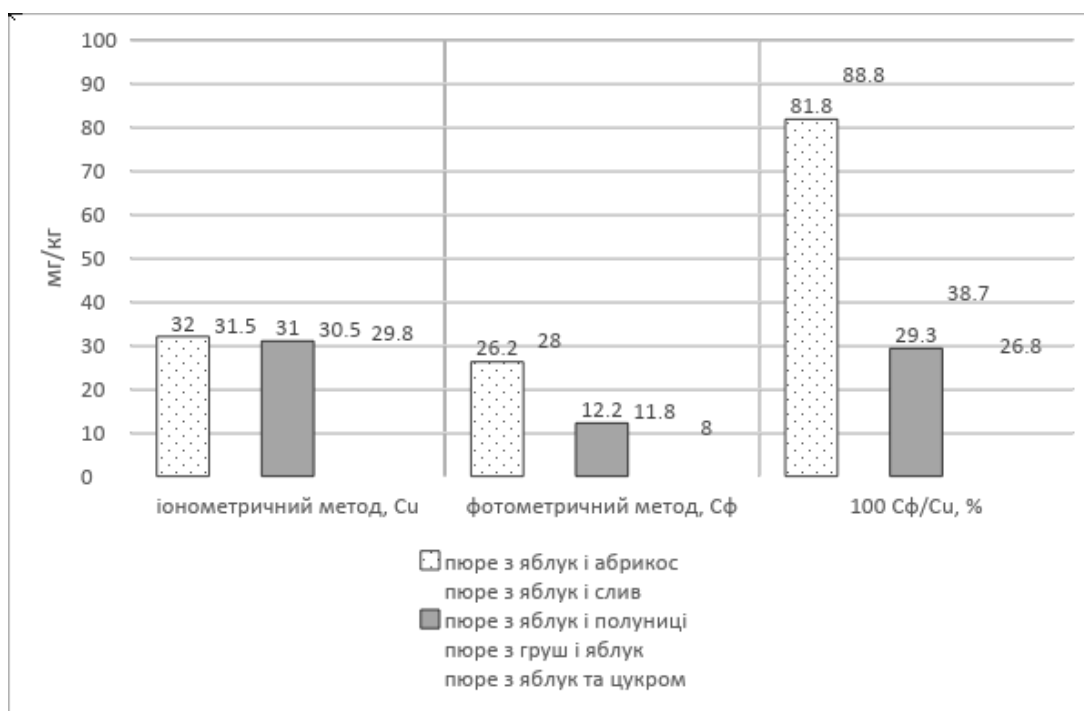


Рис. 3.2. Результати визначення нітратів у плодово-ягідних консервах іонометричним і фотометричним методами

В результаті дослідження виявили, що найприйнятнішим методом визначення нітратів і нітритів у зерні та зернових продуктах є фотометричний. Для осадження білково-вуглецевих комплексів використовують калій залістосинсродистий та ацетат цинку, для корекції фільтрату - буфер, рН якого дорівнює 9,6-9,7.

Вивчено вплив матриць молока та молочних продуктів на достовірність визначення зазначених сполук. Для цього кількість нітратів і нітритів у пробі розраховували з урахуванням калібрувальних коефіцієнтів, отриманих під час визначення величини поглинання стандартних розчинів нітратів і нітритів, приготованих на воді та екстракті відповідних молочних продуктів.

Для всіх досліджених видів молочних продуктів знайдено коефіцієнт (K), що враховує вплив матриці кожного продукту на визначення нітратів і нітритів (табл. 3.1).

Значення коефіцієнта впливу матриці продукту на визначення нітратів і нітритів

Продукт	K	K ₁	K ₂
Молоко пастеризоване і стерильне	1,08	1,05	1,42
Вершки	1,04	1,07	1,43
Кефір	0,94	1,04	1,41
Кефір з вітаміном С	1,12	1,13	1,52
Кефір фруктовий	1,08	1,17	1,58
Кисле молоко	1,0	1,09	1,46
Ряжанка	0,86	0,98	1,32
Сметана	1,1	1,08	1,46
Сир домашній	1,0	0,92	1,25
Сирні вироби	0,82	0,92	1,25
Пасти молочні	1,0	1,0	1,0
Сири	0,95	1,04	1,41
Морозиво	1,0	0,98	1,32
Згущене молоко	0,98	1,04	1,33
Сухі молочні продукти	1,07	1,04	1,41

K - коефіцієнт, що враховує вплив матриці молочного продукту на визначення нітритів

K₁ - коефіцієнт, що враховує вплив матриці молочного продукту на визначення нітратів

K₂ - 1,35 x K₁ де 1,35 - перехідний коефіцієнт від нітритів до нітратів

Розраховано стандартне відхилення (S) встановлених коефіцієнтів (K) і достовірність різниці 1 та середнього значення K для кожного продукту. Не встановлено достовірної різниці між K і 1 при визначенні нітратів у наступних продуктах: кисле молоко, морозиво, ряжанка, паста ацидофільна, а також при визначенні нітритів у сирі, кисляку, морозиві, пасті ацидофільній, сметані, сирі. Встановлено коефіцієнт при розрахунку нітратів і нітритів в інших видах молочних продуктів.

