



KAPITEL 1 / CHAPTER 1¹

FORMULATION OF SAFE PRODUCTS FROM FRUIT AND VEGETABLES RAW MATERIALS FOR HEALTHY NUTRITION

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-30-00-018

Вступ

Застосування в агропромисловому секторі сучасних добрив та засобів захисту рослин, накопичення токсичних відходів у повітрі, воді і ґрунті призводять до погіршення стану природного середовища – основи для формування якості плодоовочевої рослинної сировини. В зв'язку з цим одним із наслідків забруднення довкілля є зростання вимог до якості та безпечності плодоовочевої сировини та отриманої із неї харчової продукції. Перспективним напрямом розвитку виробництва харчових продуктів є контроль та забезпечення якості рослинної сировини та розробка на її основі технологій продуктів оздоровчого спрямування, які крім визначеного функціонального призначення повинні бути екологічно чистими та безпечними для людини.

Виробництво безпечних і якісних продуктів оздоровчого харчування наразі знаходиться в центрі уваги широкого кола фахівців, що займаються розробкою технологій продуктів з плодів та овочів і визначенням критеріїв оцінки їх якості та безпеки. На сьогодні актуальним стає завдання контролю, регулювання та оптимізації вмісту біологічно активних речовин (БАР) рослин, що беруть участь в обмінних процесах і є чинниками нейтралізації і виведення шкідливих контамінантів із клітин організму людини. Найнебезпечнішими серед контамінантів є солі важких металів, нітрати, радіонукліди, пестициди, мікотоксини, які накопичуються в рослинній сировині на різних етапах її росту та агротехнологічної переробки. Шкідливі речовини, що потрапляють з плодами та овочами в організм людини, інкорпорується в клітинні структури та порушують природні обмінні процеси, приводячи до важких захворювань.

Тому актуальним завданням є розробка технологій та істотне збільшення виробництва харчових продуктів на основі рослинної сировини, що багата БАР -

¹*Authors: Seliutina Halyna Anatolyivna*



природними захисними факторами (мінеральними елементами, поліфенолами, антоціановими речовинами, антимікробними речовинами). Перспективною сировиною є коренеплоди редьки – традиційна для України дешева сировина, яка поки не знайшла належного застосування в харчовій промисловості. Інтенсивні агротехнології та екологічні чинники сприяють накопиченню у коренеплодах редьки шкідливих речовин, а відсутність ефективних технологій переробки не дозволяють одержати безпечні продукти високої якості. Тому актуальною є розробка технологій отримання продуктів із редьки високої якості та рівня безпеки з метою подальшого впровадження в виробництво доступних за ціною продуктів оздоровчого спрямування.

1.1. Формування уявлень про безпечність харчових продуктів та оцінка ризику небезпеки харчування

Безпечність харчового продукту характеризує його стан, який є результатом діяльності з виробництва та обігу, що здійснюється з дотриманням вимог, встановлених санітарними заходами або технічними регламентами, та забезпечує впевненість у тому, що харчовий продукт не завдасть шкоди здоров'ю людини, якщо він спожитий за призначенням [1].

До 80-х років ХХ ст. розвиток харчової токсикології базувався на беззастережному уявленні, що традиційні види харчових продуктів, які одержані з незабрудненої натуральної сировини, особливо, рослинного походження, є доброякісними і нетоксичними для людини. Непорушність такого уявлення спиралось на багатовіковий досвід «практичної» харчової токсикології, основним інструментом якої був метод спроб і помилок. У певній мірі цей погляд вплинув на розвиток досліджень і методологію харчової токсикології. Протягом тривалого часу головним завданням харчової токсикології була оцінка функціонального стану і морфологічних змін організму людини в умовах дії харчових компонентів або продуктів [2].



Наприкінці ХХ ст. сформувалось уявлення про те, що абсолютно нешкідливих харчових продуктів не існує. Адже всі продукти рослинного походження містять, так звані, продукти вторинного обміну рослин, до яких відносять глікозиди, алкалоїди, флавоноїди, терпеноїди, органічні кислоти. Вивчення складної і тонко організованої взаємодії між рослинами і тваринами призвело до відкриття, що присутність в рослинах токсичних продуктів вторинного обміну є способом захисту від вторгнення інших рослин у зону їх зростання, а також попереджає поїдання їх тваринами. Було встановлено, що рослини створюють навколо себе зони токсичності, гальмуючи в їх межах розвиток інших рослин. Таке явище одержало назву алелопатії. Доведено, що синтез токсинів спостерігається у багатьох культурних рослин, як зернових, так і овочевих. Іноді харчові продукти рослинного походження можуть накопичувати токсичні речовини в концентраціях, які викликають специфічні отруєння – харчові токсикози. Так, алкалоїд соланін, присутній в усіх сортах картоплі, здатен накопичуватись в ній і викликати навіть смертельні отруєння у разі позеленіння бульб під дією сонячних променів або внаслідок проростання картоплі.

Давно відома токсична дія ціаногенних глікозидів, які містяться в ядрах кісточкових плодів. У літературі описані випадки отруєнь при вживанні ядер абрикосів, вишень та слив, а також наливки, які протягом кількох років настоювались разом з кісточками і накопичили значну кількість синильної кислоти [3].

Низка продуктів рослинного походження містять токсичні білки, наприклад, рицин у рицині, інгібітори трипсину в бобових. Близько 40 видів рослинних продуктів (соєві боби, морква, капуста, горох, рис, соняшникова олія) містять, так звані, фітоестрогени. Надходження до організму сполук естрогенної будови може сприяти виникненню гормональних реакцій, впливаючи навіть на репродуктивну функцію [4].

У кінці ХХ століття в продуктах рослинного походження відкрито багато токсичних сполук, які відносяться до класу фенолів або похідних вуглеводів



відносно простої будови. Описана токсичність щавлевої кислоти, що міститься у щавлі, шпинаті, салаті, ревені, баклажанах. Вважають, що щавлева кислота гальмує кінцевий етап процесу тканинного дихання в дихальному ланцюзі, інгібуючи фермент сукцинатдегідрогеназу. Встановлено, що пряму небезпеку становлять рослини, які містять понад 10% щавлевої кислоти на суху масу.

У кінці ХХ століття відкрито, що низка продуктів містять пресорні аміни, які сприяють підвищенню артеріального тиску крові. Такі продукти, як петрушка, морква, мускатний горіх містять галюциноген міристицин [5].

Розвиток харчової токсикології пов'язаний також із всезростаючою кількістю потенційно небезпечних хімічних сполук, які виробляє для господарчих потреб промисловість. У наш час загальна кількість відомих людині хімічних речовин сягає 6 мільйонів. Багато з них різними шляхами потрапляють до харчових продуктів (пестициди, нітрати, нітроти, токсичні елементи, антибіотики, гормони, харчові добавки тощо) [3]. Наведені дані дають можливість ще раз свідчити про помилковість уявлень щодо безпеки харчових продуктів і добавок рослинного походження [6]. Класифікація токсичних компонентів харчових продуктів наведена на рис. 1.1.

Розвиток науки привів до висновку, що абсолютно безпечних продуктів у природі не існує, оскільки не існує жодного компонента харчових продуктів, який не був би безпечним для тієї чи іншої частини населення. Такий підхід дав змогу сформулювати поняття ризику та його оцінку.

Оцінка ризику включає три основних критерії: важкість небезпеки, частоту та час появи ефекту. Важкість небезпеки може коливатися від слабо вираженої, що проявляється тимчасовим дискомфортом, до більш серйозних, але зворотних ефектів, і, врешті решт, до незворотних наслідків, включаючи смерть. Частота появи небезпеки обчислюється кількістю випадків або інтенсивністю виникнення даного ефекту. Час появи небезпеки зумовлює час виникнення ефекту з моменту дії небезпеки і може змінюватися від раптової появи ефекту до віддалених наслідків [7].

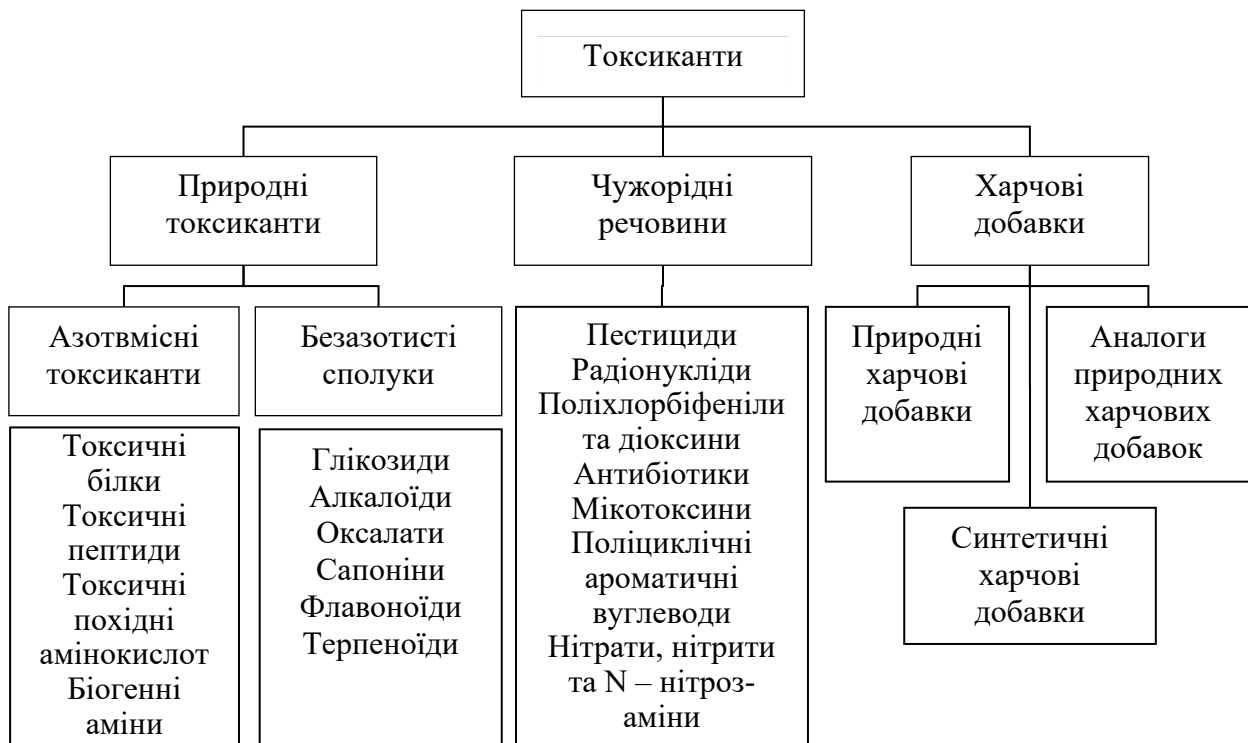


Рис. 1.1 - Класифікація токсикантів хімічного походження в харчових продуктах

Прийняття поняття ризику та його оцінки зумовили необхідність розробки допустимих рівнів шкідливих речовин у харчових продуктах. У 70-х роках ХХ століття під егідою ФАО/ВООЗ була створена міжнародна програма розробки стандартів харчових продуктів. Головним її органом стала комісія «Кодекс Аліментаріус», членами, якої стали 117 країн світу. У результаті роботи комісії створені 18 томів, які містять близько 200 міжнародних стандартів на харчові продукти. У цей же період були розроблені державні стандарти на харчові продукти та на харчові добавки.

