МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

«___»_____2025 року

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти бакалавр

НАКОПИЧЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ У РОСЛИННІЙ ПРОДУКЦІЇ

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-з-ек

спеціальності Е2 Екологія

Стрелков Богдан Миколайович

Керівник: БАЛАБАК Алла, канд. с.-г. наук, доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. Нітрати та нітрити: роль у харчуванні та їх вплив на організм 5
1.1. Дослідження нітратів та нітритів у продуктах харчування 5
1.2. Джерела харчового впливу нітратів та їх накопичення у рослинах 6
1.3. Надходження нітратів та нітритів в організм людини та особливості їх метаболізму 9
1.4. Потенційна небезпека та ризики для здоров'я людини, пов'язані з нітратами та нітритами 12
РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкт та методика досліджень 16
2.1. Природні умови регіону досліджень 16
2.2. Об'єкт досліджень 17
2.3 Схема досліду 17
2.4. Методика досліджень 18
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень 20
3.1. Екологічна оцінка вмісту нітратів у плодоовочевій продукції 20
3.2. Аналіз неканцерогенного ризику для здоров'я від споживання продуктів харчування забруднених нітратами 23
3.3. Методи та способи зниження вмісту нітратів у овочевих культурах 26
ВИСНОВКИ 29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 31
ДОДАТКИ 35

ВСТУП

У контексті впливу на здоров’я людини нітрити, нітрати та споріднені види азоту, такі як оксид азоту (NO), є предметом все більших наукових суперечок. Збільшення вмісту активних форм азоту може призвести до нітрозативного стресу – шкідливого процесу, який може бути важливим посередником пошкодження клітинних структур, включаючи ліпіди, мембрани, білки та ДНК.

Нітрати та нітрити широко поширені в навколишньому середовищі та містяться в продуктах рослинного походження як частина циклу азоту. Крім того, ці сполуки використовуються як добавки для покращення якості їжі та захисту від мікробного забруднення та хімічних змін. Вважається, що деякі овочі, такі як шпинат, буряк, селера та салат, містять високі концентрації нітратів. Через велике споживання овочів вони були визначені як основне джерело нітратів у раціоні людини. Оброблене м’ясо є ще одним джерелом нітритів у раціоні, оскільки м’ясна промисловість використовує нітрати та нітрити як добавки в процесі консервування м’яса.

Метою роботи є аналіз рівня нітратів у сільськогосподарській продукції рослинного походження та оцінка їх негативного впливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати **завдання:**

1. Дослідити рівень нітратів у рослинній продукції.

2. Визначити сезонні зміни концентрації нітратів в овочевих культурах.

3. Проаналізувати ефективність методів зменшення нітратного забруднення сільськогосподарських культур.

4. Оцінити потенційні ризики для здоров’я населення, пов’язанні зі споживанням продукції з підвищеним вмістом нітратів.

Наукове та практичне значення одержаних результатів.

Виявлено та проаналізовано вміст нітратів у сільськогосподарській продукції. Обчислені коефіцієнти небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (*HQ*) свідчать про високий ризик негативного впливу нітратів у весняний період, що зумовлює необхідність впровадження заходів для його зниження.

Отримані результати можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо зменшення вмісту нітратів у продуктах рослинного походження.

Об'єкт дослідження –рослинна сільськогосподарська продукція.

Предмет дослідження – екологічний аналіз рівня нітратів у продукції рослинного походження.

Апробація результатів роботи проводилася на VIII Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Філософія саду і садівництва в світовій культурі: джерела та новітні інтерпретації» (Додаток А).

Структура та обсяг дипломної роботи. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту. Кваліфікаційна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та 1 додатку. Список використаних джерел нараховує 41.

РОЗДІЛ 1
НІТРАТИ ТА НІТРИТИ: РОЛЬ У ХАРЧУВАННІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ

1.1. Дослідження нітратів та нітритів у продуктах харчування

Іони нітратів і нітритів широко поширені в навколишньому середовищі і зустрічаються в природі в рослинних продуктах і воді. Внесок питної води в споживання нітратів зазвичай низький (менше 14%). Однак через використання неорганічних добрив рівень нітратів у водних ресурсах останнім часом зріс у багатьох місцях світу. У цьому контексті в ситуації, коли концентрація нітратів у питній воді нижче 10 мг/л, продукти харчування (переважно овочі) будуть основним джерелом нітратів для людини. У зворотній ситуації, коли рівень нітратів у питній воді високий (перевищує 50 мг/л), вода безперечно буде основним джерелом впливу нітратів [1, 2, 40].

Нітрати та нітрити також можуть використовуватися як добавки до їжі тваринного походження. Нітрити (нітрит натрію - E249, нітрит калію - E250) і нітрати (нітрат натрію - E251, нітрат калію - E252) дозволені як харчові добавки в Європейському Союзі відповідно до Регламенту Комісії (ЄС) № 1129/2011. Вони використовуються в їжу для стабілізації обробленого м'яса та сиру. Регламент визначає максимальну кількість нітритів і нітратів, які можуть бути додані як харчові добавки під час обробки харчових продуктів. Кількість нітритів, дозволена для використання в обробленому м’ясі, в даний час становить 150 мг $кг^{-1}$, за винятком стерилізованих м'ясних продуктів, для яких обмеження становить 100 мг $кг^{-1}$. Додавання нітрату натрію дозволяється лише в сире м’ясо до максимальної кількості 150 мг/кг. Нітрити також можуть бути присутніми в молочних продуктах з екзогенних джерел. Максимально дозволена концентрація нітритів для сиру становить 150 мг/кг [38].

Завдяки цим джерелам нітратів та нітритів люди піддаються впливу цих сполук. Деякі дослідження оцінюють вплив нітритів і нітратів [18, 35]. За даними колишнього Наукового комітету з харчових продуктів (SCF)

Європейської комісії та Об’єднаного комітету експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок (JECFA), поточна прийнятна добова норма споживання (ADI) нітритів становить 0,06 і 0,07 міліграма на кілограм маси тіла на день відповідно. У випадку нітратів обидві організації встановили ADI на рівні 3,7 мг/кг маси тіла/день.

Споживання нітратів з їжею пов'язане з деякими ризиками для здоров'я. Коли ці сполуки споживаються, близько 60%-70% легко засвоюється і швидко виводиться з сечею. У людини приблизно 3% нітратів виявляється в сечі у вигляді сечовини та аміаку. Нітрати також можуть проходити через шлунок і потрапляти в кровоносну систему. Різноманітність високобіологічно активних реакційноздатних видів оксиду азоту утворюються в кислотних умовах шлунка або в крові та тканинах. Вони можуть брати участь у виробленні нітрозамінів, що мають токсикологічне значення, коли в шлунку присутні вторинні аміни [17]. За даними Дінг та ін. [17], наявність дієтичних антиоксидантів пригнічує утворення нітрозамінів. Процес утворення нітрозаміну повністю пригнічувався, коли молярне співвідношення антиоксидантів і нітриту було вище 2:1.

1.2. Джерела харчового впливу нітратів та їх накопичення у рослинах

Найбільша кількість нітратів накопичується в рослинах, що ростуть у багатому на нітрати середовищі [16]. Виходячи з наявних даних, найважливішими джерелами споживання нітратів з їжею є овочі та фрукти, які складають від 50% до 75% загального споживання з їжею як для Великобританії, так і для Франції [11]. На накопичення нітратів у рослинах впливає кілька факторів. Як правило, такі фактори, як внесення добрив, активність нітратредуктази, швидкість росту та умови зростання, включаючи інтенсивність освітлення, кількість опадів, суттєво впливають на вміст нітратів в овочах [12]. Дослідження показують, що листові овочі, як правило, мають більший рівень нітратів, ніж насіння або бульби. Тому найбільший вміст нітратів мають рукола, салат і шпинат. Буряк і селера також є прикладами овочів, які містять значну кількість нітратів. Крім того, як зазначено Lucarini та

ін. [21] на вміст нітратів в овочах сильно впливає сезонність і системи вирощування. Їхні висновки показали, що салат, вирощений біодинамічно, накопичував у 1,3–2 рази менше нітратів, ніж відповідні органічно вирощені рослини.