Проте, іонометричний метод визначення нітратів, який полягає у прямому визначенні нітрат-іонів в екстракті розчину за допомогою іонселективних електродів, виявився непридатним для аналізу овочевих культур родини хрестоцвітих через наявність у цих продуктах домішок невстановленої природи, які заважають.

Для усунення впливу домішок, що заважають, було використано різні підходи, які ґрунтуються на видаленні домішок шляхом сорбції на різних сорбентах неполярної природи, усунення впливу шляхом екстрагування органічними розчинниками або обробкою катіонообмінниками; використано нову модифікацію нітрат-селективного електрода, забезпеченого додатковою захисною плівкою. Однак жоден із підходів не забезпечував достовірності результатів.

Найперспективнішим підходом усунення домішок, що заважають, як було встановлено, виявився спосіб, який зводився до окислення цих домішок перманганатом калію в кислому середовищі за певної іонної сили розчину. Надлишок перманганату калію, що впливає на потенціал системи, видаляли пероксидом водню. Порівняння результатів визначення нітратів в основній культурі родини хрестоцвітих - капусті двома методами - новим варіантом іонометричного та фотометричним не виявило статистичних відмінностей.

3.2. Екологічна оцінка вмісту нітратів і нітритів у харчових продуктах рослинного та тваринного походження

Проведено вивчення вмісту нітратів і нітритів у більш ніж 100 зразках харчових продуктів широкого асортименту рослинного і тваринного походження.

Дослідження показали, що високі концентрації нітратів містилися в таких овочах: у буряках, ріпі, редисці, редьці, капусті, кропі, салаті-латуку (1015 - 7700 мг/кг). Крім зазначених овочів, високі рівні вмісту нітратів виявлено у шпинаті, салаті, петрушці, значення яких не перевищували 2 г.

Концентрація нітратів у ягодах була нижчою за 5 мг/кг, у фруктах не перевищувала гранично допустиму концентрацію - 60 мг/кг, а в зернових - 20 мг/кг.

Екологічна оцінка вмісту нітратів у харчових продуктах засвідчила, що 20 % проаналізованих зразків містять нітрати в кількостях, що перевищують встановлені ГДК нітратів для відповідних видів продуктів.

Результати кількісного аналізу нітритів виявили, що найвищі їхні рівні містять ковбасні вироби, м'ясокопченості та м'ясні консерви (до 32,2 мг/кг), а решта видів продуктів містять незначні кількості нітритів (здебільшого від 15 до 2 мг/кг), а у фруктах і ягодах нітрити не виявлено.

На підставі результатів аналізу нітратів і нітритів у продуктах харчування та воді з урахуванням середньо-арифметичних (X), медіанних (M), 90 % рівнів вмісту нітратів (P_{90}), а також з урахуванням добового споживання харчових продуктів розраховано надходження нітратів і нітритів із раціоном харчування чотирьох груп населення, які проживають у м. Житомирі: 1) студентів (рис. 3.3); 2) людей працездатного віку (рис. 3.4); 3) пенсіонерів (рис. 3.5); 4) дітей першого року життя (рис. 3.6-3.9).

Аналіз показав, що від 42 до 92 % надходження нітратів із раціоном харчування дорослих припадає на продукти рослинного походження. Основними джерелами нітритів є м'ясні продукти, на частку яких припадає від 55 до 60 % від сумарного їх надходження. Добове надходження нітратів і нітритів із раціоном харчування та водою становить для студентів - 2 мг/добу, людей працездатного віку - 1,9 мг/добу, пенсіонерів - 1,6 мг/добу, що підтверджують й інші дослідники.