Все більшого значення набуває удосконалення програми токсиколого - гігієнічного обґрунтування безпечності харчових продуктів. Адже можливий негативний вплив на здоров'я людини не лише забруднювачів харчових продуктів, а й змінених характеристик самих продуктів харчування. Відомо, що традиційна харчова токсикологія базується на дослідженні значень обмеженої кількості фізіологічних, біохімічних та гігієнічних показників в умовах дії спожитої дози токсиканта [7, 8].



Таким чином, у ХХ ст. харчова токсикологія досягла значного розвитку. В основу її було покладено широке уявлення про тенденції токсичності харчових продуктів, сформульовано поняття безпечності харчових продуктів, дано характеристику ризику та його оцінки, розроблено гранично допустимі рівні токсикантів у харчових продуктах та високочутливі методи їх визначення. До досягнень харчової токсикології в ХХ ст. слід віднести також пояснення механізмів токсичності хімічних сполук природного та антропогенного походження [9].

1.2. Характеристика токсичних речовин, джерел їх потрапляння та умов накопичення у харчових продуктах

У сільськогосподарській сировині та харчовій продукції певною мірою накопичуються токсичні речовини, які об'єднують у такі групи: нітрати, пестициди, важкі метали, радіонукліди і мікотоксини. Зазначені види токсичних речовин мають різну хімічну природу, джерела потрапляння та умови накопичення у харчових продуктах. Визначення їх особливостей впливатиме на розробку ефективних технологій очищення овочевої сировини та створення безпечних і якісних продуктів харчування на їх основі.

Характеристика нітратів

Нітрати – це солі азотної кислоти, що є найбільш поширеною речовиною у природі. Навантаження нітратів на організм людини стало помітно зростати останнім часом. Ця проблема з'явилась внаслідок хімізації сільськогосподарства, застосування мінеральних добрив з наявністю азоту (калієва селітра KNO_3 , натрієва селітра $NaNO_3$, аміачна селітра NH_4NO_3) для підвищення врожаїв сільськогосподарських культур. Накопичення в сировині та продуктах великі кількості нітратів є небезпечними для здоров'я людини. Людина порівняно легко переносить дозу 150-200 мг нітратів за добу, 500 мг вважається гранично допустимою дозою, а 600 мг за добу – доза, токсична для дорослої



людини, для грудних дітей токсичною є доза 10 мг за добу.

Головним чинником, що призводить до підвищеного накопичення нітратів, є нераціональне застосування азотних добрив, порушення агротехніки обробки сільськогосподарських культур тощо. Однак підвищений вміст нітратів у рослинах може бути зумовлений не тільки застосуванням великих доз азотних добрив, а також низкою інших чинників, які пов'язані із метаболізмом нітрогеновмісних сполук. Такими чинниками є співвідношення різних поживних речовин у ґрунті, освітлення, температура, вологість та ін. Чинники, що гальмують процес фотосинтезу, сповільнюють швидкість відновлення нітратів є включення їх до складу білків. Причиною підвищеного вмісту нітратів у овочах, вирощених під плівкою чи в теплицях за великої загущеності посіву, є нестача світла. Тому рослини з підвищеною здатністю акумулювати нітрати не слід вирощувати в затемнених місцях, наприклад у садах. Відомо, що вирощені на відкритому ґрунті овочі в період великої тривалості світлового дня, мають вищу харчову цінність, ніж вирощені в закритому ґрунті чи наприкінці літа, коли тривалість світлового дня менша. Краще освітлення і велика кількість сонячного світла сприяють асиміляції нітрогену з ґрунту, що зумовлює зниження вмісту нітратів у рослинах. Підвищення температури і вологості повітря також сприяють збільшенню активності нітритредуктази – НАДФН, що сприяє зниженню вмісту нітратів у плодах і овочах. На концентрацію нітратів у рослинах впливають і терміни збирання врожаю. Так, збільшення тривалості вегетації у весняний період позитивно позначається на зниженні вмісту нітратів у овочах [10].

Як свідчить практика, вміст нітратів у рослинних продуктах нерідко перевищує допустимі рівні. Це служить підставою для визначення шляхів їх правильного використання. Кількість нітратів в рослинах залежить від їх біологічних особливостей. В овочах найбільша кількість нітратів знаходиться в зелені (петрушки, кропу, салату та ін.), коренеплодах (редиски, буряка, моркви). Порівняно мало нітратів накопичується в помідорах та картоплі. Між цими двома групами овочів проміжне місце займають огірки та капуста. Ранні овочі вмістять



нітратів більше, ніж пізні. Як правило, концентрація нітратів в тепличних овочах більша, ніж в овочах відкритого ґрунту. Відносно мало нітратів накопичується у фруктах та ягодах. Дослідження показують, що вміст нітратів в рослинних продуктах розподіляється нерівномірно. Так, наприклад, кількість нітратів в листях петрушки, укропу на 50...60% нижча, ніж в стеблах; кількість нітратів в верхній частині моркви на 80% менша, ніж у внутрішній. В огірках, редисці, навпаки, поверхневий шар вмістить на 70% нітратів більше, ніж внутрішній [10].

Характеристика пестицидів

Пестициди – це загальне найменування всіх хімічних сполук, що застосовуються в сільському господарстві для захисту культурних рослин від шкідливих організмів (*англ.* *pestis* – паразити, *cide* – знищувати). Основною сферою їх застосування є рослинництво. У всьому світі в середньому за рік застосовується близько 3,2 млн т гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів (у середньому по 0,5 кг на жителя планети). Нині у світі як пестициди використовуються близько 900 активних сполук, що входять до складу 60 тис. препаратів. Розрізняють наступні групи пестицидів:

– *хлорорганічні пестициди (ХОП)* застосовують як акарициди, інсектициди, фунгіциди. Вони зберігаються в оброблених рослинах до кількох місяців, в ґрунті – до десяти років. Під час вимивання ґрунтів опадами або підземними водами ХОП потрапляють до водойм і тривалий час зберігаються в них. Серед хлорорганічних пестицидів сильнодіючими отруйними речовинами є: хлор-суміш, гама-ізомер гексахлорану; високотоксичними – дихлоретан, гексахлорбутадиєн, тіодан, поліхлоркамфен; середньотоксичними – ДДТ, ДДД, поліхлорпірен, поліхлорбутан. Більшість із них мають виражені кумулятивні властивості з гонадотоксичною, мутагенною, канцерогенною дією.

– *фосфорорганічні сполуки (ФОС)* – токсичні високоліпідотропні речовини, які накопичуються в печінці, головному мозку, м'язах, жировій тканині. В організмі тварин ФОС можуть перетворюватися на найтоксичніші тіолові метаболіти. Нині близько 30 препаратів – інсектициди і акарициди – застосовують у рослинництві (хлорофос, метафос, карбофос, діофос, ціодрин,



діазінон).

– *карбонатні пестициди* – похідні карбамінової, тіокарбамінової кислот, широко використовують як активні інсектоакарициди (севін, байгон, алкілсевін, дикрезил, бентіокарб, полікарбацин тощо), фунгіциди (цинеб, цирон, карботіон, бвноміл, ентракол, манеб тощо), нематоциди (карботіон тощо), гербіциди (ялан, карботіон, бетанал, тріалат, хлор ІФК). Більшість карбаматів є токсичними препаратами, а деякі з них мають ембріотоксичну і гонадотоксичну дію та кумулятивні властивості.

– *меркурійорганічні пестициди (МОП)* – сильнодіючі отруйні речовини чи високотоксичні препарати для людини, які використовуються обмежено – лише для оброблення насіння в боротьбі з бактеріальними і грибними захворюваннями. Небезпека цих препаратів для людини пов'язана не тільки з їхньою високою токсичністю, а й із леткістю, внаслідок якої пари меркурію утворюються за кімнатної та нижчої температур, що може призвести до тяжких отруєнь.

Пестицидне навантаження на людину в різних країнах різне залежно від асортименту споживаних продуктів, застосовуваної системи захисту рослин і регламентування вмісту пестицидів у харчових продуктах. Допустимі залишки пестицидів у продуктах – це офіційно дозволена нешкідлива кількість залишків пестицидів (в мг/кг) у тому чи іншому продукті. Надходження з їжею гранично допустимих залишкових кількостей пестицидів зазвичай не призводить до гострих отруєнь. Воно проявляється розтягнутою у часі хронічною дією зі слабко вираженою етіологією або практично не проявляється. Безпосередній контакт з пестицидними препаратами, споживання продукції з їх високим вмістом може стати причиною гострих отруєнь і навіть загибелі людей.

В Україні з числа досліджуваних 1200 проб овочів і фруктів у 25 виявлені залишкові кількості ДДТ, у 7 – ГХЦГ, у 8 – рогор. Тому організація постійного контролю за вмістом пестицидів у продуктах харчування є актуальною й для вирішення цієї проблеми в Україні діє Закон «Про пестициди і агрохімікати» (від 2.03.1995 р.), який регулює правові відносини, пов'язані з державною реєстрацією, виробництвом, закупівлею, транспортуванням, зберіганням,



реалізацією та безпечним для здоров'я людини і довкілля застосуванням пестицидів і агрохімікатів, визначає права й обов'язки підприємств, установ, організацій і громадян, а також повноваження органів державної виконавчої влади і посадових осіб у цій сфері [11].