Максимальні рівні вмісту нітратів в овочах, встановлені в ЄС, кілька разів змінювалися. Поточні максимальні рівні встановлені в Регламенті (ЄС) №1258/2011. Постанова поширюється на такі харчові продукти: шпинат, листя салату, рукола та оброблені злакові продукти та дитяче харчування для немовлят та дітей раннього віку. Усі максимальні рівні виражені в мг нітратів кг -1 свіжої ваги.

Дослідження показали, що такі методи обробки, як термічна обробка та умови зберігання, призводять до втрати нітратів. Вплив підвищеної температури зберігання на зниження вмісту нітритів в овочах було показано через посилене бактеріальне відновлення нітратів до нітритів [30]. Дослідження, проведене Ding та ін. [17] щодо оцінки вмісту нітратів і нітритів у маринованих плодоовочевих продуктах показали, що вміст нітратів у маринованих продуктах (серед інших маринованих буряків, цвітної капусти, моркви, брюссельської капусти) був загалом нижчим порівняно зі свіжими фруктами та овочами. Ці автори очікували зменшення вмісту нітратів завдяки використовуваним виробничим процесам (підкислення, розсол, пастеризація та стійкість до зберігання).

За даними ВООЗ [41], люди зазвичай споживають від 1,2 до 3,0 мг нітритів щодня. На основі Nuñez de González та ін. [27] дослідження, приблизно 80–85% впливу нітратів на людину відбувається через овочі. Іншими джерелами нітратів у раціоні людини є фрукти, злаки, вода, м’ясні продукти та терапевтичне лікування стенокардії [27]. Ларссон та ін. [18] досліджували споживання нітратів і нітритів шведськими дітьми. Виходячи з їх результатів, середнє споживання нітритів із в’яленого м’яса серед дітей у віці 4–12 років становило 0,007–0,13 мг/кг маси тіла на день, тоді як середнє споживання нітратів із кількох джерел разом, включаючи овочі, фрукти, в’ялене м’ясо та

воду, становило від 0,45 до 0,84 мг/кг маси тіла на день для тих же груп дітей. Отже, враховуючи джерела їжі, жодна дитина не перевищила ADI. Однак, якщо врахувати загальне споживання нітритів (приблизно 5% ендогенного перетворення нітратів на нітрити), приблизно 12% чотирирічних дітей перевищили ADI нітритів.

Темме та ін. [35] оцінили споживання нітратів і нітритів у Бельгії. Перероблені овочі, сири та м'ясні продукти вважалися джерелом нітритів та нітратів. У випадку населення Бельгії середнє звичайне добове споживання нітратів становило 1,38 мг кг -1 маси тіла на день, що означає, що вплив нітратів при середньому споживанні становив 38% ADI. Автори показали, що половина споживання припадає на овочі (особливо листя салату), потім на воду та напої на основі води (20%). Середньодобове споживання нітратів і нітритів, джерелами яких були сир і м'ясні продукти, становило 0,2% і 6% від ДДІ відповідно. Дослідження споживання нітратів та нітритів населенням Естонії, проведене Tamme та ін. показали найвищі середні значення нітратів у кропі (2936 мг кг $^{-1}$), шпинаті (2508 мг кг $^{-1}$), салаті (2167 мг кг $^{-1}$) і буряку (1446 мг кг $^{-1}$). Середнє споживання нітратів населенням Естонії становило 58 мг на день -1, тоді як середнє добове споживання нітратів дітьми (4–6 років) становило 30 мг. Автори також підрахували середньодобове споживання нітратів немовлятами від споживання їжі на основі овочів - це становило 7,8 мг.

Таким чином, той факт, що споживання овочів збільшується через дієтичні рекомендації, вимагає роздумів. Всесвітній фонд дослідження раку, Американський інститут дослідження раку оцінює дані про дієти з високим вмістом овочів та фруктів у контексті захисту від різних видів раку. У цьому дослідженні було розглянуто, чи цей ефект також пов’язаний з високим вмістом нітритів [26].

1.3. Надходження нітратів та нітритів в організм людини та особливості їх метаболізму

Основними джерелами нітратів і нітритів для людини є продукти харчування та ендогенний вплив. Нітрати та нітрити в організмі людини частково виводяться, а також циркулюють і відновлюються до нітритів та оксидів азоту, що забезпечує нітратно-нітритно-NO баланс [31].

Ендогенні нітрати та нітрити виробляються в L-аргінін/NO-синтазному шляху [23]. Вони є кінцевим продуктом окислення NO. NO утворюється в ендотеліальних клітинах, де L-аргінін метаболізується до цитруліну з утворенням NO на шляху, що каталізується синтазами оксиду азоту (NOS) [19]. Вивільнений NO є високореактивною сполукою, тому надлишок NO швидко окислюється (в крові) до нітритів і нітратів оксигемними білками (оксигемоглобіном або оксиміоглобіном) [36]. Виробництво NO через L-аргінін/NO-синтазний шлях пригнічується в умовах гіпоксії та ішемії, тоді харчові нітрати та нітрити є єдиними ефективними донорами NO [10]. Нітрати в їжі під дією слини частково відновлюються до нітритів, а потім до біологічно активних оксидів азоту (для виконання фізіологічних функцій) шляхом нітрат-нітрит-NO. Приблизно 5–7 % харчових нітратів і 20 % нітратів слини відновлюються до нітритів у ротовій порожнині комменсальними бактеріями [22]. Оральні бактерії, розташовані на задній частині язика, каталізуються ферментами нітратредуктази (NOS), відновлюють нітрати до нітритів. Після ковтання нітрати та нітрити в кислотному середовищі шлунка метаболізуються в різних ферментативних (дезоксигемоглобін, міоглобін, нейроглобін, ксантиноксидоредуктаза, альдегідоксидаза, карбоноксидаза та мітохондріальні ферменти) і неферментативних (pH-залежне зниження) системах до NO, а також інших біологічно активних оксидів азоту (такі як N_2O_3, NO_2) [32]. Крім того, харчові сполуки, такі як вітамін С і поліфеноли, можуть посилити утворення NO з нітритів, а також захистити NO від окисного руйнування (продовжити період напіввиведення NO) [14]. Далі в тонкому кишечнику вони системно всмоктуються і потрапляють у кров і плазму. NO, присутній у крові та

тканинах, може далі спонтанно окислюватися з утворенням нітритів та нітратів. Надлишок нітратів виводиться із сечею (приблизно близько 75% від загальної кількості нітратів), тоді як решта реабсорбується та концентрується в слинних залозах, а потім виділяється зі слиною [25]. Концентрація нітратів у слинних залозах у 10–20 разів вища, ніж у плазмі. На рисунку 1.1 представлена схема обміну нітратів, нітритів та оксиду азоту в організмі.

