

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

Кафедра екології та екологічної безпеки

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ
доповіді до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

**“ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ
ПРОДУКТІВ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ”**

Розробив: студент гр. ЕБ-16 з/в
Тишківська Ольга Анатоліївна
Керівник: к.х.н., доцент Тітов Т.С.

Вінниця - 2018

Актуальність роботи

Харчова промисловість – одна з провідних структуроформуючих галузей не лише агропромислового та промислового комплексів, а й усього народного господарства України.

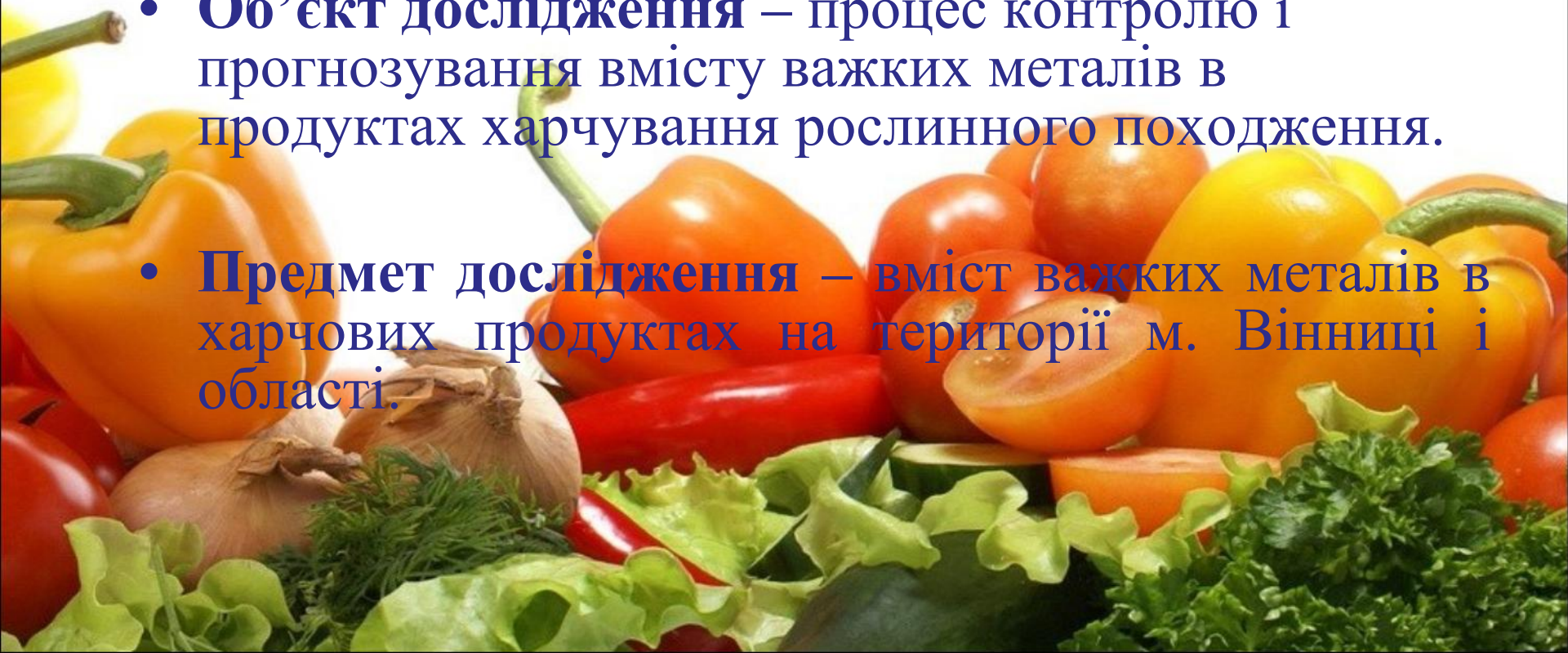
Питома вага цієї галузі в структурі виробництва предметів споживання сягає 52,8 %, у загальному обсязі промислової продукції – 16,3, а продукції агропромислового комплексу – 33,5 %. Продовольчі товари становлять 68,1 % загального виробництва товарів народного споживання у відпускних цінах, 63 % загального обсягу роздрібного товарообороту та 61,5 % у структурі особистого споживання матеріальних благ населенням країни.

В цілому до харчосмакової галузі належать понад сорок типів виробництв, серед яких основні це: м'ясна промисловість, молочна, цукрова, борошномельно-круп'яна, хлібопекарська, макаронна, кондитерська, олійно-жирова, рибна, крохмалепаточна, спиртова, виноробна, пиво-безалкогольна, консервна.