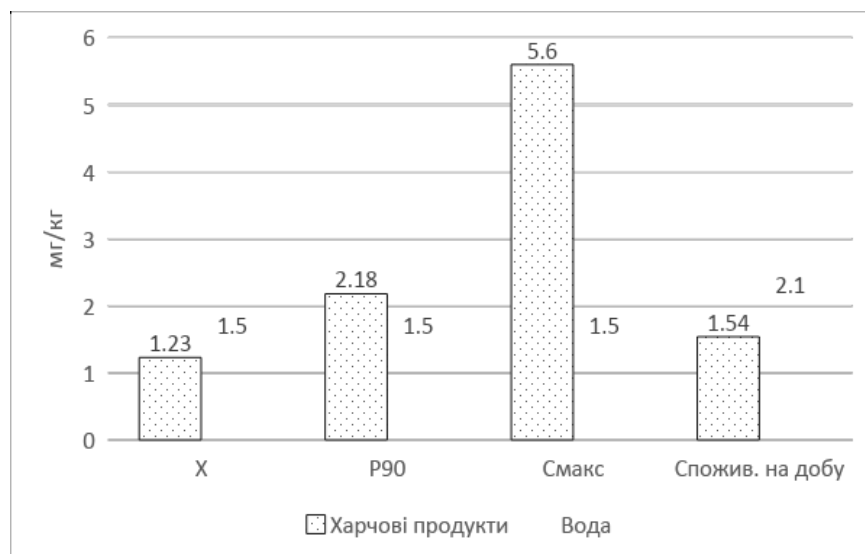


Рис. 3.3. Розрахункове добове надходження нітратів і нітритів в організм студентів, де:

$\bar{X}$ - середньоарифметичне значення

P_{90} - 90 відсотковий рівень

$C_{\text{макс}}$ - величина максимального значення концентрації нітратів

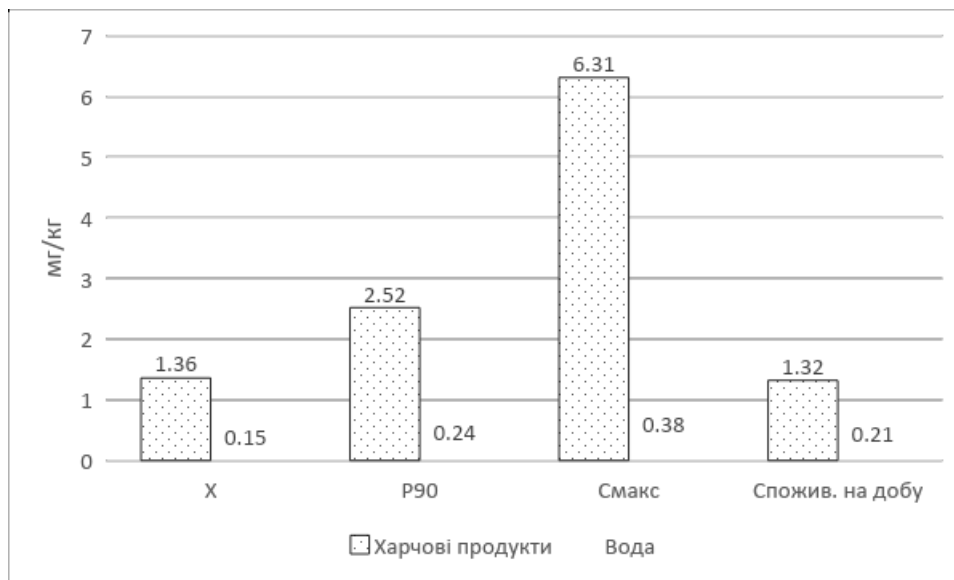


Рис. 3.4. Розрахункове добове надходження нітратів і нітритів в організм людей працездатного віку, де:

$\bar{X}$ - середньоарифметичне значення

P_{90} - 90 відсотковий рівень

$C_{\text{макс}}$ - величина максимального значення концентрації нітратів

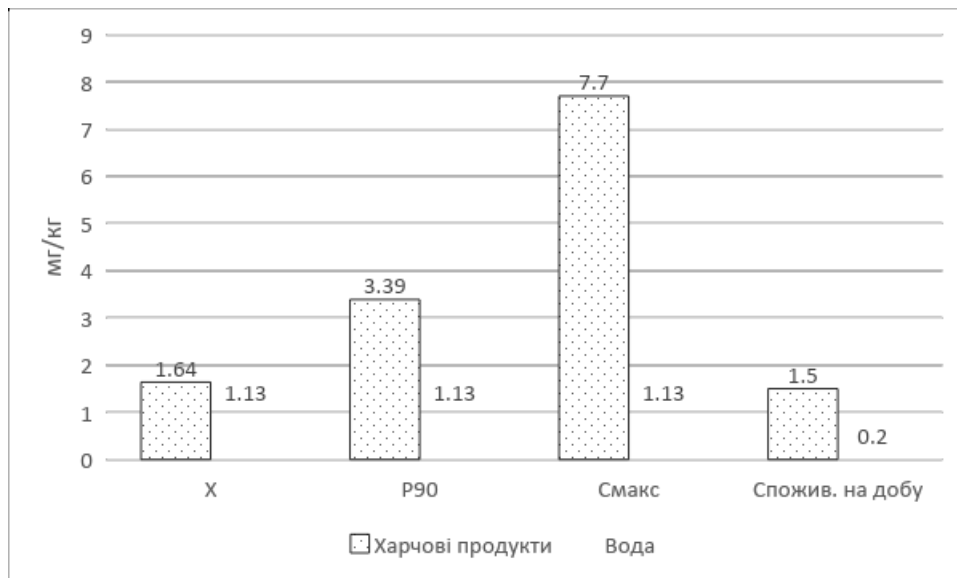


Рис. 3.5. Розрахункове добове надходження нітратів і нітритів в організм пенсіонерів, де:

X- середньоарифметичне значення

P₉₀ - 90 відсотковий рівень

C_{макс} - величина максимального значення концентрації нітратів

Добове надходження нітратів в організм дорослих здебільшого не перевищує допустимої добової дози (ДДД) 5 мг/кг маси тіла в перерахунку на нітрат-іон і лише за споживання харчових продуктів із максимальними рівнями в них нітратів може у 12-1,8 рази перевищити ДДД.

Надходження нітратів в організм дітей може змінюватися в широкому інтервалі та відрізнятися в десятки разів. Найбільш низьких навантажень нітратами зазнають діти до трьох місяців, які перебувають на природному вигодовуванні (0,51 – 2,38 мг/кг маси тіла дитини). З чотиримісячного віку надходження нітратів в організм цієї групи дітей суттєво зростає за рахунок введення в раціон харчування овочевих пюре. Під час розрахунку максимальних рівнів концентрації нітратів на 90 відсоткових рівнях фактичний вміст у їжі та воді може перевищувати встановлені норми (рис. 3.6-3.7).

Діти, які перебувають на штучному вигодовуванні, при споживанні води, яка містить нітрати на рівні ГДК, уже з перших місяців і впродовж першого року життя можуть отримувати з раціоном нітрати в кількостях, які в 1,2-2,6 рази перевищують ДДД.

У другій половині року життя дитини надходження нітратів із харчовим раціоном практично не залежить від виду вигодовування та становить 3,33-5,77 мг/кг маси тіла дитини. За штучного вигодовування впродовж перших трьох місяців нітрати переважно надходять в організм із водою (75,7-94,6 %) і до кінця першого року життя дитини становлять 72,0-91,8 % від загального надходження (рис. 3.8-3.9).

Внесок молочних продуктів у загальне надходження нітратів в організм дітей першого року життя незначний і становить 2,1-5,5%.

Проведені дослідження виявили, що необхідною умовою зниження надходження високих доз нітратів, насамперед в організм дітей, є забезпечення їх питною водою, концентрація нітратів у якій не перевищує 10 мг/л, що узгоджується з даними літератури. Крім цього, необхідний суворий контроль вмісту нітратів у рослинних продуктах, що йдуть на виготовлення дитячих консервів.