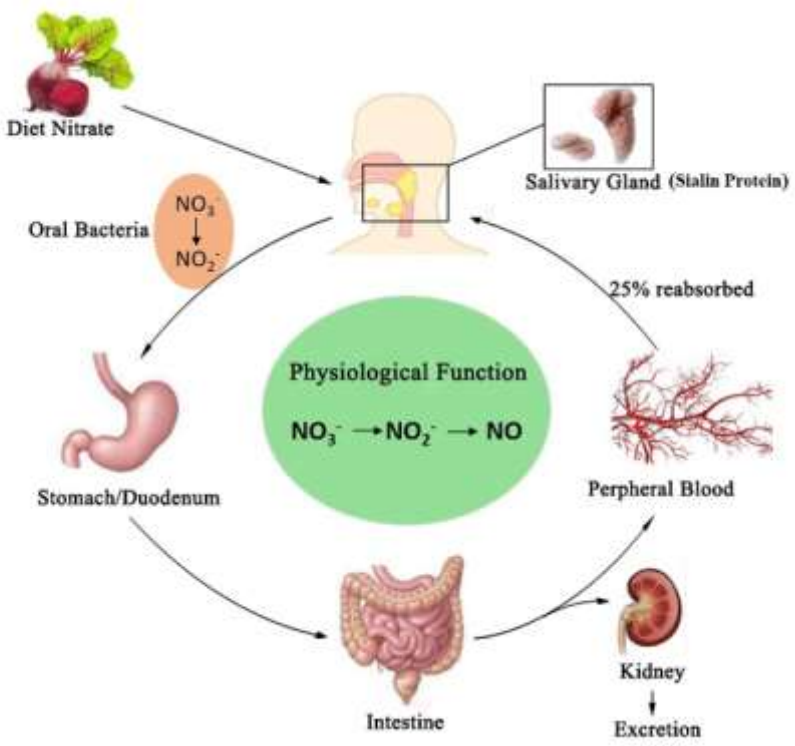


Рис. 1.1. Схема обміну нітратів, нітритів та оксиду азоту в організмі [20].

Нітрати нестійкі в кислих умовах і тому спонтанно розкладаються на нітрити та діоксид азоту. Таким чином, нітрити, що утворюються в результаті метаболізму нітратів, а також ті, що надходять з їжею, можуть додатково реагувати в шлунково-кишковому тракті з попередниками N-нітрозосполук (таких як аміни та аміди) і призводити до утворення N-нітрозосполук. Особливо небезпечною вважається реакція нітритів з вторинними амінами, оскільки вона призводить до утворення канцерогенних нітрозамінів. Первинні аміни з нітритами утворюють лише нестабільні нітрозаміни, які негайно розкладаються до спирту та азоту, тоді як третинні аміни не реагують з

нітритами. Підраховано, що ендогенна нітрозація призводить до утворення 45%-75% загального впливу на людину N-нітрозосполук. Крім того, низький pH у шлунку та наявність заліза (шлунковий сік містить значну кількість заліза) є факторами, які значно підсилюють процес нітрозування. Іншими задокументованими факторами, які впливають на утворення ендогенної N-нітрозосполуки, є вітамін С і Е (вважаються інгібіторами цього процесу) і гемове залізо (вважається стимулятором) [24].

Нітрит відіграє особливу роль у фізіології людини. Деякі з фізіологічних властивостей, пов'язаних з NO, отриманим з нітриту в людини, пов'язані з артеріальним кров'яним тиском, імунною відповіддю, утворенням біоплівки. Однак у кислому середовищі або в умовах окислювального стресу він може бути перетворений у ряд активних форм азоту (RNS). Оксидативний нітрозативний стрес в результаті збільшення вмісту активних форм кисню, азоту визнано, у свою чергу, характерною ознакою багатьох гострих і хронічних захворювань. Рівні нітрозативного стресу в основному пов’язані з концентрацією та часом впливу на RNS, а також здатністю клітинних антиоксидантів їх видаляти. Активні види азоту включають оксид азоту (NO), діоксид азоту (NO_2) і пероксинітрит ($ONOO^-$). NO_2 і $ONOO^-$ є найбільш реакційноздатними. У живих системах їх формування регулюється завдяки тому, що вони беруть участь у різноманітних біологічних функціях. Однак його неконтрольована внутрішньоклітинна присутність викликає значну токсичність, оскільки він може вражати різноманітні біомолекули, включаючи білки, ДНК, ліпіди та вуглеводи [7]. Таким чином, наявність нітритів і NO у відносно високих рівнях в умовах нітрозативного стресу може бути пов’язана з низкою несприятливих подій, таких як мутагенез, канцерогенез.

Оксид азоту дуже нестійкий у водному середовищі. У позаклітинному середовищі NO реагує з водою і киснем з утворенням нітрит- і нітрат-аніонів. Важливим шляхом розкладання оксиду азоту є реакція з супероксид-аніоном з утворенням пероксинітриту ($ONOO^-$), який є більш реакційноздатним. Пероксинітрит може утворювати нітротирозин, характерний маркер

нітрозативного стресу, реагуючи з білками. Підвищення рівня оксиду азоту та нітротирозину пов’язане з різними захворюваннями шкіри людини (рак шкіри, системний червоний вовчак, псоріаз, кропив’янка, атопічний дерматит) [29].

Білки також є основними мішенями для активних видів азоту. Вплив білків на RNS викликає серйозні фізичні зміни в структурі білка і, таким чином, має широкий спектр функціональних наслідків, включаючи інгібування ферментативної та зв'язувальної активності, підвищену сприйнятливість до агрегації та протеолізу та змінену імуногенність. Як повідомили Dalle-Donne та ін. підвищена концентрація нітрованих білків плазми була пов’язана з несприятливим результатом розвитку ураження легень. Пацієнти з раком легенів мають значно вищу концентрацію нітрованих білків у сироватці крові, що підтверджує наявність нітрозативного стресу. Як дійшли висновку White та ін. [39], нещодавно опубліковані результати показали, що нітрування тирозину та S-нітрозилювання проміжних речовин, що передають сигнали інсуліну, створюють нові засоби для модуляції метаболічних функцій у клітинах-мішенях інсуліну.

1.4. Потенційна небезпека та ризики для здоров’я людини, пов’язані з нітратами та нітритами

Вплив харчових нітратів і нітритів пов’язаний із ризиком раку. Тим не менш, опубліковані результати досліджень на людях щодо зв’язку між споживанням нітратів і нітритів і ризиком раку є суперечливими. З одного боку, існує багато доказів зв’язку між споживанням нітратів і нітритів і вищим відносним ризиком (ВР) (вище 1) раку молочної залози, раку шлунка, нирково-клітинної карциноми, гліоми у дорослих, колоректальний рак, рак стравоходу і рак щитовидної залози. З іншого боку, недавній мета-аналіз епідеміологічних досліджень вказав на слабкий зв’язок між харчовими нітратами та ризиком раку, тоді як у випадку харчових нітритів залежність була більш помітною [34]. Автори підкреслюють складність оцінки ризику через безліч взаємодій між харчовими компонентами, а також різноманітність населення. Автори також