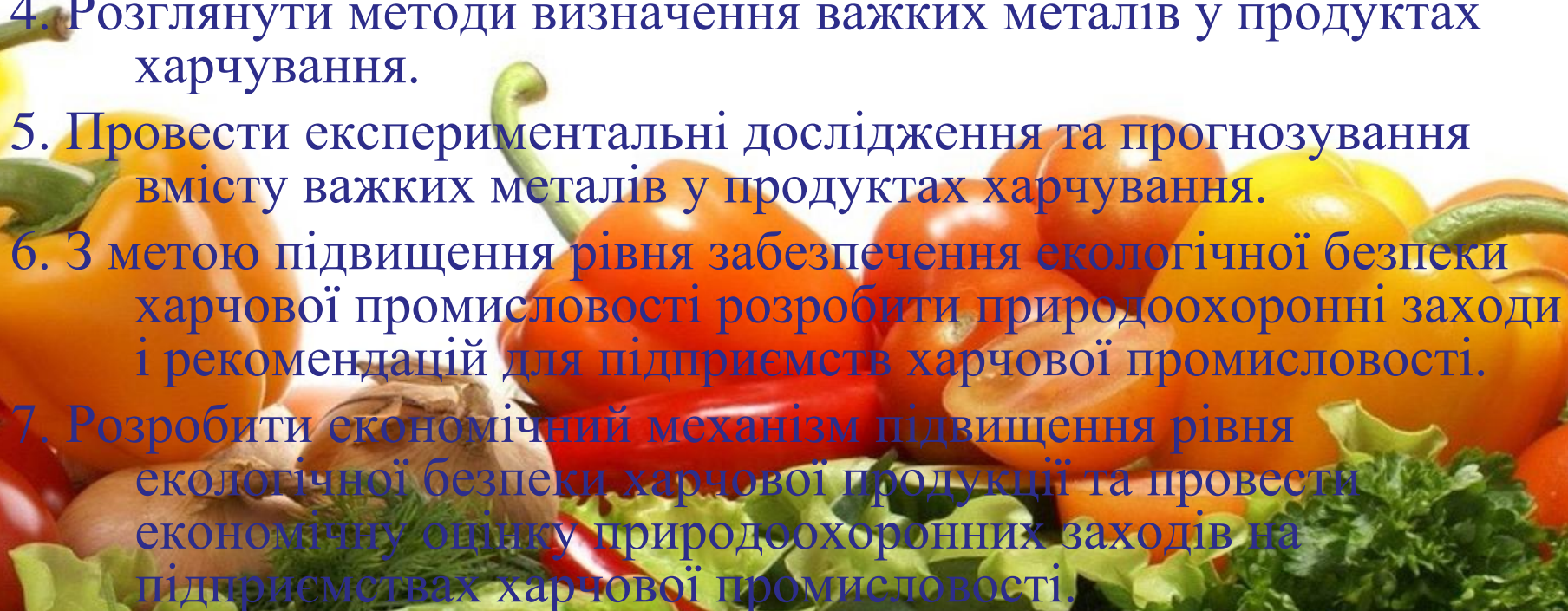
Харчове виробництво характеризується як видом сировини, так і конкретними органолептичними показниками готової продукції. Сировину в ході виробництва піддають різноманітним видам обробки. Мета обробки сировини – отримання бажаних показників якості шляхом таких змін, які б змогли затримати псування продукту або викликали більш глибокі зміни у продуктах: зробити його несхожим на вихідну сировину і придатним до вживання за всіма параметрами, забезпечити відповідність споживчим властивостям.

Отже, для забезпечення екологічної безпеки харчової промисловості необхідне вдосконалення екологічного контролю на всіх стадіях технологічного процесу.

- **Мета роботи** – наукове обґрунтування рівня екологічної безпеки харчової промисловості та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування і встановлення їх придатності для споживання за цим показником.
- **Об'єкт дослідження** – процес контролю і прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження.
- **Предмет дослідження** – вміст важких металів в харчових продуктах на території м. Вінниці і області.



Відповідно до мети дослідження основними завданнями роботи є:

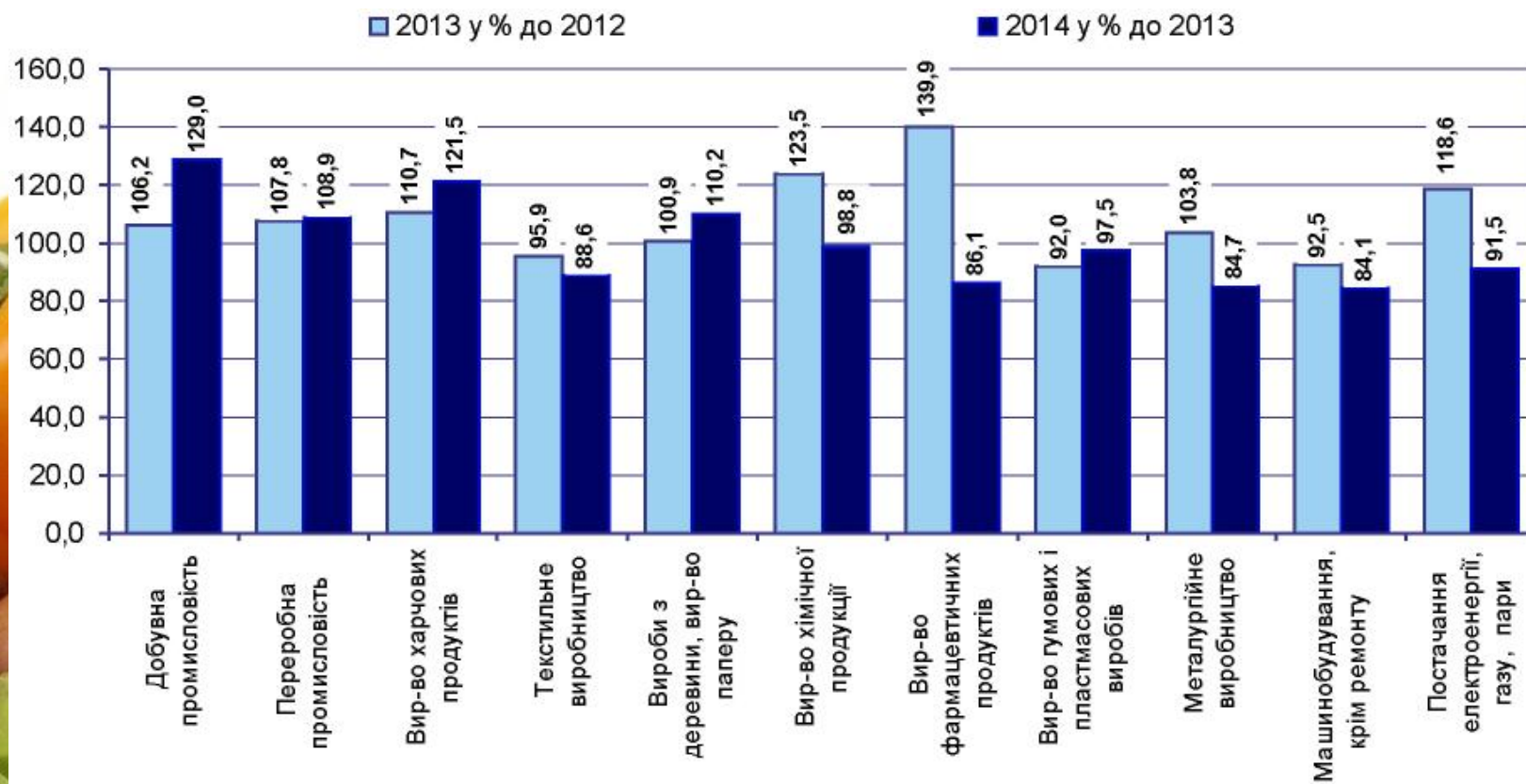
1. Провести аналіз екологічних характеристик харчової промисловості Вінниччини.
 2. Провести дослідження джерел забруднення продуктів харчування.
 3. Проаналізувати основні стадії екологічного контролю якості та безпечності харчових продуктів.
 4. Розглянути методи визначення важких металів у продуктах харчування.
 5. Провести експериментальні дослідження та прогнозування вмісту важких металів у продуктах харчування.
 6. З метою підвищення рівня забезпечення екологічної безпеки харчової промисловості розробити природоохоронні заходи і рекомендації для підприємств харчової промисловості.
 7. Розробити економічний механізм підвищення рівня екологічної безпеки харчової продукції та провести економічну оцінку природоохоронних заходів на підприємствах харчової промисловості.
- 

Структура та обсяги промислового виробництва Вінниччини

Вінницька область має багатогалузевий промисловий комплекс. В області працює 1343 промислових підприємства (9 великих та 157 середніх).

Флагманами промисловості області є ПрАТ "Літинський молочний завод" (ТМ "Білозгар"), Компанія "Nemiroff, ТОВ "Люстдорф" (ТМ "На здоров'є"), ВАТ "Вінницький олійножировий комбінат" (ТМ "Віоля"), ТОВ "Агрона Фрут Україна", ВАТ "Вінницька кондитерська фабрика" (ТМ "Roshen").

Індекси промислової продукції за основними видами діяльності



Обсяг реалізованої промислової продукції

	2013		2014	
	тис.грн.	у % до підсумку	тис.грн.	у % до підсумку
Промисловість в т.ч.:	25503416,0	100,0	30819775,9	100,0
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	364103,6	1,4	641802,2	2,1
Переробна промисловість	18146528,8	71,1	22951710,3	74,5
виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів	13371700,9	52,4	17329500,1	56,2
текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів	111316,8	0,4	146689,4	0,5
виготовлення виробів з деревини, паперу та поліграфічна діяльність	713670,1	2,8	1048451,3	3,4
виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	1217200,4	4,8	1501445,2	4,9
виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів	237888,1	0,9	218278,3	0,7
виробництво гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції	661779,9	2,6	821768,3	2,7
металургійне виробництво, виробництво готових металевих виробів, крім виробництва машин та устаткування	826498,1	3,2	929280,2	3,0
Машинобудування	785169,0	3,1	750985,9	2,4

Характеристика харчової промисловості Вінниччини

На молокопереробних підприємствах Вінниччини випускається більше третини (34,6%) загальнодержавного обсягу виробництва молока рідкого обробленого, 23,5% – масла вершкового. Вагому частку у виробництво на державному рівні вносять підприємства з виробництва кондитерських виробів (25,3%), маргарину (18,0%), м'яса великої рогатої худоби (15,9%), соків фруктові та овочеві (12,8%).

Традиційно Вінницька область вважається однією із основних складових цукрової галузі України, у 2014 році в області вироблено понад 430 тис. тонн цукру. Це кожен третій кілограм, що вироблений в Україні.