Характеристика важких металів

Важкі метали відносяться до забруднюючих речовин, спостереження за якими обов'язкове у всіх середовищах. Солі важких металів крізь ґрунт, повітря, воду потрапляють у рослини, частини яких використовуються як продовольча сировина та продукти харчування. З харчовими продуктами до організму людини надходить майже 70 важких металів, в основному мікроелементів. Усі вони можуть проявляти токсичність, якщо споживаються в надлишкових кількостях. Налічується 20 токсичних важких металів, але вони неоднаковою мірою токсичні. Їх поділяють на три класи небезпечності:

- 1) високої токсичності (найнебезпечніші) – кадмій, меркурій, нікель, плумбум, кобальт, арсен;
- 2) помірної токсичності – купрум, цинк, манган;
- 3) інші токсичні важкі метали.

Треба зазначити, що плумбум і кадмій потенційно канцерогенні. Харчові продукти і продовольча сировина контролюються на вміст лише кадмію, купруму, меркурію, плумбуму, цинку, стануму, арсену і феруму.

Крім того, токсичність металів проявляється під час їхньої взаємодії один з одним. У деяких країнах (США, Німеччина, Фінляндія) на підставі сучасних досліджень дії важких металів на організм людини добові норми переглядають і навіть збільшують. Наприклад, у США добова норма споживання селену становить 10 мг (в Україні – 0,5 мг), що пояснюється його блокувальною дією щодо шкідливих і канцерогенних важких металів: кадмію, меркурію, плумбуму.

За класифікацією Н. Реймерса, важкими слід вважати метали з густиною більше 8 г/см³. Таким чином, до важких металів відносяться Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg [12].

Сполуки меркурію (Hg) належать до найнебезпечніших забруднювачів



біосфери. Великі кількості цих сполук містяться у стоках хімічних заводів (підприємств, які виробляють натрію гідроксид, ацетальдегід), паперових і целюлозних виробництв, у продуктах спалювання кам'яного вугілля. Щороку в результаті спалювання кам'яного вугілля в атмосферу планети викидається близько 3000 т меркурію. Сполуки меркурію є діючою речовиною багатьох пестицидів, які використовуються для протравлення насіння рослин, а також для виробництва деяких лікарських препаратів, що використовуються в тваринництві. У ґрунті сполуки меркурію містяться у вигляді менш токсичного меркурію сульфуристого або можуть вноситися в нього з протравленим насінням (гранозан, агрозан, агронал, меркургексан тощо). В основних харчових продуктах вміст меркурію менший, ніж 60 мкг на 1 кг продукту. Токсична небезпека меркурію виражається у взаємодії з SH-групами білків. Блокуючи їх, меркурій змінює біологічні властивості тканинних білків та інактивує низку гідролітичних і окисних ферментів. Меркурій, який проникнув у клітину, може включитися в структуру ДНК, що позначається на спадковості людини. Органічні сполуки меркурію – стійкі речовини з кумулятивними властивостями. В організмі людини період їх напіврозпаду становить 70 днів. Метил меркурій та інші алкільні сполуки характеризуються ембріотоксичною і мутагенною дією. Перевірці на вміст меркурію мають піддаватися всі продукти у тих випадках, коли є підозра у неблагополучній екологічній ситуації [12].

Цинк (Zn) є компонентом ряду ферментних систем, що необхідний для утворення дихальних ферментів-цитохромів А і Б, цитохромоксидази (активність якої різко падає при недостатності цинку). Цинк пов'язаний з перетворенням сполук, що містять сульфгідрильну групу, функція яких полягає у регулюванні рівня окисно-відновлювального потенціалу в клітинах. При нестачі цинку у вакуолях кліток нагромаджуються поліфеноли, фітостерін, лецитин як продукти неповного окислення вуглеводів і білків; у листі спостерігається більше редуруючих цукрів і фосфору і менше сахарози та крохмалю. За відсутності цинку порушується процес фосфорилування глюкози та значного зменшення в рослинах ростового гормону – ауксину. Цинк –



складовий компонент ферменту карбоангидрази. Входячи до складу карбоангидрази, цинк впливає на найважливішу фотохімічну реакцію утилізації вуглекислого газу рослинами і на процес виділення CO₂, тобто на процес дихання рослин.

Світове виробництво арсену (миш'яку – Ar) становить приблизно 50 тис. т на рік. Останнім часом виробництво арсену кожні десять років зростає на 25%. Основну небезпеку становить техногенне забруднення довкілля сполуками арсену навколо мідеплавильних заводів, підприємств, які переробляють кольорові метали, спалюють буре вугілля. Арсен використовують у виробництві барвників, скла й емалей. Внаслідок великого поширення в довкіллі та використання в сільському господарстві арсен наявний у більшості харчових продуктів. Зазвичай його вміст у харчових продуктах низький – менш як 0,5 мг/кг і зрідка перевищує 1 мг/кг, за винятком деяких морських організмів, що мають здатність акумулювати цей елемент. Крім гострого і хронічного токсичного впливу, сполуки арсену мають канцерогенну дію. Людина з різних джерел отримує щоденно приблизно 0,1 мг/кг арсену, що близько до максимально допустимого рівня. За підвищення концентрації арсену існує небезпека інтоксикації, оскільки його сполуки мають високу кумуляцію.

Кобальт (Co) постійно присутній в тканинах рослин. Кобальт бере участь в обмінних процесах. У живому організмі його вміст залежить від його рівня в рослинах і ґрунтах. Концентрація кобальту в рослинах в середньому складає 2,2...4,5·10⁻⁵% на суху речовину. У мікродозах кобальт є необхідним елементом для нормальної життєдіяльності багатьох рослин і тварин. Разом з тим підвищені концентрації сполук кобальту є токсичними.

Кадмій (Cd) – один із найнебезпечніших токсикантів зовнішнього середовища. У природному середовищі кадмій зустрічається в дуже малих кількостях, саме тому його отруйна дія була виявлена лише недавно. Сполуки кадмію в невеликих кількостях (0,1 мг/кг) містяться в ґрунті, багатьох продуктах, мінеральних добривах, деяких фунгіцидах. Найбільше кадмію надходить з рослинною їжею. Кадмій легко переходить із ґрунту в рослини, останні



поглинають до 70% його з ґрунту і лише 30% – із повітря. В окремих продуктах, досліджених у США, Австралії, Великій Британії, країнах СНД, виявлено такі кількості кадмію (мкг/кг): у хлібі – 2...4,3, зернових – 28...05, горосі – 15...19, квасолі – 5...12, картоплі – 12...50, капусти – 2...26, помідорах – 10...30, салаті – 23, фруктах – 9...42, рослинній олії – 10...50, цукрі – 5...13, яблуках – 2...19. Експерти ФАО вважають, що доросла людина з раціоном отримує 30...150 мкг кадмію на добу, причому в Європі – 30...60 мкг, в Японії – 30...100 мкг, у кадмієвих геохімічних районах – близько 300 мкг.

Кількість кадмію, що потрапляє до організму людини, залежить не тільки від споживання нею кадмієвмісних харчових продуктів, а й великою мірою від якості її дієти. Зокрема ферум може суттєво змінити акумуляцію кадмію. Достатня кількість феруму в крові, очевидно, гальмує його акумуляцію. Крім того, великі дози вітаміну D діють як протитотрута під час отруєння кадмієм. ВООЗ вважає максимально допустимою величину надходження кадмію для дорослих людей 500 мкг на тиждень [12].

У довкіллі підвищений вміст п्लюмбуму (свинцю – Pb) пов'язаний головним чином з техногенним забрудненням повітря, ґрунту, води. Джерела забруднення – енергетичні установки, які працюють на вугіллі, рідкому паливі, двигуни внутрішнього згорання, пальне з антидетонатором – тетраетилплюмбумом. Промислові викиди, вихлопні гази двигунів потрапляють на ґрунт, траву, що призводить до збільшення п्लюмбуму в кормових рослинах у десятки разів. Плюмбум міститься в мікрокількостях майже повсюдно. У ґрунтах зазвичай його міститься від 2 до 200 мг/кг. У радіусі кількох кілометрів від підприємств, які переробляють п्लюмбум, концентрація цього металу в деяких овочах і фруктах коливається в межах (мг/кг): у помідорах – 0,6...1,2, огірках – 0,7...1,1, у перці – 1,5...4,5, баклажанах – 0,5...0,75, картоплі – 0,7...1,5. У різних сортах винограду кількість п्लюмбуму в цих районах досягає 1,8...3,8 мг/кг. Вміст його в пшениці і горосі коливається від 20 до 22 мг/кг, а в зеленій і сухій рослинній масі, які використовують як фураж, його вміст становить відповідно близько 60 і 36 мг/кг відповідно. Годівля сільськогосподарських тварин таким фуражем становить



серйозну небезпеку через забруднення плюмбумом молока і м'яса цих тварин. Частина плюмбуму, що потрапляє в організм тварин, виводиться з молоком і до 95% відкладається в кістках. Пестициди, що містять плюмбум, можуть збільшити вміст останнього у фруктах і овочах, а за досить тривалого використання таких пестицидів плюмбум надходить у продукти безпосередньо із забрудненого ґрунту. За даними ВООЗ, тривалий вплив плюмбуму за його концентрації в крові понад 70 мкг/мл може призвести до хронічної незворотної нефропатії. Експерти ФАО і ВООЗ встановили величину максимально допустимого надходження плюмбуму для дорослої людини – 3 мг на тиждень [13].

Купрум (мідь - Cu) міститься майже в усіх харчових продуктах. Добова потреба дорослої людини у купрумі становить 2...2,5 мг, тобто 35...40 мкг/кг маси тіла, дітей – 80 мкг/кг. Однак за нормального вмісту в їжі молібдену і цинку – фізіологічних антагоністів купруму, за оцінкою експертів ФАО, добове споживання останнього може становити не більше 0,5 мг/кг маси тіла (до 30 мг у раціоні).

Споживання в їжу великої кількості солей купруму спричиняє токсичні ефекти у людей і тварин, зазвичай зворотні. Під час випадкового потрапляння великих кількостей купруму в організм людей, які обробляють виноградники бордоською сумішшю, виявляються симптоми ураження легень, які гістологічно нагадують силікоз. Деякі автори зазначають взаємозв'язок між розвитком раку легень і нагромадженням купруму. Летальною для організму людини є концентрація купруму 0,175...0,250 г/добу. Гігієнічними вимогами до якості і безпеки продовольчої сировини й харчових продуктів передбачається обов'язковий контроль за вмістом купруму в харчовій продукції.