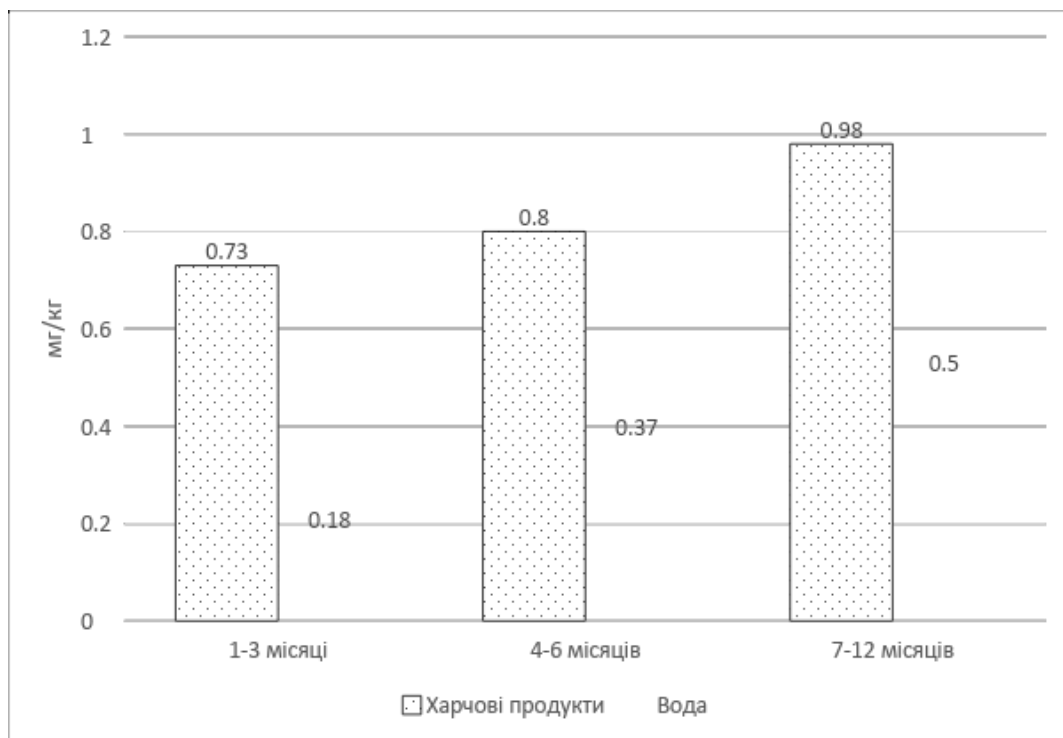


Рис. 3.6. Добове надходження нітратів при природному вигодовуванні

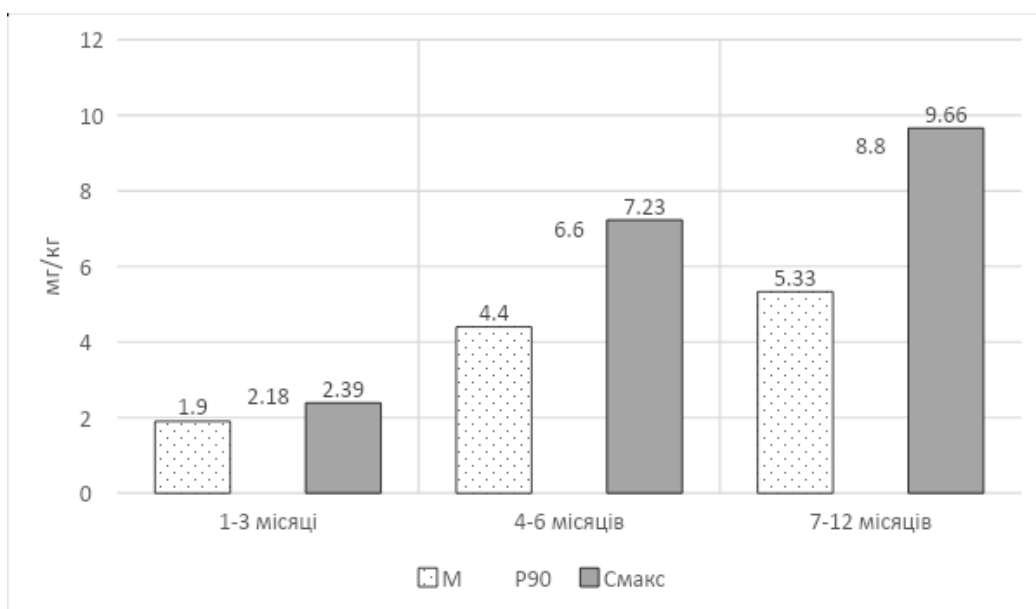


Рис. 3.7. Розрахункове добове надходження нітратів за природного вигодовування, де:

М - медіанний рівень

P₉₀ - 90 відсотковий рівень

C_{макс} - величина максимального значення концентрації нітратів

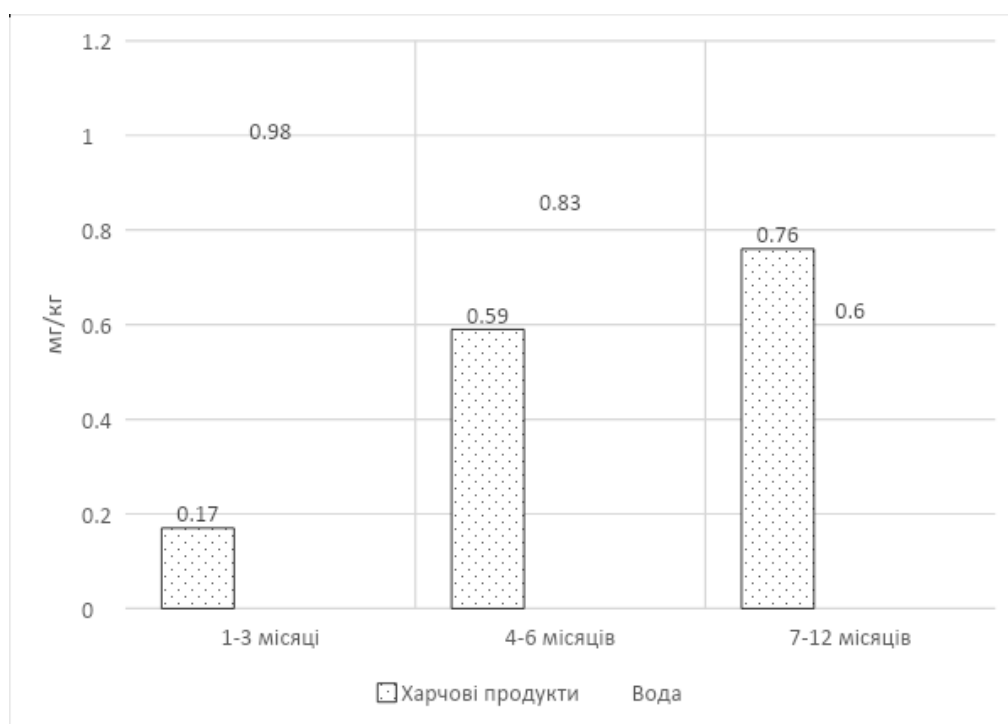


Рис. 3.8. Добове споживання нітратів при штучному вигодовуванні

М - медіанний рівень

P₉₀ - 90 відсотковий рівень

C_{макс} - величина максимального значення концентрації нітратів

3.3. Екологічна характеристика методів зниження нітратів і нітритів у продуктах харчування

Одним із підходів зниження надходження нітратів з рослинними продуктами полягає у використанні в їжу частин рослин, що містять менші кількості нітратів. Для виявлення зон з меншим вмістом нітратів вивчено закономірності розподілу нітратів у частинах рослин, які легко відокремлюються традиційними прийомами під час підготовки продукту та кулінарного оброблення. Показано, що видалення шкірки, стеблової, кореневої, серцевинної та інших частин, які містять вищі рівні нітратів, призводить до зниження їхнього надходження з продуктами на 18-50% [33].

Аналіз впливу вимочування, відварювання, консервування на вміст нітратів в овочах показав, що вимочування і консервування дає змогу знизити вміст нітратів відповідно на 11,2-52,0 %, 49,0-58,0 %, під час промивання водою відбувається часткове вимивання нітратів. Відварювання у воді або на парі збільшує перехід нітратів у воду.

Порівняння способів зниження нітратів засвідчило, що відварювання є найефективнішим і залежно від виду продукту, що відварюється, та умов процесу зниження може сягати 93,4 %. А приготування багатокомпонентних страв (оладок, котлет) на овочевій основі дало змогу знизити вміст нітратів у готовій страві на 11,2-52,0 % (табл. 3.2). При приготуванні перших страв сумарна кількість в овочах та бульйоні не змінюється.

Оцінюючи способи зниження нітратів, які ґрунтуються на екстрагуванні їх водою, можна зробити висновок, що вони дають змогу суттєво знизити рівні нітратів, але водночас застосування інтенсивних видів обробки (тривале вимочування, відварювання подрібнених овочів у великому об'ємі води і т.і.), які призводять до максимального зниження нітратів, є недоцільним через значні втрати біологічно активних речовин - вітамінів, макро- і мікроелементів, поліфенолів та інших.

Таблиця 3.2

**Вплив вимочування та відварювання на вміст нітратів
у харчових продуктах**

Відварювання			Вимочування		
Продукт	Кількість визначень	% зниження	Продукт/три-валість вимочування хв.	Кількість визначень	% зниження
Картопля ціла в лущинні	10	12,1-39,1	Морква/30 хвилин	4	11,1-22,2
Картопля очищена	6	55,4-64,2	Морква/90 хвилин	7	12,1-36,3
Картопля очищена і розрізана на 2 частини	4	51,4-64,4	Морква/24 хвилини	2	11,3-53,4
Картопля очищена і розрізана на 4 частини	12	75,4-93,3	Петрушка/90 хвилин	5	32,1-45,3
Буряк цілий зі шкіркою	8	16,2-37,4	Кріп/90 хвилин	4	41,1-46,1
			Відварювання з послідуочим смаженням		
Буряк подрібнений очищений	4	31,1-40,4	Оладки картопляні	5	11,1-45,4
Морква ціла	5	20,3-38,1	Оладки капустиані	5	11,7-47,3
Морква очищена, подрібнена на 4 частини	4	66,0-74,1	Котлети морквяні	4	31,1-52,1

ВИСНОВКИ

1. Удосконалено спектрофотометричний метод визначення нітратів і нітритів у консервованій продукції (межа виявлення нітратів -1,6 мг/кг, нітритів - 0,7 мг/кг).