Виробництво основних видів продукції харчової промисловості

Вид продукції	Одиниця виміру	Вироблено у 2014 році
М'ясо	тис. тонн	76,29
Вироби ковбасні	тис. тонн	5,64
Соки, продукція з овочів та фруктів	тис. тонн	79,07
Олія, маргарини та спреди	тис. тонн	426,07
Молоко та молокопродукти	тис. тонн	468,87
Борошно та крупи	тис. тонн	207,04
Хлібобулочні вироби та макаронні вироби	тис. тонн	48,92
Цукор білий кристалічний	тис. тонн	430,29
Шоколад та кондитерські вироби	тис. тонн	72,90
Лікери та інші спирткові напої	тис. дал	540,7
Води мінеральні та безалкогольні напої	тис. дал	17311,8

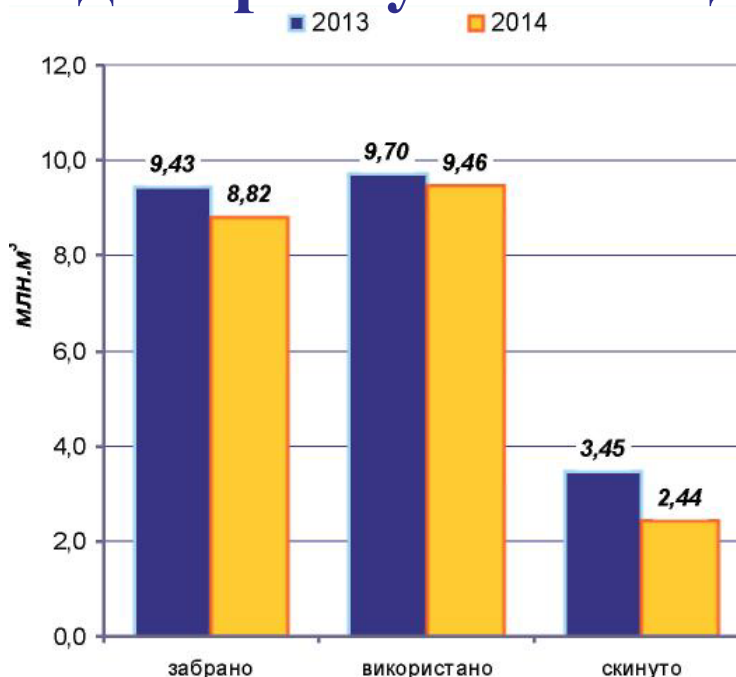
Вплив на довкілля підприємств харчової промисловості

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Враховуючи значну частку у промисловому виробництві області саме підприємств харчової галузі, вплив харчової промисловості на довкілля Вінницької області є досить помітним. Найбільший негативний вплив на довкілля мають м'ясна, цукрова, спиртова та молочна галузі харчової промисловості.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у промисловості у 2014 році, тис.т.

Види економічної діяльності	2013 рік		2014 рік
		всього	у % до підсумку
Усі види економічної діяльності	149,5	124,5	100
Промисловість,		6,9	5,3
Добувна промисловість	0,6	0,5	0,4
Переробна промисловість, у тому числі:	5,3	6,1	4,9
- виробництво харчових продуктів, напоїв	3,9	4,2	3,4
- хімічне виробництво	0,0	0,6	0,5
- металургійне виробництво та машинобудування	0,3	0,04	0,03

Показники водокористування підприємств



Показники водовідведення у промисловості у 2014 році

Найменування галузі	поверхневі водні об'єкти	з них, млн.м ³			
		без очистки	недостатньо очищені	нормативно чисті без очистки	нормативно очищених
Всього по регіону	2,436	0,0	0,053	1,75	0,632
Промисловість, в т.ч.:	7,366	-	-	4,385	2,981
хімічна та нафтохімічна	-	-	-	-	-
Машинобудування та металообробка	0,069	-	-	0,019	0,049
виробництво будматеріалів	0,849	-	-	0,849	-
харчова промисловість	1,301		0,053	0,666	0,583

Обсяги утворення відходів

Фактором негативного впливу на довкілля є відходи підприємств, в тому числі небезпечні. Так, протягом 2014 року утворилось 351,6 т відходів I-III класу небезпеки, а накопичено станом на 01.01.2015 року – 210,7 т.

	Обсяги утворення відходів	
	тис.т	у % до підсумку
Усього	2423,8	100
Економічна діяльність підприємств та організацій в т.ч.:	2292,8	94,6
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	0,1	0
Переробна промисловість	1073,3	44,3

Забруднення ґрунтів промисловими підприємствами (за даними Головного управління Держсангепідслужби у Вінницькій області)

Місця відбору проб ґрунту	Досліджено проб									
	На хімічні показники						на бактеріологічні показники		на гельмінти	
	усього	Не відповідають нормам	у тому числі на:				усього	Нормам не відповідають	усього	Нормам не відповідають
			пестициди		солі важких металів					
усього			Нормам не відповідають	усього	Нормам не відповідають					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ґрунт на території промислових підприємств	17		11		6	6				
ґрунт на території санітарно-захисних зон промпідприємств	11	3			7	3	5		1	
ґрунт в зоні впливу промислових підприємств	15		1		2		16	5	4	
ґрунт в місцях зберігання токсичних відходів поза територією підприємств у місцях їх утримання чи захоронення (полігони, звалища, кар'єри)	147	26	19		36	22	100	25	8	3

Якість харчових продуктів

Якість харчових продуктів – сукупність властивостей, що відображають здатність продукту забезпечувати потреби організму людини у харчових (поживних) речовинах, органолептичні характеристики продукту, безпечність його для здоров'я споживачів, надійність відносно стабільності складу та збереження споживчих властивостей.

Якість продукту базується на основних диференційованих показниках якості: харчовій, біологічній та енергетичній цінності продуктів.