Характеристика радіонуклідів

Способи надходження радіонуклідів до організму людини з їжею досить складні і різноманітні. Розрізняють поверхневе (повітряне) і структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами. Під час поверхневого забруднення радіоактивні речовини, що переносяться повітряним середовищем, осідають на поверхні продуктів, частково проникаючи всередину рослинної



тканини. Ефективніше радіоактивні речовини утримуються на рослинах із ворсистим покривом і розгалуженою наземною частиною, у складках листя і суцвіттях. Затримуються не тільки розчинні форми радіоактивних сполук, а й нерозчинні. Однак поверхнєве забруднення порівняно легко видаляється навіть через кілька тижнів. Структурне забруднення радіонуклідами зумовлено фізико-хімічними властивостями радіоактивних речовин, складом ґрунту, фізіологічними особливостями рослин. Радіонукліди, що випали на поверхні ґрунту, упродовж багатьох років залишаються в його верхньому шарі, постійно мігруючи на кілька сантиметрів за рік у глибші шари. Це надалі призводить до їх накопичення в більшості рослин з добре розвинутою і глибокою кореневою системою.

Рослини за ступенем нагромадження радіоактивних речовин розташовуються в такій послідовності: тютюн (листя) > буряк (коренеплоди) > картопля (бульбоплоди) > пшениця (зерно) > природна трав'яна рослинність (листя і стебла). Найшвидше із ґрунту в рослини надходить стронцій-90, стронцій-89, йод-131, барій-140 і цезій-137. Сумарна радіоактивність рослин удесятеро вища, ніж тканин тварин.

Найбільш поширеними радіоактивними речовинами є стронцій-90 та цезій-137. Період напіврозпаду стронцій-90 складає 29 років. При потраплянні до організму його концентрація в крові вже через 15 хвилин досягає значної величини, а в цілому цей процес завершується через 5 годин. Стронцій вибірково накопичується насамперед у кістках і опромінюванню піддаються кісткова тканина, кістковий мозок, кровотворна система. Внаслідок цього розвивається анемія, звана в народі «недокрів'ям». Дослідження показали, що радіоактивний стронцій може знаходитися і в кістках новонароджених. Через плаценту він проходить в перебігу всього періоду вагітності, причому в останній місяць перед народженням в скелеті його накопичується стільки ж, скільки акумулювалося за всі попередні вісім місяців. Біологічний період напіввиведення стронцію зі скелету складає понад 30 роки [13].

Після стронцію-90 цезій-137 є найнебезпечнішим радіонуклідом для



людини. Він добре накопичується рослинами і, потрапляючи в харчові продукти, швидко всмоктується в шлунково-кишковому тракті. Цезій-137 – довгоживучий радіонуклід, період його напіврозпаду складає 30 років. До 80% цезію відкладається в м'язовій тканині. Радіація вражає імунну систему, послаблює опірність організму несприятливим факторам зовнішнього середовища, що виявляється в його слабкості і підвищеній схильності до захворювань. Біологічні процеси ефективно впливають на цезій, тому на відміну від стронцію, біологічний період напіввиведення цезію у дорослих людей коливається від 50 до 200 діб, у дітей в віці 6-16 років від 46 до 57 діб, а у новонароджених – до 10 діб. Причому близько 10% швидко виводиться з організму, решта – повільнішими темпами.

У 1996 році Національна комісія з радіаційного захисту населення України розробила «Допустимі рівні радіонуклідів цезію-134/137 і стронцію-90 у харчових продуктах та питній воді», які ґрунтуються на реальних раціонах харчування з урахуванням того, що молоко та м'ясо є основними дозоутворювачами.

Комісія Codex Alimentarius FAO/ВООЗ визначила, що допустимі рівні радіоактивних речовин у забруднених харчових продуктах, які реалізуються на міжнародному ринку і призначені для загального споживання, становлять: для цезію і йоду – 1000 Бк/кг, для стронцію – 100 Бк/кг, для плутонію й америцію – 1 Бк/кг. Варто зазначити, що, оскільки в людини в процесі еволюції не виробилися спеціальні захисні механізми від іонізуючих випромінювань, для запобігання несприятливим наслідкам для населення, за рекомендацією Міжнародної комісії з радіаційного захисту, очікувана ефективна еквівалентна доза не повинна перевищувати 5 мЗв (мілізіверт, 1 зіверт = 100 бер) за будь-який рік радіоактивного впливу.

Характеристика мікотоксинів

До елементів, що значно знижують якість фруктово-овочевої продукції та їх екологічну безпеку, відносяться мікотоксини – токсичні речовини складної хімічної будови, які продукуються мікроскопічними грибами. За типом



харчування та обміну речовин мікроскопічні гриби мають ознаки як рослин, так і тварин. Щорічний світовий збиток від розвитку пліснявих грибів на сільськогосподарських продуктах і промисловій сировині перевищує 30 млрд. доларів. У цей час відомо понад 500 токсичних метаболітів, які продукуються більше як 250 видами мікроскопічних грибів.

Мікотоксини найчастіше синтезуються недосконалими грибами родів *Fusarium*, *Aspergillus*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Penicillium* та ін. Більшість грибів є аеробними організмами, які виявляються майже усюди в надзвичайно малих кількостях і, здебільшого, є мікроорганізмами. Гриби споживають органічні речовини, де тільки дозволяють вологість і температура, усередині й поза приміщеннями. За оптимальних умов, гриби розмножуються та утворюють колонії, підвищуючи концентрацію мікотоксинів.

Найбільш небезпечні токсини представників роду *Fusarium*, *Aspergillus* і *Penicillium*. Ці мікроорганізми – постійні компоненти повітря, води, ґрунту, продуктів харчування і кормів. Переважну більшість штамів вказаних грибів утворюють мікотоксини і заражають широкий круг диких і культурних рослин. *Fusarium* заражає сільськогосподарські рослини в основному в полі, накопичення мікотоксинів в урожаї відбувається під час вегетації і може продовжуватися при зберіганні. Інфікування *Aspergillus* і *Penicillium* відбувається як в полі, так і при зберіганні, але токсини в основному накопичуються після збирання врожаю. Одночасна дія декількох видів *Fusarium* і *Aspergillus* здатна взаємно підсилити утворення шкідливих речовин. На швидкість цього процесу і кількість даних сполук впливають й інші гриби.

В даний час відсутні сорти сільськогосподарських культур, що стійкі до зараження токсиноутворюючими штамми грибів або мають здатність не накопичувати шкідливих речовин. Це пояснюється тим, що вказані патогени не є облігатними паразитами. На вегетуючих рослинах вони поведуться як біотрофи, на насінні – як некротрофи і у ґрунті на залишках рослин – як сапротрофи. Штами цих видів не мають ознак вірулентності. Тому в процесі



еволюції не утворилися генетичні коадаптовані системи «ген проти гена», властиві системи рослина – господар – облігатні паразити. Передбачається, що стійкість до фузаріозу має колос у пшениці, що контролюється двома-трьома великими генами, у кукурудзи і рису можливо декількома великими генами і генами-модифікаторами [14]. Існують лише уривчасті відомості про механізми рослин, що інгібують накопичення або прискорюють деградацію мікотоксинів в зерні і фруктово-овочевій сировині.

Потенційна й реальна небезпека мікотоксинів значно підсилюється їхньою високою стабільністю до різних несприятливих впливів, наприклад: кип'ятіння, обробка мінеральними кислотами, лугами й іншими агентами.

Існуючі класифікації мікотоксинів засновані переважно на їхній хімічній природі. Серед мікотоксинів зустрічаються не тільки речовини білкової природи, а й глюкозиди, стероїди, полікетиди, сесквитерпеноїди, різні гетероцикли, полісахариди, органічні кислоти, макролідні структури тощо. Вони синтезуються з досить обмеженого числа продуктів основного метаболізму, таких як ацетат, мевалонат, деякі амінокислоти шляхом конденсації, окислювання, відновлення, алкілування, циклізації. У цей час добре вивчено п'ять основних шляхів біосинтезу мікотоксинів:

- полікетидний, характерний для афлатоксинів, стеригматоцистину, патуліну;
- терпеноїдний, характерний для великої групи трихотеценових мікотоксинів;
- через цикл трикарбонових кислот, характерний для рубратоксинів;
- амінокислотний, характерний для ергоалкалоїдів, споридесміну тощо;
- змішаний, характерний для похідних циклопіазонової кислоти.

Характерною рисою продуцентів мікотоксинів є їхня здатність синтезувати сімейства мікотоксинів. Ця особливість, хоча й не є для них унікальною, оскільки широко поширена серед мікроорганізмів, що утворюють антибіотики, дотепер не знайшла переконливого пояснення. Утворення сімейств мікотоксинів, що незначно розрізняються за будовою і фізико-хімічними властивостями, визначає виняткову складність виділення багатьох з них [16, 17].

Різноманіття структур, утворених тим або іншим штамом, з одного боку, –



значно ускладнює клінічну картину мікотоксикозів, а з іншого, – може служити ілюстрацією можливої багатовекторності біологічних ефектів мікотоксинів.

Про сучасний стан мікотоксикології можна судити за численними оригінальними публікаціями, присвяченими головним чином вивченню поширення токсинуотворюючих грибів і їх токсигенного потенціалу, хімічної природи мікотоксинів, методів їхнього визначення й біологічних властивостей [18, 19].

Наприклад, одними з перших, хто займався питаннями мікотоксинів у 70-ті роки були Нестерин М.Ф., Покровський А.А., Кравченко Л.В., Харченко С.Н., Тутельян В.А., Мочалов В.І. та ін. Найбільш вагомими є роботи Харченка С.Н. («Довідник по мікозам та мікотоксикозам сільськогосподарських тварин», 1982), Тутельяна В.А. («Оцінка забруднення харчових продуктів мікотоксинами», 1985), де представлені основні види, викладені методи дослідження мікотоксинів, виділення їх з грибів, представлені морфологічні характеристики продуцентів.

Одним з найбільш характерних властивостей більшості відомих мікотоксинів є їхня антимікробна активність. І не випадково багато хто з них спочатку виявлялися при пошуку антибіотичних речовин. Прикладом цього можуть служити цитринин, пеніцилова кислота, патулін, мікофенолова кислота, трихотецин тощо.

Антибіотичні властивості різних мікотоксинів вивчалися багатьма дослідниками: Білай В.І., Підопличком Н.М., Дахновським В.І., Зайченком А.М., Харченком С.М. та ін. При цьому в більшості випадків так чи інакше розглядалися прикладні аспекти. Однак з урахуванням високої токсичності нативних речовин даного класу представляється малоімовірним їхнє використання як антибіотики.