вказали на значення джерела, з якого походять нітрати та нітрити. Наприклад, Song та ін. [34] провели вражаючий мета-аналіз літератури про вплив споживання нітратів, нітритів і нітрозамінів на ризик раку шлунка. Згідно з їхнім оглядом, зв'язок між споживанням нітратів, нітритів і нітрозамінів і ризиком раку шлунка (вимірюється як відносний ризик — RR) коливався між 0,69–0,93, 1,13–1,52 та 1,02–1,76 відповідно. Крім того, споживання нітратів менше 600 мг на день пов'язане з відносним ризиком нижче 1, тоді як у випадку нітритів і нітрозамінів щоденне споживання понад 0,2 мг і 0,2 мкг пов'язане з відносним ризиком раку шлунка вище 1. Їх детальний аналіз опублікованих результатів свідчить про зв'язок між споживанням нітратів з їжею та зниженням раку шлунка, тоді як споживання нітритів і N-нітрозаміни підвищують цей ризик [34]. Вони виправдали це явище тим фактом, що харчові нітрати в основному забезпечуються овочами, і будь-який захисний ефект може відображати інші захисні сполуки (такі як антиоксиданти або вітаміни), а не нітрати. Результати, отримані DellaValle та ін., Grieb та ін. і Hu та ін. [13] вказують на те, що споживання нітратів і нітритів тваринного походження (включаючи оброблене м'ясо) позитивно пов'язане з нирково-клітинною карциномою (РКК), тоді як у випадку загального споживання нітратів і нітритів, у тому числі з рослинних джерел, вони не виявили жодного зв'язку). Тести, проведені Ward та ін. вказують на підвищений ризик раку щитовидної залози у людей, які споживають більшу кількість нітритів. NO у високих рівнях може викликати хромосомні розриви безпосередньо або шляхом пригнічення активності відновлення ДНК. Оксид азоту може завдати непоправної шкоди кільком основним генам контролю раку. Супероксид і речовина негайно реагують з утворенням пероксинітриту, що впливає на окисне пошкодження ДНК. NO також може блокувати синтез ДНК, пригнічуючи фермент, що обмежує швидкість виробництва ДНК (рибонуклеотидредуктазу).

Щоденне споживання нітратів, що не перевищує 17,4 мг, оцінювалося за відносним ризиком 1,00, між 17,5–27,7 мг нітратів на день як RR 1,65, між 27,8–41,1 мг нітратів на день як 1,69, тоді як щоденне споживання понад 41,1 мг

нітратів на день дорівнює відносному ризику на рівні 2,85. Подібним чином Aschebrook-Kilfoy та ін. [8] описав зв'язок між споживанням нітритів тваринного походження та ризиком раку щитовидної залози, пояснюючи це специфікою м'яса як джерела прекурсорів для специфічних N-нітрозосполук, які можуть викликати рак щитовидної залози. Цілком можливо, що тваринні джерела нітратів та нітритів, які багаті амінами та амідами, а також гемовим залізом, можуть бути причиною збільшення виробництва ендогенних N-нітрозосполук, що може сприяти збільшенню ризику раку [9, 15, 37]. Через утворення сполук нітрозаміну, велика кількість яких вважається канцерогенною, ризик раку є найсерйознішим побічним ефектом споживання нітратів і нітритів. Нітрати та нітрити самі по собі не є канцерогенними; тим не менш, вони мають потенціал (під час ендогенного шляху, а також під час обробки їжі) реагувати з іншими сполуками з утворенням канцерогенів.

Підвищений вплив нітратів і нітритів з їжею внаслідок утворення нітрозамінів може призвести до токсичності у вигляді метгемоглобінемії. Коли нітрити реагують з гемоглобіном, роблячи його нездатним переносити кисень, виникає біохімічна анемія та викликає ціаноз. Немовлята особливо вразливі до метгемоглобінемії через високе споживання багатих нітратами овочів, а також через той факт, що лише після тримісячного віку організм починає виробляти фермент, який відновлює здатність гемоглобіну переносити кисень. Тим не менш, згідно з дослідженнями експозиції, гіпотеза про те, що нітрати та нітрити пов'язані з гемоглобінемією, є дискусійною через те, що немає наукових доказів на її підтримку.

Нітрати та нітрити останнім часом стали двома найбільш суперечливими речовинами, присутніми в продуктах харчування, як природними, так і отриманими з добавок, що використовуються під час обробки. Більшість нітратів надходить з овочами. Рівень нітратів в овочах дуже різний, хоча листові овочі (особливо рукола та шпинат) містять найвищий рівень нітратів. Нітрат-іон не токсичний, але внаслідок дії анаеробних бактерій (у шлунково-кишковому тракті) 5–20 % прийнятих нітратів перетворюється на нітрити, який

є більш токсичним. Перетворення на нітрити і подальший метаболізм азотистих сполук до нітрозамінів пов’язано з негативним впливом нітратів на споживачів, оскільки це пов’язано з ризиком раку шлунково-кишкового тракту. З іншого боку, багато дослідників вказують на переваги оксиду азоту, що утворюється в результаті перетворення нітратів, включаючи контроль артеріального тиску, покращення стану серцево-судинної системи. М'ясна промисловість особливо пов'язана з використанням нітратів і нітритів, оскільки ці речовини вважаються багатофункціональними харчовими добавками при в'яленні м'яса. Через потенційний канцерогенний ефект нітрати та нітрити повинні бути обмежені в м’ясній промисловості. Однак знайти ідеальну альтернативу нітратам та нітритам у переробці м’яса дуже важко через його багатофункціональність.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природні умови регіону досліджень

Дослідження проводилися впродовж 2022-2024 років у місті Монастирищі, Черкаської області.

Місто Монастирище, розташоване в центральній Україні, має помірно-континентальний клімат, з теплим літом та помірно холодною зимою. Регіон багатий на родючі чорноземи, що сприяє сільському господарству. Також є численні річки та зелені зони, що створюють сприятливі умови для розвитку флори і фауни.

Місто Монастирище розташоване в Центральній лісостеповій зоні Придніпровської височини. Місцевість перетинають місцями глибокі балки та яри, вона горбиста. Рослинність району характерна для лісостепової зони.

Територія міста Монастирища вирізняється сильно розчленованим рельєфом. Різниця висот над рівнем моря на різних ділянках варіюється від 170 до 216 м.

Ґрунти чорноземного типу, ґрунтоутворення вирізняються великою кількістю водорозчинних солей кальцію та магнію, коагульованим гумусом. Це обумовлює формування міцної структури.

Клімат району дослідження помірно-континентальний (середньорічна температура повітря +7,3–9,4°С). Найтеплішим місяцем є липень (середня температура +19,2–20,8°С), а найхолоднішим січень (середня температура –5,6–6,1°С). Абсолютний мінімум температури повітря сягає 34–38°С. Середня з абсолютних мінімумів температура становить –21°С. Сильні морози трапляються нечасто.

Протягом 2022–2024 рр. найбільша кількість опадів зафіксована у квітні–червні, а також у вересні, а найменша в лютому–березні.

Відносна вологість повітря становить в середньому в межах 68–87%. У осінньо-зимовий – підвищується до 74–87%, а у весняно-літній період вона знижується до 67–70% [4].

Отже, фізико-географічні умови міста Монастирища є сприятливими для вирощування сільськогосподарських рослин.

2.2. Об’єкт досліджень

Дослідженню підлягали зразки яблук, груш, моркви, картоплі, буряка, білоголової капусти, цибулі та огірків, що надходили до маркетів «Лідер», «Вікторія», «Піраміда», «Тетяна», а також реалізовувалися на ринках міста Монастирища.

У ході досліджень було проведено 420 експертиз, серед яких: 52 проб капусти, 52 – буряка, 52 – помідорів, 52 – цибулі, 52 – огірків, 52 – картоплі, 52 – моркви, 28 – яблук, 28 – груш.

2.3. Схема досліду

1. Дослідження вмісту нітратів у рослинній продукції у весняний та осінній періоди

Назва культури	Фактичний вміст нітратів		ГДК	% перевищує ГДК
	жовтень, квітень			
	X ± m	межі коливань		
Яблука	мг/кг сирої маси		мг/кг	%
Груші				
Картопля				
Буряк				
Морква				
Цибуля				
Капуста білоголова				
Помідор				
Огірок				

2. В и з н а ч е н н я критеріїв неканцерогенного ризику *(HQ)*

Характеристика ризику	Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатись як досить прийнятна	Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню
Коефіцієнт небезпеки	<1	1	>1

Неканцерогенний ефект розраховується за формулою:

$$HQ=AD/RfD$$

Де: *HQ* – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

RfD – безпечна доза, мг/кг.