Харчова цінність – відображає повноту корисних властивостей харчових продуктів для забезпечення фізіологічних потреб людини в основних харчових речовинах та енергії. Харчова цінність характеризується хімічним складом харчового продукту з урахуванням споживання його у загальноприйнятій кількості. Характеризує біологічну цінність продукту за вмістом в ньому усіх незамінних компонентів: насамперед амінокислот, поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вітамінів, мікро- і макроелементів.

Біологічна цінність – вміст пластичних і каталітичних речовин, що забезпечують в організмі фізіологічну адекватність обміну речовин.

Енергетична цінність – кількість енергії (кДж, ккал), що звільняється в організмі внаслідок біохімічного окислення харчових речовин.

При виробництві харчових продуктів найважливішим є питання забезпечення безпечності їх для споживача.

Безпечність харчових продуктів

Безпечність харчових продуктів – відсутність токсичної, канцерогенної, мутагенної чи іншої несприятливої дії продуктів на організм людини у разі споживання їх у загальноприйнятих кількостях. Безпечність гарантується встановленням і дотриманням регламентованого рівня вмісту (відсутність або обмеження рівнів ГДК) забруднювачів хімічної та біологічної природи, а також природних токсичних речовин, що характерні для даного продукту та становлять небезпеку для здоров'я.

Безпеку харчових продуктів характеризують 2 показниками: санітарна доброякісність і епідемічна безпека.

Санітарна доброякісність – відсутність у продукті ознак мікробної і фізико-хімічної зміни, залишків сторонніх й отруйних речовин органічної і неорганічної природи.

Епідемічна безпека – відсутність або обмеження рівнів забруднення харчових продуктів патогенними та потенційно патогенними мікроорганізмами.

Мікробіологічні критерії безпечності харчових продуктів включають чотири групи показників:

I група – санітарно-показові – це мікроорганізми, що використовують як індикатори дотримання санітарних і технологічних режимів обробки молока та молочних продуктів (бактерії групи кишкових паличок, мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми);

II група – потенційно патогенні мікроорганізми (коагулазопозитивні стафілококи, бацилос цереус, сульфитредукуючий кластрідій, бактерії роду протей);

III група – патогенні мікроорганізми – збудники харчових отруєнь та інфекційних захворювань (шигели, сальмонели, стафілококи, бацили, віруси тощо);

IV група – показники мікробіологічної стабільності продукту (дріжджі, мікроскопічні гриби).

Критерії безпеки товарів народного споживання та їх гігієнічне нормування

Товари народного споживання є безпечними, якщо вони не містять шкідливих речовин або вміст їх не перевищує законодавчо визначені санітарно-гігієнічні нормативи.

Шкідливою вважають всяку речовину, яка в процесі виробництва, споживання чи використання в побуті при контакті з організмом людини може спричинити відхилення у стані здоров'я сучасного та наступного поколінь.

При нормуванні шкідливих речовин у продуктах харчування використовують такі показники:

- **органолептичний:** забезпечує збереження органолептичних властивостей продукту;
- **загальногігієнічний:** попереджує зниження біологічної цінності харчового продукту, погіршення технологічних властивостей в процесі обробки;
- **технологічний:** визначає наявність речовин в обробленому продукті у відповідності до технологічного регламенту його отримання;
- **токсикологічний показник безпечності.**

З медико-біологічних позицій базисним регламентом нормування чужорідних речовин у продуктах є допустима добова доза (ДДД), яка визначає допустиме добове надходження (ДДН) шкідливих речовин і гранично допустиму концентрацію (ГДК) їх в окремій продукції.

Допустима добова доза - це максимальна доза (у мг на 1кг маси тіла), щодобове надходження якої в організм протягом усього життя є безпечне для її здоров'я і не впливає на здоров'я майбутнього покоління. Вона визначається за результатами всебічного вивчення токсичних властивостей ксенобіотика в експерименті та за іншими науковими фактами, відомими до моменту обґрунтування нормативу. ДДД є базовим нормативом гігієни харчування, який входить у санітарне законодавство.

Умовна класифікація харчових продуктів за придатністю до споживання

За безпечністю і придатністю до споживання харчові продукти умовно розділяють на такі групи:

1. Продукти, призначені для харчування без обмежень – повноцінні харчові продукти, які мають гарні органолептичні властивості, нешкідливі для здоров'я і відповідають вимогам нормативної документації за гігієнічними показниками.

2. Продукти, придатні для харчування, але зниженої якості – це продукти, які мають будь-який недолік або не відповідають вимогам нормативної документації за окремими показниками. Але ці недоліки не погіршують органолептичних властивостей продукту і не роблять його небезпечним для здоров'я споживачів. Наприклад, менший, порівняно зі стандартним, вміст жиру у сметані, молоці питному, підвищений вміст вологи у сирі сичужному чи кисломолочному і т.д. Ці продукти допускаються до реалізації за умови повідомлення споживача про їх знижену харчову цінність.

3. Умовно придатний продукт – продукт, що має недоліки, які не дають можливості використовувати його у харчуванні населення. Тобто спостерігається погіршення органолептичних властивостей, забруднення патогенними мікроорганізмами чи їх токсинами, пестицидами і т.і. Уповноважені особи повинні чітко визначати шляхи перероблення або знищення такої продукції.