Найбільш поширені в продуктах харчування, що високотоксичні і несуть реальну небезпеку серед всіх мікотоксинів, – афлатоксини, охратоксин, патулін, трихотецени, зеараленон, цитринин, стеригматоцистин, рубратоксин.

Афлатоксин є одним з найбільш небезпечних мікотоксинів. Він володіє канцерогенною дією. У природі афлатоксинів зустрічається досить багато, але



більшою мірою вивчено тільки п'ять основних їх представників, що позначаються буквами латинського алфавіту B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , M_1 . Частіше всі афлатоксини зустрічаються в таких продуктах харчування, як арахіс (земляний горіх) та кукурудза.

Охратоксин А відомий як один з найнебезпечніших контамінантів продуктів харчування та тваринних кормів. Продуктів, які можуть містити охратоксини, досить багато. Це злакові і продукти з них, сухофрукти, кава, чай, виноград, виноградний сік, вино, какао, шоколад, пиво, м'ясо, продукти зі свинини, бобові, молоко та молочні продукти, спеції, олії.

Макроциклічні тріхотецени (МЦТЦ) представляють групу високотоксичних вторинних метаболітів, що утворюються деякими видами мікроскопічних грибів, – причинних агентів токсикозу людини і тварин.

Тріхотецени продукуються грибами *Fusarium sporotrichiella*, *Fusarium solani*, *Fusarium graminearum* і ін. Включають більше 80 мікотоксинів, які підрозділяють на 4 типи: А (токсин Т-2, диацетоксискирпенол), В (дезоксиніваленол, ниваленол), С (порідін) і D (кротоцин).

Патулін – токсичний лактон (4-гідрокси-4Н-фуоро[3,2-с]піран-2-(6Н) -он), що має емпіричну формулу $C_7H_6O_4$. Його молекулярна маса – 154,12 Д. Він термостійкий, стійкий в розчинах кислот і лабільний в лужному середовищі. Вперше патулін був виділений в 1943 р. з культури гриба *Penicillium patulum* (синонім *Penicillium urticae*) як антибіотик. Спочатку патулін не вважали особливо небезпечним мікотоксином, проте в 1954 р. він став причиною загибелі 100 корів в Японії, що споживали корми, контаміновані продуцентами мікотоксину. Продуцентами патуліну можуть бути різні види грибів роду *Penicillium*: *P. expansum*, *P. claviforme*, *P. urticae* (*P. patulum*), *P. cyclospium*, *P. viridicatum*, *P. roqueforti*; а також роду *Aspergillus*: *A. clavatus*, *A. terreus*, *A. giganteus*. Патулін утворюють *Byssochlamys fulva* і *Byssochlamys nivea*. Виробляти патулін може також цвілевий гриб *P. mortensii* гриби роду *Raecilomyces*. Найбільш важливим продуцентом патуліну вважається гриб *P. Expansum* [20].



Патуліном переважно можуть бути контаміновані фрукти і деякі овочі. Найчастіше він зустрічається в яблуках. Аналізуючи особливості локалізації патуліну в деяких продуктах харчування, слід зазначити, що саме в яблуках він концентрується в основному в частині, що підгнила, тоді як в непошкодженій частині плоду виявляється тільки близько 1% загальної кількості токсину. Для томатів, незалежно від розмірів ділянки, що підгнила, патулін розподіляється рівномірно по всій тканині.

Експериментально встановлено, що цитрусові плоди і деякі овочеві культури (картопля, цибуля, редиска, редька, баклажани, цвітна капуста, гарбуз, хрін) володіють природною резистентністю до зараження продуцентами патуліну.

Температурний оптимум утворення патуліну спостерігається при 21...30°C. Токсин володіє термостійкістю і може зберігатися в процесі технологічної переробки. У ряді продуктів з яблук він був виявлений в концентраціях до 16 мл/кг. Проте, мабуть, це слід розглядати як виняток, оскільки зазвичай спостерігаються нижчі його концентрації – менше 10×10^{-9} г/кг [20].

Теоретично патулін розцінюється як індикатор якості. Завдання виключення псування продуктів, і, зокрема, яблук, при транспортуванні, зберіганні і переробці є фактично важкоздійснюваним. Тому доцільно застосовувати ефективний метод видалення патуліну. Він може бути виключений на етапі інспекції рослинної сировини – шляхом видалення зіпсованих потемніли частин яблук, що підгнили. Цей підхід знижує концентрацію патуліну до 90% від його початкового рівня, але трудомісткий і вельми тривалий. Фільтрування через деревне вугілля практично видаляє весь патулін з яблучного соку. Патулін інактивує багато ферментів унаслідок високої активності до сульфгідрильних груп. Тому обмежити кількість патуліну можна за рахунок введення компонентів, що містять сульфгідрильні групи, у вигляді натуральних харчових добавок типу зерна, м'яса, сира. Обробка діоксидом сірки також може бути застосована для зниження рівня патуліну.

У літературі наводяться результати медико-біологічних досліджень, підтверджуючі тератогенність патуліну. Крім того, він здатний порушувати



функції мітохондріальних і цитоплазми мембран, що створює небезпеку для організму людини і особливо дітей. Відомі також дані про його імунодепресивну дію.

Міжнародне агентство за вивченням раку на підставі дослідження токсичності патуліну в 1986 р. віднесло його до канцерогенів 3 групи або речовинам, для яких є недостатньо даних для достовірної класифікації. У наявних експериментальних дослідженнях не уточнені також особливості поглинання і метаболізму патуліну в організмі людини. Тому з дотриманням етичних правил Декларації Хельсінкі були проведені дослідження сироватки крові добровольців, що споживали сік з гранично допустимим рівнем патуліну.

Виявлення у патуліну високої токсичності, мутагенних і канцерогенних властивостей стало підставою для відношення його до особливо небезпечних мікотоксинів. Саме тому ЖЕСФА понизив тимчасове максимально допустиме потрапляння патуліну в організм людини з 1,0 до 0,4 нг/кг маси тіла в день. Це пов'язано з «концентрацією нульової дії» (*no effect level*) – КНВ, яка пов'язана з добовою дозою, що допускається, для людини (ДСД) формулою: $ДСД = 0,01 \text{ КНВ}$. При концентраціях до 43 нг/кг спостерігається відсутність ефекту при 100% гарантованій безпеці [20].

Патулін має властивості антибіотика широкого спектру дії, проте не використовується з лікувальною метою, оскільки було доведено його гостру токсичність у мишах, тератогенність у курячих ембріонів, імуносупресивну дію у мишах та кролів, здатність інактивувати ензими через високу спорідненість до сульфгідрильних груп. Даних щодо хронічного впливу патуліну на людей недостатньо, однак описано випадки гострого отруєння після прийому всередину, що супроводжувались зміною поведінкових реакцій, конвульсіями, ульceraцією, набряками, ентероколітом, нудотою та блюванням.



1.3. Аналіз сучасних способів зниження вмісту токсичних речовин в рослинній сировині

Проблема зниження вмісту шкідливих речовин у харчових продуктах у сучасних умовах дуже складна. Це пояснюється тим, що з метою підвищення врожайності сільськогосподарської продукції в ґрунт вноситься велика кількість хімічних добрив, які потім забруднюють продукти канцерогенними речовинами.

Сучасна наука і практика пропонує різні способи зниження канцерогенів. У зв'язку з цим важливо використовувати такі прийоми обробки овочів і ягід, які сприяли б зменшенню шкідливих речовин у продуктах харчування.

Звичайне промивання і механічне очищення продуктів (картоплі, столових буряків, моркви, капусти тощо) знижують вміст нітратів у середньому на 10%. Суттєве зменшення нітратів спостерігається при вимочуванні очищених продуктів. Так, при вимочуванні протягом 1 години картоплі, моркви, столових буряків рівень нітратів зменшується на 25...30%, зелені (петрушки, укропу, зеленої цибулі) – на 20%. Зменшення вмісту нітратів у продуктах можна досягти при приготуванні їжі. При кип'ятінні вони переходять у відвар, і при цьому зменшується вміст нітратів: у картоплі – на 80%, моркві і капусті – на 60...70%, буряках – на 40...50%. Під час консервування також знижується вміст нітратів у готових продуктах. Це досягається за рахунок переходу нітратів у розсіл (при квашенні) або маринад (при маринуванні та консервуванні). Під час виготовлення соків та сушіння овочів, навпаки, вміст нітратів збільшується порівняно з вхідною сировиною.

Більшість нітратів добре розчинні у воді, причому з підвищенням температури розчинність збільшується і досягає 40...80%.

З літературних джерел видно, що знизити вміст нітратів у зелених овочах дозволяє такий технологічний прийом, як короткотермінове промивання й очищення овочів у середньому на 10%, а замочування очищених продуктів у холодній воді на 30...60 хв. знижує вміст іонів NO_3^- від 15 до 30%. Також кількість нітратів в овочах буде тим менше, ніж дрібніше вони нарізані.



Дослідження Чупахіної Г.Н. показують спосіб зниження високого рівня нітратів в рослинах аскорбіною кислотою, який відрізняється тим, що зрізані рослини занурюють в 1,5% розчин аскорбінової кислоти на 24 години за відсутності світла. За відсутністю світла ефективність дії аскорбінової кислоти значно збільшується. Даний спосіб зниження високого рівня нітратів у рослинах може знайти застосування при отриманні високоякісної, екологічно чистої рослинницької продукції.

Серед сполук, що блокують нітрати і нітрити, ефективними антиоксидантами є токоферолі, а в ще більшому ступені – вітамін С. Для оцінки ролі аскорбінової кислоти в рослинах використовують індекс аскорбату (ІА) – відношення вмісту аскорбінової кислоти до кількості нітратів у даному продукті. Чим вище індекс, тим більше вплив аскорбінової кислоти і менше дія нітратів.

За даними Богатирьова Ю., введення в раціон овочевих або фруктових соків призводить до зменшення вмісту нітросоамінів на 29,1...85,7%. Габович Р.Д., посилаючись на закордонні дослідження, рекомендує добавляти 2-3 драже вітаміну С щодня, що в багатьох випадках цілком запобігає утворенню N-нітрозодиметиламіну.