3. Порівняння вмісту нітратів у овочевих культурах до та після обробки

Назва культури	Овочі до обробки	Після очистки	Вимочування	Відварювання
Картопля	мг/кг сирої маси			
Морква				
Буряк				

2.4. Методика досліджень

Було проведено дослідження вмісту нітратів у рослинній продукції, яка користується попитом серед жителів міста Умань. Дослідження носило моніторинговий характер.

Основним етапом лабораторного аналізу було визначення концентрації нітратів експрес-методом із використанням нітратоміра екотестера GreenTest ECO 3F. Цей прилад призначений для швидкого аналізу концентрації нітратів у свіжих овочах, фруктах і м’ясі в побутових умовах. Його робота базується на

вимірюванні електропровідності середовища продуктів. Вимірювання здійснюється шляхом визначення провідності змінного високочастотного струму, після чого отримані дані відображаються на ЖК-дисплеї пристрою.

Окрім цього, досліджувалася ефективність методів зниження вмісту нітратів, зокрема шляхом замочування у воді (для картоплі, моркви та буряка), очищення від шкірки та термічної обробки. Контрольні вимірювання нітратів виконували потенціометричним методом із чутливістю 6 мг/кг [5].

Для аналізу спочатку відбирали середні проби дослідних зразків, які промивали, подрібнювали та розтирали в порцеляновій ступці до отримання однорідної маси. Потім 10 г подрібненого матеріалу або отриманого соку зважували на технічних терезах у склянці місткістю 100 см³. До зразка додавали 50 см³ 1% розчину алюмокалієвих галунів, після чого перемішували скляною паличкою протягом 15 хвилин. Далі в отриману суспензію занурювали електроди та вимірювали потенціал індикаторного електрода. Процедуру повторювали тричі, після чого обчислювали середнє значення потенціалу. Вміст нітрат-іонів (мг/кг) визначали за спеціальними таблицями [6].

Дослідження вмісту нітратів проводили відповідно до вимог ДСТУ 4948:2008 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів» [3].

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Екологічна оцінка вмісту нітратів у плодоовочевій продукції

Рослинні харчові продукти містять найбільшу кількість нітратів і є основним джерелом їхнього надходження в організм людини. Концентрація цих хімічних сполук у продуктах може бути як безпечною, так і шкідливою для здоров'я. Як вже зазначалося раніше, надмірний вміст нітратів становить загрозу для людини.

У таблиці 3.1 подано результати досліджень щодо вмісту нітратів у рослинній продукції, яка є важливою складовою раціону людини протягом року. Зокрема, в таблиці наведено дані про концентрацію нітратів у овочах та фруктах в осінній період.

Таблиця 3.1

Вміст нітратів у рослинній продукції в осінній період, 2023 рік

Назва культури	Фактичний вміст нітратів, мг/кг сирої маси X ± m	Межі коливань, мг/кг	ГДК	% перевищує ГДК
Яблуко	42,54±1,56	32-51	60	-
Груша	65,26±2,14	54-73	60	3,6
Картопля	120,00±7,2	95-204	250	-
Буряк	191,7±2,4	171-236	1400	-
Морква	110,80±1,9	73-189	250	-
Цибуля	82,41±2,7	61-92	80	46,2
Капуста білоголова	125,80±2,6	102-153	500	-
Помідор	72,21±1,6	63-89	150	-
Огірок	123,80±3,3	80-145	150	-

Аналіз результатів досліджень, поданих у таблиці 3.1, показав, що у 12 зразках з 26 цибулі зафіксовано перевищення гранично допустимої концентрації нітратів, що становить 46,2% та у 5 з 14 зразків груш, що становить 3,6%.

Варто враховувати, що найбільшу загрозу з точки зору накопичення нітратів становлять ранні овочі, вирощені в закритому ґрунті. Вміст нітратів у таких культурах у два-три рази вищий, ніж у тих, що ростуть у відкритому ґрунті. Результати аналізу рівня нітратів в овочах та фруктах, які є найбільш популярні серед споживачів у весняний період, наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Вміст нітратів у рослинній продукції у весняний період (квітень), 2024 рік

Назва культури	Фактичний вміст нітратів, мг/кг сирої маси X ± m	Межі коливань, мг/кг	ГДК	% перевищує ГДК
Яблуко	62,87±7,36	51-75	60	57,14
Груша	71,24±4,21	54-87	60	78,57
Картопля	341,32±4,6	258-405	1500	-
Буряк	656,31±8,7	523-740	1400	-
Морква	585,32±7,4	421-738	600	65,40
Цибуля	414,7±4,78	331-494	80	100
Капуста білоголова	907,70±14,5	732-991	900	69,20
Помідор	196,70±4,57	122-293	300	-
Огірок	421,70±5,1	352-462	400	61,54

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.2, свідчить, що рівень нітратів у популярних весною овочах та фруктах у більшості випадків перевищує гранично допустимі норми. Зокрема, у 17 із 26 зразків моркви (65,4%) було

зафіксовано перевищення ГДК, серед зразків цибулі всі 100% не відповідали санітарним нормам. У капусті білоголовій це перевищення зафіксовано у 18 випадках (69,2%), а у огірків – у 14 зразках з 26 (61,54%). У яблук та груш також було зафіксовано перевищення ГДК.

Надані результати оцінки рівня нітратів в овочах підтверджують, що протягом усього періоду дослідження до торгової мережі м. Монастирище надходила продукція, що не відповідала встановленим санітарним вимогам.

Сезонний аналіз рослинної продукції показав, що найбільша кількість із підвищеним вмістом нітратів спостерігається у весняний період. До осені частка такої продукції поступово зменшувалася (рис. 3.1).