4. Фальсифікований продукт – продукт, природні властивості якого змінено з метою введення в оману споживача. Наприклад, фруктові напої із концентратів, води, цукрозамінників і барвників з маркуванням “соки”, вершкове масло із заміною молочного жиру рослинним з маркуванням “солодковершкове масло”, горілка з неочищеного спирту тощо. Такі продукти не підлягають реалізації і після узгодження з санітарними установами використовуються на корм худобі або переробляються на технічні цілі.

5. Продукти-сурогати виробляються для заміни природних. Такі продукти зовнішньо не відрізняються від натуральних за виглядом, смаком, кольором, але переважно мають знижену харчову цінність (штучна ікра, кава зі злакових). Сурогати надходять у реалізацію, якщо вони нешкідливі для здоров'я людини і якщо споживача проінформовано про їх склад і походження.

Забруднення продуктів харчування

Основними шляхами забруднення сировини та харчових продуктів є:

- 1) **аерогенний** (безпосередньо або опосередковано через ґрунт) – осадження або вимивання опадами атмосферних викидів;
- 2) **гідрогенний** (через ґрунт) – використання стічних вод або забруднених поверхневих вод з метою зрошення сільськогосподарських угідь;
- 3) **ґрунтовий** – вирощування сільськогосподарських культур на забруднених ґрунтах;
- 4) **технологічний** – використання хімічних засобів захисту рослин, антибіотиків, харчових добавок і консервантів у виробництві продовольчої сировини і продуктів харчування.
- 5) **контактний** – міграція хімічних речовин із тари і пакувальних матеріалів у продукти харчування.

Практично всі харчові продукти містять **ксенобіотики** (чужорідні речовини) і **контамінанти** (забруднювачі). Вважають, що з отрут, які потрапляють в організм людини, 70% надходить з їжею, 20% - з повітрям і 10% - з водою.

До **ксенобіотиків** відносять сполуки, які не властиві натуральному продукту, але можуть бути додані до нього для покращення або збереження якості і харчових властивостей або утворюватися в результаті технологічної обробки продуктів. До ксенобіотиків відносять і харчові добавки (барвники, смакові інгредієнти, ароматизатори, антиоксиданти та ін.), які вносять у продукти у кількостях, необхідних для досягнення технологічного ефекту, не перевищуючи встановлених норм.

Хімічними **контамінантами** харчових продуктів, які потрапляють із навколишнього середовища, є:

Метали: свинець, ртуть, олово, кадмій, хром, сурма, кобальт, нікель, миш'як, олово, мідь, залізо, цинк.

Пестициди, метаболіти, продукти їх деградації: фосфорорганічні інсектициди, хлорорганічні інсектициди, дитіокарбонати, метилбромід та інші.

Радіоізотопи: цезій-137, стронцій-90, йод-131.

Нітрати, нітри, нітросполуки.

Інші речовини, такі як: поліциклічні ароматичні сполуки, полігалогенні дифеніли і терфеніли, стимулятори росту сільськогосподарських тварин, антибіотики, органічні сполуки, що мігрують з пакувальних матеріалів тощо.

Критерії безпеки товарів народного споживання та їх гігієнічне нормування (продовження)

Знаючи ДДД і ДДН та середній набір харчових продуктів у добовому раціоні, вираховують гранично допустиму концентрацію ксенобіотика (у мг на 1 кг або у мг на 1г продукту) у тих продуктах, у яких він може знаходитись.

ГДК визначають розрахунковим шляхом:

$$\text{ГДК} = (\text{ДДН} \cdot \text{Пс}) / \text{Мпр} \cdot 100\%, \text{ де}$$

ДДН - допустиме добове надходження,

Пс - фактичний або прогнозований вміст речовини у даному продукті (у % ДДД або загального вмісту речовини у продуктах),

Мпр - маса даного продукту у стандартному добовому раціоні, кг.

Нормативи обмежень єдиної назви не мають і використовують терміни:

- для пестицидів - максимально допустимі рівні (МДР);
- для важких металів - гранично допустимі рівні (ГДР);
- для нітратів - допустимий вміст;
- для харчових добавок - межа.

Значення ДДД і ДДН для багатьох харчових добавок, пестицидів, мікро- та макроелементів розроблені Комітетом експертів Продовольчої і сільськогосподарської організації при ООН і експертною групою ВООЗ (ФАО/ВООЗ).