Димитриєвич Л.Р. та інші вчені Харківського інституту громадського харчування досліджували вплив теплової обробки буряка на втрати іонів NO_3^- . Встановлено, що при запіканні він втрачав 17...21% іонів NO_3^- . При варінні в гарячій воді відзначено зниження нітратів на 41,5...42,8%, а зливання відвару через 15 хвилин після закипання знижував вміст нітратів ще на 3...4%. Відзначено, що здрібнювання буряка сприяє зниженню нітратів при тепловій обробці додатково ще на 35...43%. При тушкуванні та смаженні вміст нітратів у готових продуктах не перевищує 10%.

Боговський П.А. із співавторами встановили, що таніни, взаємодіючи з нітритами в кислому середовищі, здатні інгібувати утворення нітросполук. Згодом був виявлений ціла низка речовин: аскорбінова кислота та її похідні, пропілгаллат, α -токоферол, цистеїн, сульфамінова кислота, деякі феноли (гваякол, крезол), гетероциклічні сполуки, що містять азот, (пірол, індол),



похідні 1,2-дигідрохиноліну, гідразин, глютамин, сквален, глутатіон, кофеїн, вітамін А, йодид калію та інші, – здатних гальмувати утворення нітросполук.

Встановлено вплив зберігання на вміст нітратів у сільськогосподарській сировині. Правильне зберігання овочів призводить до зниження вмісту нітратів на 10...30% протягом 4 місяців. У випадку порушення умов зберігання продуктів відбувається накопичення в них більш небезпечних для здоров'я нітритів і амінопохідних, яке супроводжується інтенсивною втратою якості. Одним із способів різкого їх зменшення є зберігання продуктів при низьких температурах.

Для зниження залишкових кількостей пестицидів у продовольчій сировині і продуктах необхідна ретельна кулінарне і технологічне перероблення сільськогосподарської продукції. Усі способи зберігання, перероблення та приготування продуктів зазвичай сприяють зменшенню залишків пестицидів у їжі.

Руйнівна дія пестицидів виявляється на молекулярному рівні у вигляді порушень генетичного апарату, біомембран, білково-ферментних систем. У зв'язку з цим їх зменшення в рослинній сировині також важливо.

Багатьма авторами були досліджені залишкові кількості пестицидів. У роботах учених США, Швеції, Франції й Англії вивчалася дія миття, бланшування, стерилізації на окремі пестициди. Результати досліджень показали, що попередня обробка рослинної сировини, що містить пестициди, цілком видаляє отрутохімікат або залишають його сліди. Подальше збереження консервів призводить до руйнації залишків пестицидів, особливо фосфорорганічних. Виняток складають хлорорганічні препарати і ДДТ.

Гавриченко А.І. описав спосіб детоксикації пестицидів на рослинах, що вирощуються в умовах теплиці від фунгіцидів та акарицидів, що включає обробку рослин розчином детоксиканта, який відрізняється тим, що, з метою підвищення ефективності і безпеки праці, в якості розчину детоксиканта використовують 5...10% розчин гомогената, отриманого з надземної частини оброблюваних рослин. Таким чином, детоксикація рослин від хлор- і фосфорорганічних пестицидів на поверхні листя огірка гомогенату отриманих з



рослинних відходів огірка знижувала зміст зазначених пестицидів через 2 дні на 73,1%.

Зниження пестицидів при митті в проточній воді фруктів і ягід відзначали і співробітники Всесоюзного інституту гігієни і токсикології пестицидів, полімерних і пластичних мас. Ними було встановлено, що миття та очищення від шкірки на 45...80% знижує вміст фенкаптону, фозалону, ДДВФ, едитону, цинебу, купрозану тощо.

Недавніми дослідженнями японських вчених установлено, що істотно знижують вміст фосфорорганічних пестицидів пектинові сполуки харчових продуктів. Особливо ефективним виявляється консервування, що включає процес бланшування плодів і ягід.

Американські вчені досліджували ступінь виведення залишків ДДТ, паратиону і карбарилу зі шпинату і зеленої квасолі: після бланшування і стерилізації виведено 94% залишків паратиону, 68...73% залишків карбарилу і 80% залишків ДДТ.

Здрібнювання і гомогенізація також зменшують вміст пестицидів за рахунок звільнення з тканин ферментів, що руйнують їх. Так, при гомогенізації залишки фосфорорганічних пестицидів зменшилися через 3 години на 70%, а через 24 години – на 85...94%. Було визначено, що залишкова кількість фенкаптону, фозалону і цидіалу, що містяться в ягодах при готуванні з них соків, знаходяться в основному у меззі.

За даними Р.В. Кржевова, Г.М. Тишко й ін. встановлено, що стерилізація зменшує вміст рогору на 29%, миття цілих яблук – на 11%, миття очищених від шкірки і розрізаних на четвертинки – на 54%, бланшування додатково знижує вміст рогору на 21% від вихідного. При готуванні яблучного варення (джему) вміст рогору знижується в середньому на 86% від вихідного. Дослідження у ВНДІКГХ показали, що миття яблук знижує вміст фталофосу на 58%, пастеризація яблучного соку – на 66...76%. Стерилізація овочів сприяє руйнації фталофосу на 40...95%, а вміст хлорофосу у вишні знижувався на 34...47% [21].

Таким чином, з наведених прикладів видно, що залишкову кількість пестицидів у сировині можна зменшити завдяки таким технологічним прийомам,



як миття, здрібнювання, бланшування, гомогенізація, пастеризація і стерилізація.

Як було відзначено вище, споживання продуктів, що містять великі концентрації важких металів, можуть призводити до появи хронічних захворювань і отруень. Тому проблема максимального зниження їхньої кількості є дуже актуальною і вимагає пошуку ефективних способів виведення.

Як відомо, овочі, ягоди, фрукти і продукти їхньої переробки, що містять кальцій, цинк, залізо, селен, мідь, знижують токсичність свинцю. На думку Ревич Б.А., дієта з підвищеним вмістом вуглеводів, але з нестачею білків також сприяє абсорбції свинцю. Крім того, знижують токсичність свинцю вітаміни Е і С, а вітамін D збільшує поглинання кальцію і свинцю [21].

Вивчалася дія сорбентів рослинної продукції, на ступінь абсорбції важких металів у ШКТ людини. Так, абсорбцію цинку в організмі знижують такі компоненти їжі, як харчове волокно, фітинова кислота і кальцій.

Багатьма вченими досліджувалися питання зниження кількості важких металів у рослинній сировині після первинної і теплової обробки.

Дослідженнями Брилевського О.А. встановлено, що при митті овочів відбувається зниження вмісту кадмію на 10...40%, свинцю – на 40...70%, цинку – на 50...60%, міді – на 40...50%, миш'яку – на 20...30%. Більш ефективним визнаний спосіб подвійного варіння з використанням 0,1%-ного розчину оцтової кислоти. Тут утрати максимальні і склали для кадмію 78%, свинцю – 90%, міді – 42%, цинку – до 45%. При варінні на пару були відзначені мінімальні втрати важких металів.

Найбільш оптимальним рішенням задачі зниження кількості важких металів є виробництво нових композиційних продуктів харчування. Так, представляють інтерес дослідження про властивості нетрадиційних харчових детоксикуючих добавок. Результати розробок розкривають перспективи використання в якості добавок вторинних продуктів переробки рослинної і плодово-ягідної сировини. Експериментально підтверджені детоксикуючі властивості обліпихового шроту, айвового гніту, яблучного і морквяного порошоків. Ці продукти здатні зв'язувати 20...40% іонів свинцю, накопиченого в біологічних тканинах.



Запропоновано почати виробництво зброджених овочевих і фруктових соків із використанням молочнокислих бактерій. Ці продукти містять антиканцерогенні натуральні речовини. Вони є інгібіторами, що викликають гальмування утворення визначених канцерогенів або ферментів, що активізують канцерогени. Клінічними дослідженнями встановлено, що найбільш цінним збродженим соком є буряковий. Він гальмує утворення ракових клітин до 60% [22].

В останні роки роботами багатьох вчених доведено, що харчове волокно рослинної сировини, завдяки своїй молекулярній сорбції, здатні зв'язувати не тільки іони важких металів, але також нітрати, нітроти, аміак, радіонукліди стронцію, цезію і цілий ряд інших органічних речовин [23].

Зниження доз внутрішнього опромінення може бути досягнуте за рахунок зменшення в добовому раціоні частки найбільш інтенсивно забруднених продуктів (молоко, хліб, картопля й овочі), їхньої технологічної обробки (розведення, очищення, вимочування, рафінування), а також шляхом підвищення біологічної цінності традиційних продуктів харчування і створення нових, із заданими властивостями.

Так, за даними Цибульського П.П. та Липського Н.Ю. розроблено спосіб обробки сільськогосподарської та лісової продукції від радіоактивних і нітратних сполук, включає подрібнення продукту і його промивку водою при фізичному впливі в процесі останньої, який відрізняється і в якості фізичного впливу використовують акустичний вплив. Оброблена за запропонованим способом продукція підлягала перевірці на наявність вільних радикалів і парамагнітних центрів, виникнення яких пов'язане з кавітацією при високій щільності введеної енергії. Спосіб показав високу ефективність руйнування «гарячих часток» у кормах [23].

Співробітники Київського інституту радіаційної медицини сходяться в думці зі своїми латвійськими колегами і вважають, що до засобів профілактики накопичення радіонуклідів цезію і стронцію поряд із солями кальцію, харчовими волокнами і пектинами відносяться альгінова кислота та її солі, ферроцин і фітати.



Крім того, рядом досліджень доведено, що радіозахисний ефект мають амінокислоти, вітаміни С, Е, Р, РР, феноли, мінеральні солі, цукри та інші речовини, які містяться в овочах і фруктах. Тому з метою максимального використання цього ефекту в інституті харчової промисловості вченими Болгарії були розроблені плодоовочевий коктейль і пюре з абрикосів і пшеничних зародків, що рекомендовані для харчування хворих раком і тих, що отримали певні дози опромінення.

Під керівництвом В.І. Ципріяна вчені Київського медичного інституту пропонують підвищити в продуктах харчування вміст білка тваринного походження, вітамінів (А, Е), мінеральних елементів (К, Са), природних антиоксидантів (яблучний порошок, горобина, морська капуста, зародки злакових, кропива, кріп, петрушка, м'ята) і неспецифічних сорбентів. У результаті розроблено ряд принципово нових продуктів для профілактики можливих радіаційних впливів [24].

Виявлення афлатоксинів і патуліну в значних кількостях у рослинних продуктах веде до необхідності розробки способів їх детоксикації. Медико-біологічними вимогами встановлені обмеження вмісту афлатоксинів і патуліну в рослинних продуктах [25].