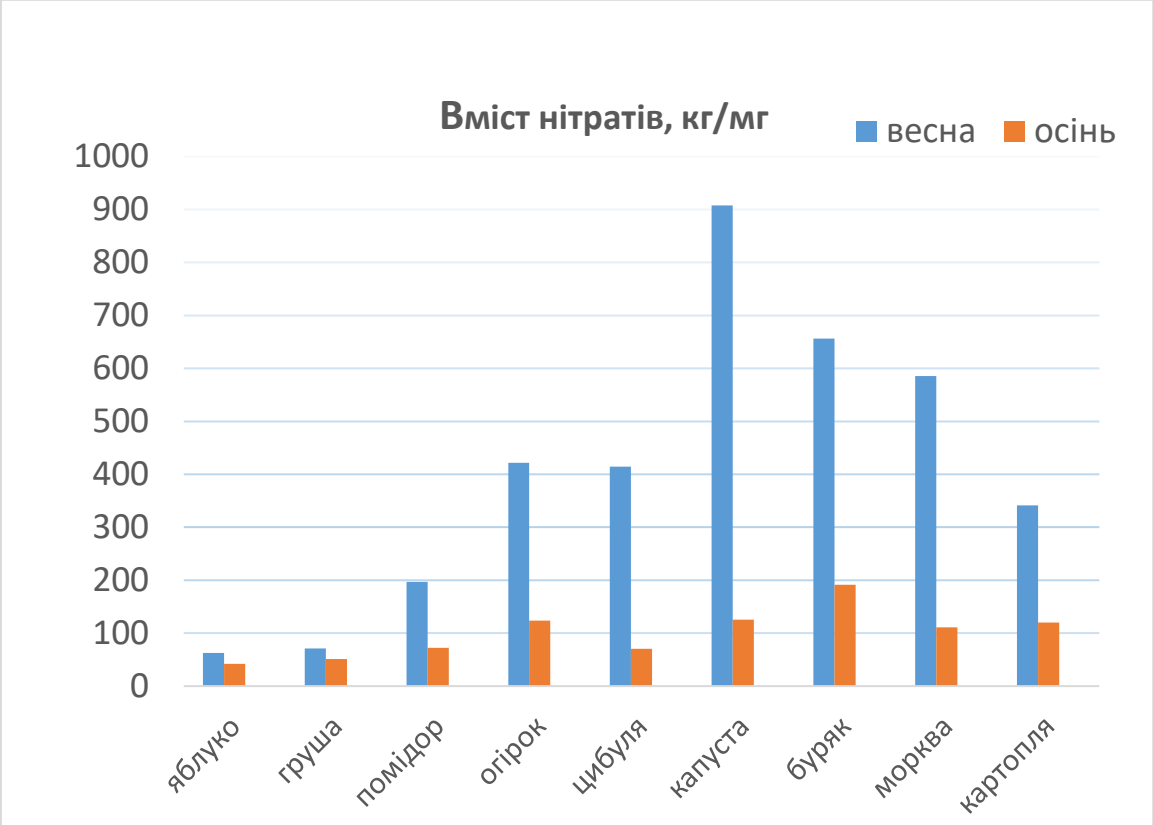


Рис. 3.1. Динаміка вмісту нітратів у рослинній продукції (2023-2024)

Аналіз рівня нітратів в рослинній продукції (рис. 3.1) показав, що найбільше їх накопичується у буряках (восени), а також у капусті та у буряках і моркві (навесні). Саме ці овочі є найбільш популярними серед споживачів протягом усього року. Вміст нітратів у помідорах був значно нижчим.

Загалом, у осінній період майже всі досліджені овочі відповідали нормам, за винятком окремих зразків ріпчастої цибулі та груш. При цьому підвищений рівень нітратів у ріпчастій цибулі фіксувався протягом усього року, а частка таких зразків коливалася від 46,2% до 100%. Навесні концентрація нітратів в рослинній продукції була значно вищою, ніж восени, що свідчить про використання значних обсягів азотних добрив для вирощування тепличної продукції. Максимальний вміст нітратів у досліджених зразках становив 656,3–907,7 мг/кг.

Практична цінність проведених досліджень полягає в можливості інформування населення про рівень нітратів у рослинній продукції. Отримані результати можуть бути використані в системі соціально-гігієнічного моніторингу міста Монастирище.

3.2. Аналіз неканцерогенного ризику для здоров'я від споживання продуктів харчування забруднених нітратами

З метою визначення можливих небезпек для здоров'я населення міста Монастирища, пов'язаних із вживанням у їжу сільськогосподарської продукції, вирощеної та реалізованої в межах району, було здійснено розрахунок показників неканцерогенного ризику. Оцінка стосувалася впливу нітратів, що містяться у забруднених овочах та фруктах, на організм людини при їх споживанні (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатись як досить прийнятна	Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню
Коефіцієнт небезпеки	<1	1	>1

На основі результатів досліджень та розрахованих значень коефіцієнта небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (*HQ*) встановлено, що при споживанні плодово-овочевої продукції, вирощеної в досліджуваному регіоні, ймовірність виникнення негативного впливу на здоров'я людини залишається на низькому рівні.

Аналіз показників *HQ* в осінній та весняний періоди продемонстрував суттєву різницю у рівнях ризику для здоров'я населення (таблиця 3.4, 3.5). Згідно з отриманими даними, у осінній період у місті Монастирище рівень небезпеки від споживання овочів та фруктів залишається незначним та не становить серйозної загрози для здоров'я людини. Серед досліджених продуктів найбільше значення *HQ* було виявлено у цибулі та грушах – 1,1, що свідчить про підвищений ризик у порівнянні з іншими культурами.

Таблиця 3.4

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів *HQ* при вживанні плодоовочевої продукції в осінній період

Назва культури	Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів *HQ*
Яблуко	0,7
Груша	1,1
Помідор	0,5
Морква	0,4
Огірок	0,8
Капуста білоголова	0,3
Цибуля	1,1
Картопля	0,5
Буряк	0,1

Натомість у весняний період, через підвищений вміст нітратів у рослинній продукції, коефіцієнти небезпеки значно зростають. Найвищий

показник *HQ* був зафіксований у ріпчастої цибулі – 5,1, що вказує на значний потенційний ризик для здоров'я при її споживанні.

Таблиця 3.4

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів *HQ* при вживанні плодоовочевої продукції у весняний період

Назва культури	Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів *HQ*
Яблуко	1,0
Груша	1,2
Помідор	0,7
Морква	1,0
Огірок	1,1
Капуста білоголова	1,0
Цибуля	5,1
Картопля	0,2
Буряк	0,5

Таким чином, узагальнюючи результати досліджень, можна стверджувати, що плодоовочева продукція, придбана у місті Монастирище, у більшості випадків є безпечною для споживання, ризик для здоров'я населення при споживанні плодоовочевої продукції у весняний період вищий, ніж в осінній, що обумовлено природними особливостями накопичення нітратів у цей час.

Ці результати свідчать про необхідність контролю за технологічними процесами вирощування сільськогосподарської продукції та доцільність проведення регулярного моніторингу вмісту нітратів у продуктах харчування, особливо у весняний період.

3.3. Методи та способи зниження вмісту нітратів у овочевих культурах

У результаті нашої роботи було здійснено експериментальне дослідження вмісту нітратів у рослинній продукції, яка є найбільш популярною серед населення міста Монастирище. Основною метою дослідження стало визначення рівня нітратів у найпоширеніших овочах регіону та встановлення ефективних методів їх зниження до безпечних показників для споживачів.

Для проведення аналізу було відібрано три види овочів, які користуються найбільшим попитом серед жителів Монастирища – картопля, морква та буряк. Ці овочі є традиційними для щоденного раціону місцевого населення, що й обумовило доцільність їх вибору для дослідження.

Одним із ефективних способів зниження надходження нітратів з овочевою продукцією до організму людини є вживання в їжу тих частин рослин, у яких накопичується менша кількість нітратів. Зокрема, доведено, що найбільші концентрації нітратів зазвичай спостерігаються у шкірці та поверхневих шарах коренеплодів. Саме тому механічне очищення картоплі, моркви та буряка дозволяє суттєво знизити їх вміст у кінцевому продукті.

Поряд із механічним очищенням важливим засобом зниження вмісту нітратів в овочах є технологічні методи обробки, засновані на здатності нітратів до екстрагування у воду. Дослідження показали, що вимочування овочів у воді та їх подальше відварювання призводить до помітного зменшення кількості нітратів.

У процесі дослідження нами було проаналізовано залежність залишкової концентрації нітратів в овочах від таких основних параметрів технологічного процесу, як: початковий рівень вмісту нітратів у продукті, тривалість вимочування у воді та час термічної обробки (відварювання). Це дозволило визначити оптимальні умови для зниження вмісту нітратів до допустимих норм.

Результати експерименту засвідчили, що найбільш ефективним способом зниження вмісту нітратів є відварювання овочів у воді. Так, при очищенні

картоплі спостерігалося зменшення вмісту нітратів на 30,2 мг/кг, при вимочуванні у воді протягом 20 хв – на 23,5 мг/кг, а при відварюванні – на 46,5 мг/кг. Аналогічну тенденцію показали й інші досліджувані овочі – морква та буряк. Для моркви ці показники становили відповідно 30,3 мг/кг (очищення), 28,5 мг/кг (вимочування) та 46,5 мг/кг (відварювання); для буряка – 22,0 мг/кг, 29,6 мг/кг та 66,3 мг/кг відповідно (рис. 3.2).