Схема дії контамінанта на організм людини

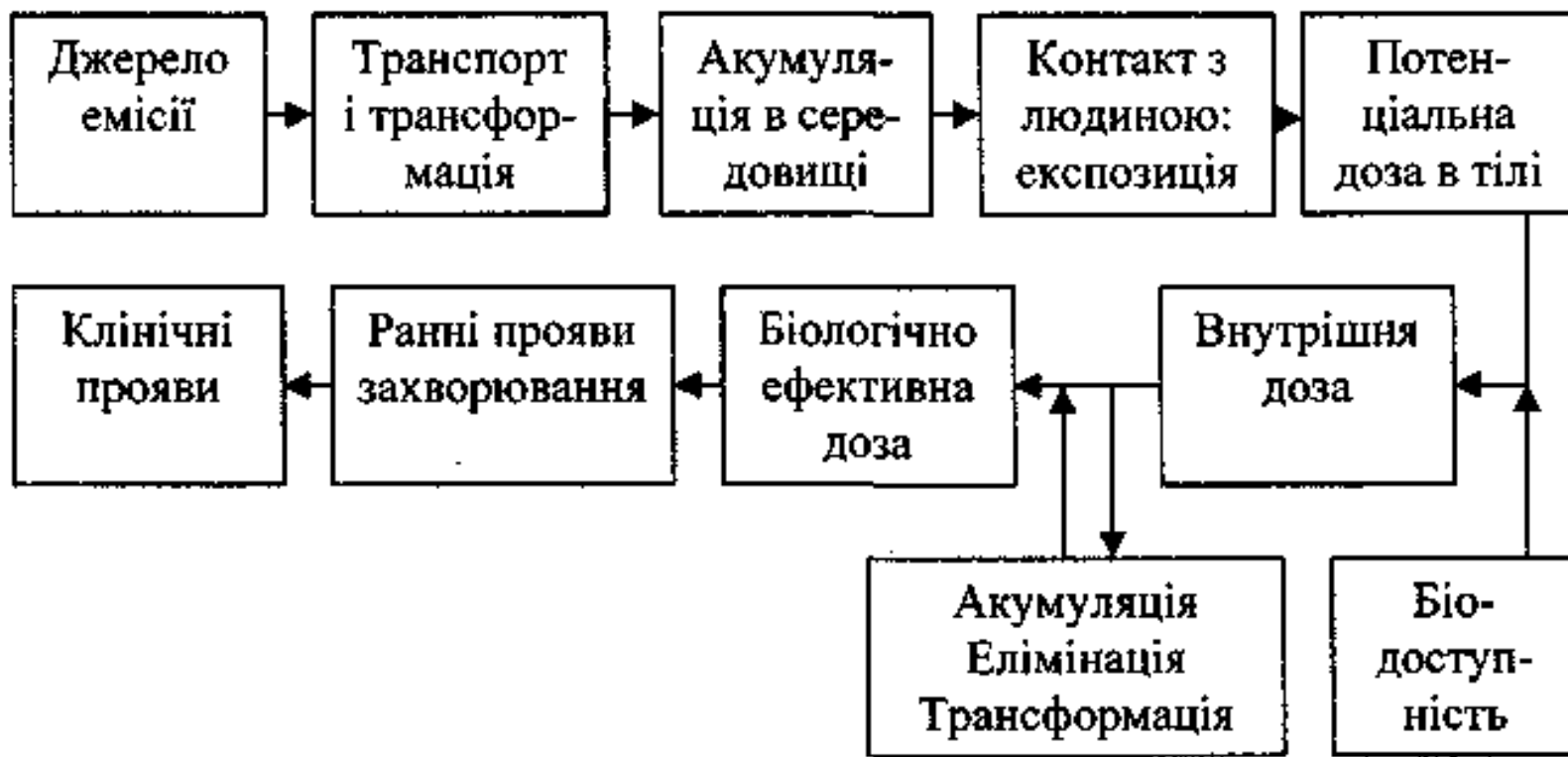


Схема забруднення харчових продуктів канцерогенними речовинами

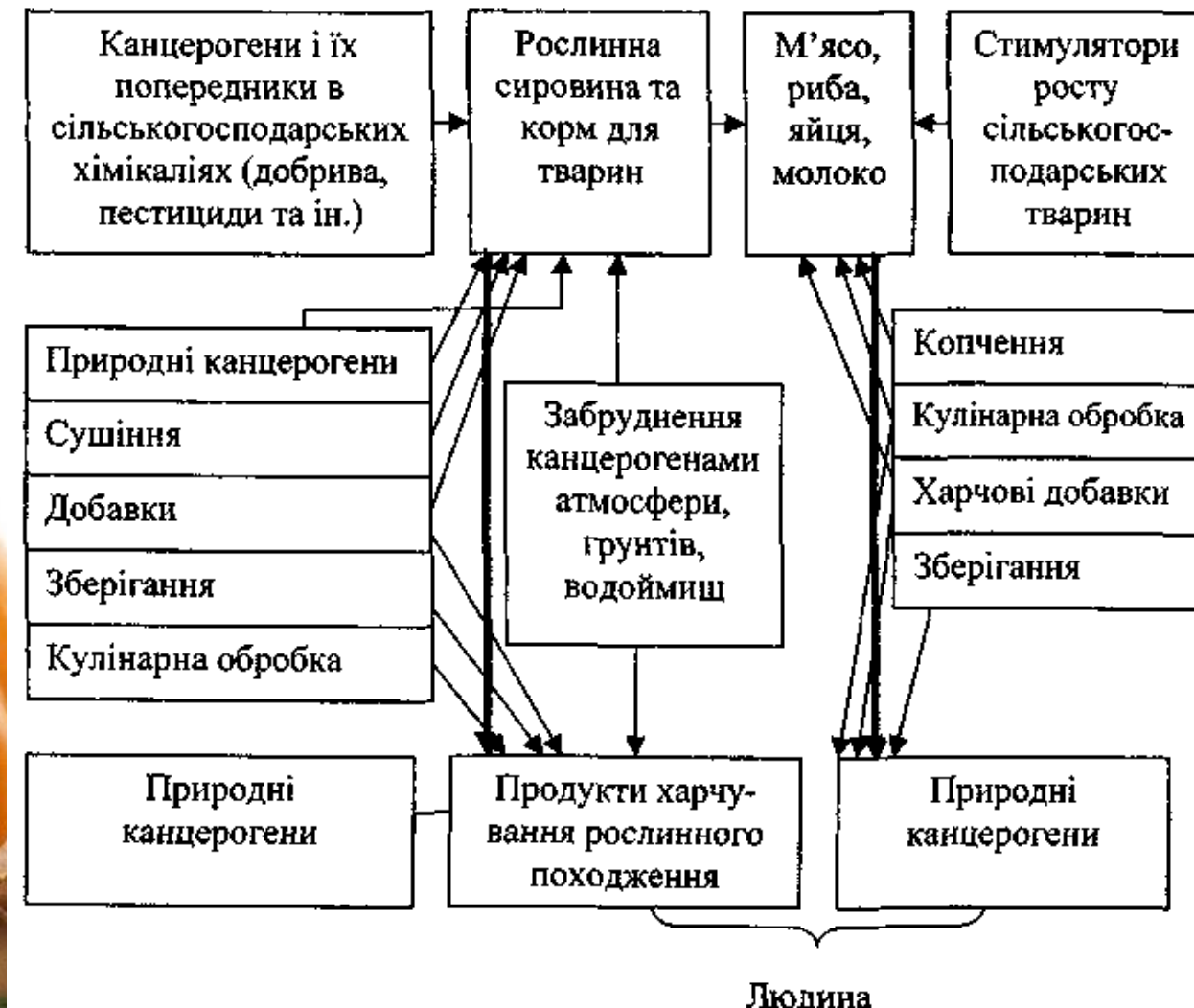


Схема гігієнічних досліджень по регламентуванню ДДС і ГДК чужорідних речовин у продуктах харчування



Сполуки і продукти, що виробляються і використовуються промисловістю, побутові і природні фактори з доведеною (група 1) канцерогенністю для людини

Об'єкти дослідження*	Найбільш вірогідні органи, в яких можуть виникати пухлини**
Сполуки, продукти, природні канцерогени	
4-Амінодифеніл ^{1,2,3}	Сечовий міхур
Азбести ¹	Легені, плевра, очеревина (ШКТ, гортань)
Афлатоксини (В ₂ В ₂ , G ₁ , G ₂)	Печінка, легені
Бензидин ^{1,2,3}	Сечовий міхур
Бензол ^{1,3}	Кровотворна система
Бенз/а/пірен ^{1,2,3}	Легені, шлунок, шкіра
Берилій і його сполуки	Легені
Бісхлорметилловий і хлорметилловий (технічний) ефіри ¹	Легені
Вінілу хлорид ¹	Печінка, кровоносні судини (мозок, легені, лімфатична система)
Ерйоніт ¹	Плевра, очеревина
Етилену оксид ¹	Лімфатична та кровотворна системи
Іприт сірчистий ^{1,3}	Глотка, гортань, легені
Кадмій і його сполуки ^{1,3}	Простата
Кам'яновугільні і нафтові смоли, пеки і їх сублимати ^{1,3}	Шкіра, легені, сечовий міхур, гортань, порожнина рота
Мінеральні масла неочищені і неповністю очищені ^{1,3}	Шкіра (легені, сечовий міхур, ШКТ)
Миш'як і його неорганічні сполуки ^{1,2,3}	Легені, шкіра
1-Нафтиламін технічний, що містить понад 0,1% 2-нафтиламіну ^{1,2,3}	Сечовий міхур
2-Нафтиламін ^{1,2,3}	Сечовий міхур (легені)