З літературних джерел відомо, що різні способи технологічної і кулінарної обробки сільськогосподарської сировини незначно знижують рівень афлатоксинів у ній. Для вирішення цієї задачі необхідно використовувати додаткові способи. У цілому їх можна розділити на дві групи:

- різні прийоми видалення токсинів,
- методи їх руйнації і перетворення в нешкідливі або малотоксичні сполуки.

Найбільш повного видалення афлатоксинів і патуліну можна домогтися попереднім сортуванням рослинної сировини. У процесі такого сортування видаляються плоди, ягоди й овочі з видимими місцями псування (наявність цвілі, зморщування, зміна кольору тощо), у яких, як відомо, головним чином і накопичуються мікотоксини.



В другу групу входять фізичні, хімічні і біологічні методи деградації та інактивації афлатоксинів.

Серед фізичних методів виділяють термічну обробку забруднених продуктів і екстракцію афлатоксинів водноорганічними сумішами. Дослідження багатьох вчених показують, що термообробка малоефективна: зниження вмісту токсинів не перевищує 40%. При екстракції ж можна видалити з продукту до 80% токсинів від вихідного.

В даний час багатьма дослідниками найбільш перспективними визнані хімічні методи інактивації афлатоксинів. Дослідами Piotrowska M. доведено можливість деградації афлатоксинів водними розчинами сильних кислот і лугів. Крім того, аналогічну високу активність відносно афлатоксинів B₁ і G₁ мають гідросульфіти, які широко використовуються при виготовленні джемів, фруктових соків, вин і сухофруктів.

Зтор Е., Поель П., Остендорп М., Брандль Ф. розробили винахід, який відноситься до способу зниження рівня забруднення мікотоксинами рослини або зібраного рослинного матеріалу. Зазначений спосіб полягає в обробці матеріалу для розмноження рослин флудіоксонілом, пророщуванні або вирощуванні зазначеного рослинного матеріалу з отриманням рослини і зборі рослинного матеріалу з зазначеної рослини. Технічний результат – зниження рівня забруднення мікотоксинами рослин і зібраних продуктів.

За розробленою в США і Франції технологією в деяких країнах застосовують газоподібний аміак або гідроокис амонію для знешкодження шротів із насінь олійних і кормової кукурудзи. Обробку аміаком проводять за підвищених тиску і температурі, при цьому руйнується 95...98% афлатоксинів. Тут дуже важливим є факт загибелі і грибів-продуцентів в умовах насичення аміаком.

Використання біологічних методів засновано на спроможності деяких бактерій, дріжджів і мікроскопічних грибів руйнувати або перетворювати афлатоксини в менш токсичні сполуки.

За даними Shen F., Shyu Y.T., для патуліну згубним є лужне середовище, у



якому він утрачає свою біологічну активність. Нагрівання при 80°C протягом 10...20 хвилин забрудненого яблучного соку знижує концентрацію патуліну до 50%. Дослідженнями Brackett R., Marth E. встановлено, що руйнації цього токсину сприяє також додавання аскорбінової кислоти.

Таким чином, перераховані способи знижують забруднення афлатоксинами і патуліном продуктів харчування, хоча і не призводять до повного їх усунення.

За хімічною структурою патулін є полікетидним лактоном. Патулін стійкий до температурної обробки, особливо в кислому середовищі, тому пастеризація не сприяє його знешкодженню. Патулін руйнується при ферментації, тому не виявляється ні в алкогольних напоях, виготовлених з фруктів, ні в оцтах, що готуються з фруктових соків. Патулін має властивість зв'язуватись з білками. Тому очистка соків, що включає центрифугування, ферментативну обробку та різні види фільтрації, дозволяє значно знизити вміст патуліну, оскільки понад 70% його залишається в м'якоті, вміст білків в якій значно вищий, ніж в рідкій частині. Патулін активно реагує з сірковмісними речовинами, що дозволяє досягти зниження його вмісту шляхом застосування антиоксидантів та антибактеріальних препаратів, що містять сірку в своєму складі, а також аскорбінової кислоти, тіаміну, піридоксину та кальцію пантотенату.

Біологічна активність патуліну зменшується в лужному середовищі та у присутності молекул, до складу яких входить меркаптогрупа, зокрема цистеїну або глутатіону.

Таким чином, існує велика кількість способів, які дозволяють знешкодити рослинну сировину від сторонніх токсичних речовин, таких як нітрати і нітроти, пестициди, солі важких металів, радіоактивні елементи та мікотоксини. Багато з технологічних прийомів можна використовувати для одночасного видалення декількох забруднювачів. Однак, вибір та комбінація технологічних прийомів та інших методів дуже індивідуальні та залежать від виду рослинної сировини, її будови, призначення та способу приготування.



1.4. Розробка способів зниження вмісту нітратів у коренеплодах редьки

Актуальним сьогодні є питання розширення асортименту продуктів оздоровчого харчування. Високу цінність має зокрема редька, яка є джерелом БАР (поліфенолів, антоціанових речовин, мінеральних елементів, антимікробних речовин), що є природними захисними факторами. Тому, створення і впровадження у виробництво продуктів із редьки, які б мали високий рівень якості, безпечності і мали оздоровчу спрямованість, є актуальним завданням.

Якісним необхідно вважати продукт, який вміщує достатню кількість БАР і не містить небезпечної кількості контамінантів. Важливим питанням при переробці редьки є пошук шляхів зниження вмісту нітратів, адже наші попередні дослідження підтверджують, що коренеплоди накопичують значну кількість шкідливих речовин саме в незадерев'янілій паренхімі, яка використовується в їжу, тому надалі за мету було поставлено максимально знизити вміст токсикантів та при цьому максимально зберегти антоціанові речовини сировини.

Видалення токсикантів з сировини значною мірою залежить від ступеня їх доступності для екстрагенту і міцності зв'язування структурами клітин. Багаторічними науковими дослідженнями доведено, що нітрати – стійкі речовини й не руйнуються при тепловій обробці, але добре вимиваються водою. Тому з метою зниження вмісту нітратів було обрано два варіанти обробки редьки, які полягають у витримуванні подрібнених коренеплодів у розчинах KCl та $CaCl$ різних концентрацій.

Показано, що антоціанові речовини, які містяться у складі редьки сорту Серце дракона, нестійкі та легко руйнуються під дією різноманітних факторів: високої температури (вище $65^{\circ}C$), ферментів, кисню повітря, денного світла, важких металів, рН середовища. Ця нестійкість значно знижує харчову цінність розробленого продукту, тому необхідно підібрати такий спосіб зменшення концентрації нітратів, який буде також стабілізувати пігментний комплекс сировини.



В процесі обробки водні розчини KCl та CaCl позитивно впливають на збереження антоціанових речовин, а також призводять до руйнування клітинних зв'язків тканин, що утримують токсиканти, тому для більшого ефекту видалення нітратів редьку подрібнювали брусочками, кубиками дрібними – 10×10 мм, крупними кубиками – 20×20 мм та пелюстками товщиною 2...4 мм. Солі калію та кальцію негативно впливають на органолептичні властивості отриманих продуктів, тому їх додавали в обмежених кількостях. Визначення оптимальної концентрації водних розчинів KCl та CaCl проводили на основі органолептичної оцінки якості з одночасним відзначенням кольору сировини та її структури. Матриця експерименту представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Матриця експерименту з дослідження впливу виду подрібнення, тривалості витримки та концентрації розчинів KCl та CaCl на вміст нітратів

Фактори процесу обробки			Вміст нітратів після обробки розчином	
Вид подрібнення	Час витримки, хв	Концентрація KCl або CaCl, %	KCl, мг/кг	CaCl, мг/кг
Брусочки	10	0,5	1039,62	1194,17
Дрібний кубик 10 x 10 мм	10	0,5	768,34	1090,29
Крупний кубик 20 x 20 мм	10	0,5	774,00	1000,06
Пелюстками	10	0,5	789,58	998,79
Крупний кубик 20 x 20 мм	10	0,5	774,00	1000,06
Крупний кубик 20 x 20 мм	20	0,5	624,74	914,28
Крупний кубик 20 x 20 мм	30	0,5	623,98	913,96
Крупний кубик 20 x 20 мм	40	0,5	621,34	912,41
Крупний кубик 20 x 20 мм	20	0,5	624,71	914,28
Крупний кубик 20 x 20 мм	20	1,0	611,54	908,76
Крупний кубик 20 x 20 мм	20	1,5	639,85	906,84
Крупний кубик 20 x 20 мм	20	2,0	646,61	906,00

Показано, що більш ефективним є витримування редьки в розчинах солей калію (вміст нітратів зменшуються на 208,38...636,46 мг), ніж кальцію (зменшення нітратів складає 53,83...324,00 мг). Встановлено, що концентрація



CaCl впливає на органолептичні властивості редьки. Так, при концентрації 1,5 та 2,0% спостерігається отвердіння рослинної тканини, а при 2,0%, крім того, з'являється сторонній гіркий присмак, нехарактерний даному сорту редьки.

Встановлено, що розміри нарізки коренеплоду впливають на видалення з нього токсикантів під час витримування в водних розчинах KCl та CaCl. Так, подрібнення коренеплодів брусочками дає можливість знизити вміст нітратів на 16,7%, кубиками з гранями 20 мм – на 37%, пелюстками на 36%, 10 мм – на 38,5%. Таким чином, найбільше видалення нітратів спостерігається при витримуванні в водних розчинах редьки подрібненої на кубики з гранями 10 мм, проте варто відзначити, що в цьому випадку велика кількість антоціанових речовин сировини переходить до розчину, забарвлюючи його в інтенсивно рожевий колір. Тому для подальшого дослідження можливості зниження нітратів було обрано спосіб подрібнення кубиками з гранями 20 мм, який дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин на 37% [26].

З точки зору технології виробництва та видалення контамінантів важливим параметром є час витримування сировини у розчині. Витримування проводили протягом 10, 20, 30, та 40 хвилин. Найбільші втрати спостерігаємо при витримуванні протягом 30 й 40 хвилин (близько 50%), проте за цей час сировина значно втрачає й кількість антоціанових речовин. Тому вважаємо, що доцільно витримувати подрібнені коренеплоди протягом 20 хвилин, що дозволить зберегти антоціановий комплекс.