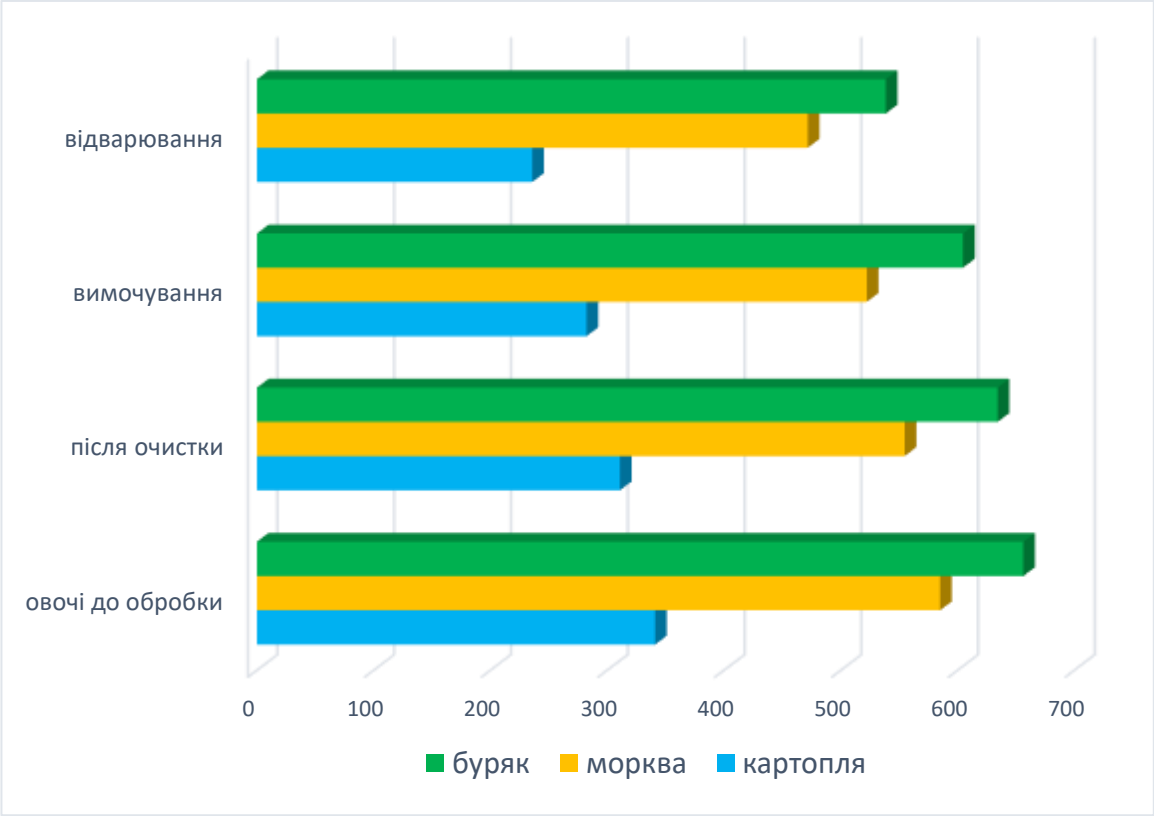


Рис. 3.2. Порівняння вмісту нітратів у овочевих культурах до та після обробки, мг/кг (квітень, 2024)

Таким чином, аналіз ефективності методів зниження вмісту нітратів засвідчив, що термічна обробка овочів шляхом відварювання у воді є найбільш результативною серед досліджених способів. Проте при цьому варто враховувати, що надмірно тривале вимочування чи відварювання, особливо у великій кількості води, може призводити до значних втрат цінних біологічно активних речовин — вітамінів, макро- та мікроелементів. Тому важливо

дотримуватися балансу між зниженням вмісту нітратів та збереженням поживної цінності овочів.

З практичної точки зору, для зниження вмісту нітратів у коренеплодах (зокрема картоплі, моркві та буряку) достатньо вимочувати їх у воді протягом години, попередньо нарізавши на невеликі шматочки. Це дозволяє істотно зменшити вміст нітратів без суттєвих втрат корисних речовин.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено результати дослідження вмісту нітратів у рослинній сільськогосподарській продукції, реалізованій на ринках та у торгових закладах міста Монастирище Черкаської області. Особливу увагу приділено аналізу сезонної динаміки концентрацій нітратів у продуктах рослинного походження.

1. В результаті проведених досліджень встановлено, що в осінній період більшість зразків овочів та фруктів відповідали нормативам щодо вмісту нітратів. Разом з тим, у деяких випадках було зафіксовано перевищення допустимих рівнів нітратів у зразках ріпчастої цибулі та груш. Варто відзначити, що ріпчаста цибуля із підвищеним вмістом нітратів виявлялася у всі пори року, що свідчить про систематичне використання значної кількості азотовмісних добрив при її вирощуванні. Частка таких зразків в осінній період становила 46,2%.

Порівняльний аналіз показав, що у весняний період рівень нітратів у плодоовочевій продукції значно зростав у порівнянні з осіннім сезоном. Це, ймовірно, пов’язано з тим, що у весняний період на прилавках переважала продукція тепличного вирощування, для якої характерне активне застосування мінеральних добрив, багатих на сполуки азоту. Максимальні зафіксовані концентрації нітратів у досліджених зразках за період спостережень становили від 656,3 мг/кг до 907,7 мг/кг, що у кілька разів перевищує допустимі значення для окремих видів продукції.

2. Крім визначення вмісту нітратів, у роботі було здійснено оцінку потенційних ризиків для здоров'я населення шляхом розрахунку коефіцієнтів небезпеки розвитку неканцерогенного ефекту (HQ). Результати цих розрахунків показали, що в осінній період рівень ризику для споживачів є мінімальним та не перевищує допустимих значень. Натомість у весняний період коефіцієнт HQ суттєво зростав, що свідчить про високий рівень потенційної небезпеки для здоров'я населення при регулярному вживанні такої продукції. Підвищення

коефіцієнта небезпеки тісно пов’язане зі збільшенням концентрації нітратів у продукції, що підтверджує важливість контролю за якістю харчових продуктів протягом усього року.

3. Результати експерименту засвідчили, що найбільш ефективним способом зниження вмісту нітратів є відварювання овочів у воді. Так, при очищенні картоплі спостерігалося зменшення вмісту нітратів на 30,2 мг/кг, при вимочуванні у воді протягом 20 хв – на 23,5 мг/кг, а при відварюванні – на 46,5 мг/кг. Аналогічну тенденцію показали й інші досліджувані овочі – морква та буряк. Для моркви ці показники становили відповідно 30,3 мг/кг (очищення), 28,5 мг/кг (вимочування) та 46,5 мг/кг (відварювання); для буряка – 22,0 мг/кг, 29,6 мг/кг та 66,3 мг/кг відповідно.

ПРОПОЗИЦІЇ

Проведені дослідження дозволяють надати об’єктивну інформацію населенню щодо якості та безпечності рослинної продукції з точки зору вмісту нітратів. Отримані результати можуть стати основою для використання у практиці соціально-гігієнічного моніторингу та контролю за станом харчових продуктів рослинного походження.

.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балабак А.В. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у продуктах харчування. Збірник студентських наукових праць УНУС. 2022. С. 7 9.

2. Балабак А. В., Зерник О. О., Стрелков Б. М. Екологічні проблеми сучасності. VIII Міжнародна науково-практична онлайн-конференція «Філософія саду і садівництва в світовій культурі: джерела та новітні інтерпретації». Умань. 2025. С.

3. ДСТУ 4948:2008 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів».

4. Загальні відомості про Уманський район. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ck-oda.gov.ua/umanskyj-rajon/

5. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи з екології. Накопичення нітратів у рослинній продукції. Харків. 2014. 20 с.