2. Удосконалено іонометричний метод визначення нітратів і спектрофотометричний метод визначення нітратів і нітритів у продуктах рослинного походження (межа виявлення іонометричного методу - 16 мг/кг, відносне стандартне відхилення - 0,04-0,12, межа виявлення спектрофотометричного методу нітратів -1,6 мг/кг, нітритів - 0,7 мг/кг, відносне стандартне відхилення нітратів - 0,04-0,02, нітритів - 0,04-0,08).

3 Удосконалено спектрофотометричний метод визначення нітратів і нітритів у молоці та молочних продуктах (межа виявлення методу нітратів - 0,26 мг/кг для рідких і твердих продуктів та <3 мг/кг - для сухих продуктів, нітритів - 0,2 мг/кг для рідких і твердих продуктів та <2 мг/кг - для сухих продуктів, відносне стандартне відхилення нітратів - 0,05 - 0,1, нітритів - 0,05 - 0,26).

4. Удосконалено спектрофотометричний метод визначення нітратів і нітритів у зерні та зернових продуктах (межа виявлення методу нітратів - 3,0 мг/кг, нітритів - 0,7 мг/кг, відносне стандартне відхилення нітратів - 0,1 - 0,15, нітритів - 0,11 - 0,31).

5. Наведено екологічну оцінку рівнів вмісту нітратів і нітритів у більш ніж 100 зразках харчових продуктів широкого асортименту. Виявлено, що 20 % проаналізованих зразків містять нітрати в кількостях, що перевищують встановлені гранично допустимі концентрації для цих продуктів.

6. Встановлено, що добове надходження нітратів із раціоном харчування в організм дорослих переважно не перевищує допустимої добової дози, діти, які перебувають на природному вигодовуванні до 3 місяців, зазнають найнижчого навантаження нітратами, з 4 місяців під час споживання продуктів і води з максимальним вмістом нітратів можуть зазнавати навантаження цими речовинами, що перевищують допустиму добову дозу, надходження нітратів в

організм дітей, які перебувають на штучному вигодовуванні, під час споживання води, що містить нітрати на рівні гранично допустимої концентрації впродовж усього першого року життя в 1,2-2,6 рази перевищує допустиму добову дозу. З метою забезпечення безпечних рівнів споживання нітратів із раціоном харчування дітей, рекомендовано використовувати воду із вмістом нітратів <10 мг/л.

7. Дано екологічну оцінку способам зниження вмісту нітратів, які ґрунтуються на використанні в їжу частин рослин, що містять менші кількості нітратів, і на екстрагуванні нітратів водою. Показано, що перший спосіб дає змогу знизити надходження нітратів із раціоном на 18-50 %, другий - більш ефективний - до 94 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрющенко, В. К. (1993). Нитраты в овощах и пути их снижения. Кишинев: МолдНИИНТИ. 230 с.
2. Бойко Л.О. Сучасні тенденції розвитку овочевої галузі в умовах Євроінтеграції України. Агросвіт. 2020. № 6. С. 69–76.
3. Вміст нітратів у харчових продуктах. URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-221926.html>.
4. Воронов С.А., Стецишин Ю.Б., Панченко Ю.В., Когут А.М. Токсикологія продуктів харчування: Підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 556 с.
5. Вплив нітратів на людський організм. URL: <https://ru.calameo.com/read/00204680107026cc597a8>.
6. Все про нітрати. URL: <http://myrgorod.pl.ua/news/vse-pro-nitraty>.
7. Державні санітарні правила і норми "Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах" Наказ Міністерства охорони здоров'я України 13.05.2013 № 368 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 22 травня 2020 року № 1238).
8. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. Київ: Академія, 2011. 520 с.
9. До питання забруднення ґрунту, води та рослин харчового призначення нітрозамінами та їх попередниками. URL: <http://www.health.gov.ua/publ/conf.nsf/>
10. ДСТУ 4948:2008 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів». (Замінює ГОСТ 29270-95).
11. ДСТУ EN 12014-1:2002 (EN 12014-1:1997, IDT) Продукти харчові. Визначення вмісту нітрату і (чи) нітриту. Частина 1. Загальні положення.
12. ДСТУ EN 12014-5:2007 (EN 12014-5:1997, IDT) Продукти харчові. Визначення вмісту нітратів і (або) нітритів. Частина 5. Ферментативний метод визначення вмісту нітратів в овочевих продуктах для дитячого харчування.