Одним з найважливіших параметрів є концентрація солей в розчинах KCl та CaCl, яка суттєво впливає, як на вміст контамінантів, так і на органолептичні характеристики. Встановлена оптимальна концентрація водних розчинів KCl, яка жодним чином не впливає на смакові властивості, але ефективно (майже на 21%) знижує вміст нітратів та стабілізує антоціановий комплекс редьки господарсько-ботанічного сорту Серце дракона. Вона становить 1,0%,.

Таким чином, оптимальною технологічною схемою для видалення токсичних речовин з редьки та збереження її антоціанового комплексу є: очищення коренеплоду, миття редьки, подрібнення кубиками з розміром граней



20 мм, та витримування в 1,0% розчині КСІ протягом 20 хвилин.

Отримані результати досліджень дали можливість запропонувати технологію отримання нового продукту – квашеної редьки, сировиною для якої доцільно використовувати сорти Лебідка та Серце дракона, що відрізняються підвищеним вмістом цукрів (необхідна умова перебігу молочнокислого бродіння), а також не містять надмірної кількості летких речовин, які можуть, з одного боку, перешкоджати процесу сквашування (за рахунок бактерицидної здатності), а з іншого – надавати неприємні смако-ароматичні характеристики.

За допомогою математичного моделювання було визначено концентрації рецептурних компонентів «Редьки квашеної»: редька сорту Серце дракона 93,0%; сіль кухонна кам'яна 3%; цукор білий 2%, часник свіжий 0,5%; стручковий гіркий перець 0,5%; корінь імбиру 0,5%; корінь хрину 0,5% [27].

Харчова цінність квашеної редьки обумовлена речовинами сировини, котрі залишаються незмінними в процесі квашення та новоутвореними. Встановлено, що понад 87% хімічного складу розробленого продукту складає вода, а сухі речовини переважно представлені моно- та дисахаридами (3,1%), білками (1,2%) та клітковиною (1,1%). Завдяки низькому вмісту вуглеводів та жирів продукт має низьку калорійність (17,8 кКал/100 г). Варто зазначити, що у порівнянні з контролем, розроблений продукт має вищий вміст вуглеводів, що пов'язано з застосуванням в рецептурі додаткової кількості цукру, наявність якого дала змогу забезпечити відмінні смакові властивості отриманого продукту.

Загальна кількість зольних елементів у квашеній редьці становить 1,1%, зокрема макро- і мікроелементів, серед яких переважають Na, K, Ca, P. Так, вміст натрію становить 641,6 мг/100 г, що задовольняє добову потребу на 100%, а калію – 302 мг/100 г (близько 15% добової потреби).

До вітамінного складу квашеної редьки входять водорозчинний вітамін С у кількості 28,1 мг/100 г, що задовольняє близько 40% добової потреби в ньому. У свою чергу, продукт-аналог вміщує лише 16,7 мг/100 г аскорбінової кислоти, що пояснюється особливостями хімічного складу вихідної сировини та технологічними параметрами виготовлення продукції. Наявність антоціанів у



сорті Серце дракона обумовлюють корисні властивості розробленого квашеного продукту.

Визначено, що новий продукт за показниками якості та безпеки відповідає вимогам до маринованих овочевих консервів, так загальна кислотність складає 0,58%, вітамін С – 28,1 мг/100 г, антоціанові речовини 0,502 мг/100 г, концентрація нітратів становить 611,53 мг/кг, пестицидів, радіонуклідів та солей важких металів – сліди, мікотоксинів не виявлено.

Висновки

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що формування уявлень щодо безпечності овочевої сировини базується на дослідженнях в галузі харчової токсикології, які відмічають всезростаючу кількість потенційно небезпечних хімічних сполук, що застосовує для господарчих потреб аграрна промисловість. Із загальної кількості відомих людині хімічних речовин, що використовуються під час вирощування плодовоовочевої сировини, значна частина відносяться до шкідливих (пестициди, нітрати, нітрити, токсичні елементи, антибіотики, гормони, харчові добавки тощо) і різними шляхами потрапляє до харчових продуктів. На основі висновку із розвитку науки, що абсолютно безпечних продуктів у природі не існує, був сформований новий підхід, який включає поняття ризику і його оцінку. Оцінка ризику здійснюється за трьома основними критеріями: важкість небезпеки, частота та час появи ефекту. Прийняття поняття ризику та його оцінки зумовили необхідність розробки допустимих рівнів шкідливих речовин у харчових продуктах.

Показано, що у плодовоовочевій сировині та отриманих з неї харчових продуктах певною мірою накопичуються токсичні речовини, які об'єднують у такі групи: нітрати, пестициди, важкі метали, радіонукліди і мікотоксини. Зазначені групи токсичних речовин відрізняються між собою хімічною природою, джерелами потрапляння та умовами накопичення. Визначення цих особливостей



впливає на розробку ефективних технологій очищення овочевої сировини і створення технологій безпечних і якісних харчових продуктів з їх використанням.

Встановлено, що найбільш поширеними та небезпечними для здоров'я людини є великі кількості нітратів. Так, людина порівняно легко переносить споживання 150-200 мг нітратів за добу, 500 мг вважається гранично допустимою дозою. Доза в 600 мг за добу є токсичною для дорослої людини, а для грудних дітей токсичною є доза 10 мг за добу.

Пестицидне навантаження на людину в різних країнах різне та залежить від асортименту споживаних продуктів, застосовуваної системи захисту рослин і регламентування вмісту пестицидів у харчових продуктах. Надходження з їжею гранично допустимих залишкових кількостей пестицидів зазвичай не призводить до гострих отруєнь, а проявляється розтягнутою у часі хронічною дією зі слабо вираженою етіологією або практично не проявляється. Безпосередній контакт з пестицидними препаратами, споживання продукції з їх високим вмістом може стати причиною гострих отруєнь і навіть загибелі людей.

Небезпечними для організму людини є солі важких металів. Виділяють класи металів високої токсичності: найнебезпечніші (кадмій, меркурій, нікель, плюмбум, кобальт, арсен), помірної токсичності (купрум, цинк, магній) та інші токсичні важкі метали.

Актуальними з точки зору небезпечності після Чорнобильської катастрофи стали радіоактивні речовини. Рослини за ступенем нагромадження радіоактивних речовин розташовуються в такій послідовності: тютюн (листя) > буряк (коренеплоди) > картопля (бульбоплоди) > пшениця (зерно) > природна трав'яна рослинність (листя і стебла). Найшвидше із ґрунту в рослини надходить стронцій-90, стронцій-89, йод-131, барій-140 і цезій-137.

До елементів, що значно знижують якість овочевої продукції та їх безпеку, відносяться мікотоксини – токсичні речовини складної хімічної будови, які продукуються мікроскопічними грибами.

Сучасна наука і практика пропонує різні способи зниження концентрації шкідливих речовин. Звичайне промивання і механічне очищення продуктів



(картоплі, столових буряків, моркви, капусти тощо) знижують вміст нітратів у середньому на 10%. Суттєве зменшення нітратів спостерігається при вимочуванні очищених продуктів. Так, при вимочуванні протягом 1 години картоплі, моркви, столових буряків рівень нітратів зменшується на 25...30%, зелені (петрушки, укропу, зеленої цибулі) – на 20%. Зменшення вмісту нітратів у продуктах можна досягти при приготуванні їжі. При кип'ятінні вони переходять у відвар, і при цьому зменшується вміст нітратів: у картоплі – на 80%, моркви і капусті – на 60...70%, буряках – на 40...50%. Під час консервування також знижується вміст нітратів у готових продуктах. Це досягається за рахунок переходу нітратів у розсол (при квашенні) або маринад (при маринуванні та консервуванні).

Під час виготовлення соків та сушіння овочів, навпаки, вміст нітратів збільшується порівняно з вхідною сировиною. Більшість нітратів добре розчинні у воді, причому з підвищенням температури розчинність збільшується і досягає 40...80%. Для зниження залишкових кількостей пестицидів у продовольчій сировині і продуктах необхідне ретельне кулінарне і технологічне перероблення сільськогосподарської продукції. Усі способи зберігання, перероблення та приготування продуктів зазвичай сприяють зменшенню залишків пестицидів у їжі. При митті овочів відбувається зниження вмісту кадмію на 10...40%, свинцю – на 40...70%, цинку – на 50...60%, міді – на 40...50%, миш'яку – на 20...30%. Більш ефективним визнаний спосіб подвійного варіння з використанням 0,1%-ного розчину оцтової кислоти. Тут утрати максимальні і склали для кадмію 78%, свинцю – 90%, міді – 42%, цинку – до 45%. При варінні на пару були відзначені мінімальні втрати важких металів.

Розроблено спосіб видалення із плодоовочевої сировини радіоактивних і нітратних сполук, який включає подрібнення продукту і його промивання водою при фізичному впливі (акустичній обробці). Оброблена за запропонованим способом продукція підлягала перевірці на наявність вільних радикалів і парамагнітних центрів, виникнення яких пов'язане з кавітацією при високій щільності введеної енергії. Рядом досліджень доведено, що радіозахисний ефект



мають амінокислоти, вітаміни С, Е, Р, РР, феноли, мінеральні солі, цукри та інші речовини, які містяться в овочах. Виявлення афлатоксинів і патуліну в значних кількостях у рослинних продуктах веде до необхідності розробки способів їх детоксикації.

Наведено обґрунтування способу зниження вмісту нітратів у редьці. Видалення токсикантів з сировини значною мірою залежить від ступеня їх доступності для екстрагенту і міцності зв'язування структурами клітин. Виходячи з цього, оптимальною технологічною схемою для видалення токсичних речовин з редьки та збереження її антоціанового комплексу є: очищення коренеплоду, миття редьки, подрібнення кубиками з розміром граней 20 мм, та витримування в 1,0% розчині КСІ протягом 20 хвилин.

Запропоновано виготовлення нового продукту – квашеної редьки, для якої доцільно використовувати зразки редьки, які відрізняються підвищеним вмістом цукрів (необхідна умова перебігу молочнокислого бродіння), а також не містять надмірної кількості летких речовин, які можуть, з одного боку, перешкоджати процесу сквашування (за рахунок бактерицидної здатності), а з іншого – надавати неприємні смако-ароматичні характеристики. Визначено, що новий продукт можна віднести до оздоровчого харчування, а за показниками якості та безпеки він відповідає вимогам до маринованих овочевих консервів: загальна кислотність складає 0,58%, вітамін С – 28,1 мг/100 г, антоціанові речовини – 0,502 мг/100 г, концентрація нітратів становить 611,53 мг/кг, пестицидів, радіонуклідів та солей важких металів – сліди, мікотоксинів не виявлено.