6. Панченко Т.І., Мандебура С.В. Оцінка вмісту нітратів в продуктах рослинного походження. [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16729/2716.pdf?sequence=3&isAllowed=y

7. Alhasawi A., Legendre F., Jagadeesan S., Appanna V., Appanna V. Microbial Diversity in the Genomic Era. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2019. Chapter 10-Biochemical strategies to counter nitrosative stress: Nanofactories for value-added products. P. 153–169.

8. Aschebrook-Kilfoy B., Shu X.O., Gao Y.T., Ji B.T., Yang G., Li H.L., Ward M.H. Thyroid cancer risk and dietary nitrate and nitrite intake in the Shanghai women's health study. Int. J. Cancer. 2013. 132. P. 897–904.

9. Bastide N.M., Chenni F., Audebert M., Santarelli R.L., Taché S., Naud N., Kuhnle G.G. A central role for heme iron in colon carcinogenesis associated with red meat intake. Cancer Res. 2015. 75. P. 870–879.

10. Bryan N.S., Ivy J.L. Inorganic nitrite and nitrate: Evidence to support consideration as dietary nutrients. Nutr. Res. 2015. 35. P. 643–654.

11. EFSA Nitrate in vegetables. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA J. 2008. 689. P. 1–79.

12. Hord N.G., Tang Y., Bryan N.S. Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits. Am. J. Clin. Nutr. 2009. 90. P. 1–10.

13. Hu J., Mao Y., White K. Diet and vitamin or mineral supplements and risk of renal cell carcinoma in Canada. Cancer Causes Control. 2003. 14. P. 705–714.

14. Ignarro L.J., Byrns R.E., Sumi D., de Nigris F., Napoli C. Pomegranate juice protects nitric oxide against oxidative destruction and enhances the biological actions of nitric oxide. Nitric Oxide. 2006. 15. P. 93–102.

15. J., Stuff J., Tang H., Hassan M.M., Daniel C.R., Li D. Dietary N-nitroso compounds and risk of pancreatic cancer: Results from a large case–control study. Carcinogenesis. 2018. 40. P. 254–262.

16. Griesenbeck J.S., Steck M.D., Huber J.C., Sharkey J.R., Rene A.A., Brender J.D. Development of estimates of dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines for use with the Short Willet Food Frequency Questionnaire. Nutr. J. 2009. 8. 16 p.

17. Ding Z., Johanningsmeier S.D., Price R., Reynolds R., Truong V.-D., Payton S.C., Breidt F. Evolution of nitrate and nitrite content in pickled fruit and vegetable products. Food Control. 2018. 90. P. 304–311.

18. Larsson K., Darnerud P.O., Ilbäck N.G., Merino L. Estimated dietary intake of nitrite and nitrate in Swedish children. Food Addit. Contam. Part A. 2011. 28. P. 659–666.

19. Leaf C.D., Wishnok J.S., Tannenbaum S.R. L-arginine is a precursor for nitrate biosynthesis in humans. Bioch. Bioph. Res. Commun. 1989. 163. P. 1032–1037.

20. Linsha Ma, Liang Hu, Xiaoyu Feng, Songlin Wang. Nitrate and Nitrite in Health and Disease. Aging and disease. 2018, Vol. 9, Issue (5). P. 938-945.

21. Lucarini M., D'Evoli L., Tufi S., Gabrielli P., Paoletti S., Di Ferdinando S., Lombardi-Boccia G. Influence of growing system on nitrate accumulation in two varieties of lettuce and red radicchio of Treviso. J. Sci. Food Agric. 2012. 92. P. 2796–2799.

22. Lundberg J.O., Govoni M. Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. Free Rad. Biol. Med. 2004. 37. P. 395–400.

23. Lundberg J.O., Weitzberg E., Gladwin M.T. The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. Nat. Rev. Drug Discov. 2008. 7. 156 p.

24. Lunn J.C., Kuhnle G., Mai V., Frankenfeld C., Shuker D.E.G., Glen R.C., Bingham S.A. The effect of haem in red and processed meat on the endogenous formation of N-nitroso compounds in the upper gastrointestinal tract. Carcinogenesis. 2007. 28. P. 685–690.

25. Ma L., Hu L., Feng X., Wang S. Nitrate and nitrite in health and disease. Aging Dis. 2018. 9. P. 938.

26. Merino L., Darnerud P.O., Toldrá F., Ilbäck N.-G. Time-dependent depletion of nitrite in pork/beef and chicken meat products and its effect on nitrite intake estimation. Food Additiv. Contam. 2016. 33. P. 186–192.

27. Nuñez de González M.T., Osburn W.N., Hardin M.D., Longnecker M., Garg H.K., Bryan N.S., Keeton J.T. A Survey of nitrate and nitrite concentrations in conventional and organic-labeled raw vegetables at retail. J. Food Sci. 2015. 80 P. 942–949.

28. Roila R., Branciari R., Staccini B., Ranucci D., Miraglia D., Altissimo M.S., Mercuri M.L., Haouet N.M. Contribution of vegetables and cured meat to dietary nitrate and nitrite intake in Italian population: Safe level for cured meat and controversial role of vegetables. Italian J. Food Saf. 2018. 7.7692 p.

29. Pacher P., Beckman J.S., Liaudet L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. Physiol. Rev. 2007. 87 P. 315–424.

30. Prasad S., Chetty A.A. Flow injection assessment of nitrate contents in fresh and cooked fruits and vegetables grown in Fiji. J. Food Sci. 2011. 76. P. 1143–1148.

31. Qu X.M., Wu Z.F., Pang B.X., Jin L.Y., Qin L.Z., Wang S.L. From nitrate to nitric oxide: The role of salivary glands and oral bacteria. J. Den. Res. 2016. 95. P. 1452–1456.

32. Rassaf T., Flögel U., Drexhage C., Hendgen-Cotta U., Kelm M., Schrader J. Nitrite reductase function of deoxymyoglobin: Oxygen sensor and regulator of cardiac energetics and function. Circ. Res. 2007. 100. P. 1749–1754.

33. Sindelar J.J., Milkowski A.L. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. Nitric Oxide. 2012. 26. P. 259–266.

34. Song P., Wu L., Guan W. Dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines intake and the risk of gastric cancer: A meta-analysis. Nutrients. 2015. 7. P. 9872–9895.

35. Temme E.H.M., Vandevijvere S., Vinkx C., Huybrechts I., Goeyens L., Van Oyen H. Average daily nitrate and nitrite intake in the Belgian population older than 15 years. Food Addit. Contam. Part A. 2011. 28. P. 1193–1204.

36. Van Faassen E.E., Bahrami S., Feelisch M., Hogg N., Kelm M., Kim-Shapiro D.B., Nohl H. Nitrite as regulator of hypoxic signaling in mammalian physiology. Med. Res. Rev. 2009. 29. P. 683–741.

37. Van Hecke T., Vossen E., Hemeryck L.Y., Bussche J.V., Vanhaecke L., De Smet S. Increased oxidative and nitrosative reactions during digestion could contribute to the association between well-done red meat consumption and colorectal cancer. Food Chem. 2015. Volume 187. P. 29–36.

38. Ward M.H., Jones R.R., Brender J.D., De Kok T.M., Weyer P.J., Nolan B.T., Villanueva C.M., Van Breda S.G. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018. Volume 1. 1557 p.

39. White P.J., Charbonneau A., Cooney G.J., Marette A. Nitrosative modifications of protein and lipid signaling molecules by reactive nitrogen species. Am. J. Physiol. 2010. Volume 299. P. 868–878.

40. WHO. Nitrate and Nitrite in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. WHO; Geneva, Switzerland: 2016.

41. World Health Organization . Nitrate and Nitrite in Drinking Water Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2007. P. 1–21.

ДОДАТКИ