13. Дудирич В.М. Особливості формування хімічного складу городньої продукції в умовах середніх міст // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2005. Вип 7. С.90-100.
14. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів». – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://law.dt-kt.com/zakon-ukrayinyprobezpechnist-ta-yakist-harchovyh-produktiv-vid-23-12-1997-r-771-97-vr/>. Назва з домашньої сторінки Інтернету.
15. Інструментальний метод хімічного аналізу. URL: <https://udhtu.edu.ua/wpcontent/uploads/2018/03/Instrumentalni-metodi-himichnogo-analizu.pdf> <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/Instrumentalni-metodi-himichnogoanalizu.pdf>
16. Механізм впливу нітратів на організм людини. URL: <http://www.consumer-cv.gov.ua/mehanizm-vplyvu-nitrytiv-na-organizm-lyudyny/>
17. Монарх В.В. Поняття і підходи до оцінки екологічного ризику. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2017. №7. С. 50-53.
18. Нітрати в овочах, фруктах і воді: як визначити проблему та що робити далі. URL: <https://nanomarket.ua/nitrati-v-ovochakh-fruktakh-i-vodi-yak-viznachitiproblemu-ta-shcho-robiti-dali/>
19. Нітрати в овочах. URL: <http://vladam-seeds.com.ua/ua/agronomiya/nitrati>.
20. Нітрати та нітрити - оцінка вживання: Оцінка безпеки певних харчових добавок (Харчові добавки, серія 50). Женева, ВООЗ; 2003 р.
21. Нітрати та нітрити: в чому небезпека для організму людини. URL: <https://zp.nmc.dsns.gov.ua/ua/Ostanni-novini/110.html>.
22. Отруєння нітратами та нітритами: у чому небезпека?. URL: <https://cityadm.lviv.ua/news/science-and-health/medicine/235294-otrueniennia-nitratamy-ta-nitrytamyu-chomu-nebezpeka>.
23. Панасенко Т.В., Красноруцька К.І. Вміст нітрат-іонів в продуктах харчування рослинного походження. Актуальні питання біології, екології та хімії. Розділ хімія. 2016. Том 12, № 2. С. 103–112.

24. Побутовий нітрат-тестер СОЕКС «NUC-019-1» / Нітрат-тестери, нітратоміри – 2016. URL: <http://nitro.net.ua/nitratomery-nitrat-testery/pobutovij-nitrat-testersoeks-nuc-019-1.htm>
25. Пономарьов П.Х. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини / П.Х. Пономарьов, І.В. Сирохман. К.: Лібра.1999. 231 с.
26. Приймак В.В., Семенюк С.К., Ласька С.С. Екологічна оцінка вмісту нітратів у рослинній продукції. Таврійський науковий вісник. 2018. № 101. С. 220-224.
27. Роженко, О.В. Лекції з дисципліни Безпечність товарів: для студентів ступеня «бакалавр» / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган Барановського. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2017. 130 с.
28. Санитарно-гигиенические методы исследования пищевых продуктов и воды / под ред. Г.С. Яцулы. К.: Здоров'я, 1991. 322 с.
29. Сичевський М.П. Глобальна продовольча безпека та місце України в її досягненні. Економіка АПК. 2019. № 1. С. 6–17.
30. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Технологія оздоровчих харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2015. 402 с.
31. Смоляр В.І., Циганенко О.І., Петрашенко Г.І. Нітрати, нітрити та нітрозаміни у харчових продуктах і раціонах. URL: http://medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2007/n07_3_5.htm
32. Харитонов М.М., Лазарева О.М., Лемішко С.М. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у овочевих та плодово-ягідних культурах у Дніпропетровській області. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2015. № 3. С. 29–31.
33. Циганенко О.І. Нітрати в харчових продуктах / О.І. Циганенко, К.: Здоров'я, 1990. 123 с.
34. Шкода нітратів в продуктах – чим вони небезпечні для людини?. URL: <http://www.consumer-cv.gov.ua/shkoda-nitrativ-v-produktah-chym-vony-nebezpechnidlya-lyudyny/>

35. Штабський Б.М., Гжегоцький М.Р. Ксенобіотики, гомеостаз і хімічна безпека людини. Л.: Наутілус. 1999. 308 с.
36. Andrews, M. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants: mini-review. *Plant Cell Environ.* 9. 1986. 511-519.
37. Bjelakovic G, Nikolova D, Gluud LL, Simonetti RG, Gluud C. Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2007. 297:842. P. 57.
38. Brender, JD, Olive, JM, Felkner, M, Suarez, L, Marckwardt, W, and Hendricks KA Dietary nitrites and nitrates, nitrosatable drugs, and neural tube defects. *Epidemiology*, 15. 2004. P. 330-336.
39. Chung, J.C., Chou, S.S. and Hwang, D.F. Changes in nitrate and nitrite content of four vegetables during storage at refrigerated and ambient temperatures. *Food Addit. Contam.* 21. 2004. P. 317–322.
40. EC (European Commission). 1992 Opinion on nitrate and nitrite. Reports of the Scientific Committee for Food (SCF) 26th Series, 21-28. Available at URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_26.pdf