Нікель, його сполуки і суміші сполук нікелю ¹	Порожнини носа, легені, гортань
Сажі побутові ^{1,3}	Шкіра, легені
Сланцеві масла ^{1,3}	Шкіра, шлунково-кишковий тракт
Тальк, що містить азбестоподібні волокна ¹	Легені
Побутові та природні фактори	
Алкогольні напої	Глотка, стравохід, печінка, гортань, порожнина рота (молочна залоза)
Радон ¹	Легені
Сонячна радіація ³	Шкіра
Тютюновий дим ¹	Легені, сечовий міхур, порожнини носа, гортань, глотка, стравохід, підшлункова залоза, нирки
Тютюнові продукти бездимні ²	Порожнини рота, глотка, стравохід
Примітки: * Шлях надходження до організму: ¹ - інгаляційний, ² - пероральний, ³ - надшкірний ** В дужках - органи, в яких пухлини можуть виникати з меншою вірогідністю.	

Сполуки і продукти, що виробляються і використовуються промисловістю, побутові і природні фактори з вірогідною (група 2) канцерогенністю для людини

Об'єкти дослідження*	Найбільш вірогідні органи, в яких можуть виникати пухлини***
Сполуки, продукти, природні канцерогени	
Акрилонітрил	(Легені, простата, лімфатична система — лімфоми) ¹
Епіхлоргідрин	(Дихальні шляхи)
Іприт азотистий	Шкіра, кровотворна та лімфатична системи ^{1,3}
Кремнезем кристалічний	(Легені) ¹
Креозоти	(Шкіра) ³
N-Метил-N-Нітро-N-нітрозогуанідин	(Мозок)
Поліхлоровані біфеніли	(Печінка, шкіра, кровотворна система)
о-Толуїдин	(Сечовий міхур) ^{2,3}
Формальдегід	(Носові порожнини) ¹
п-Хлор-о-Толуїдин	(Сечовий міхур)
Примітки: * Шлях надходження до організму: ¹ - інгаляційний, ² - пероральний, ³ - надшкірний **В дужках - органи, в яких пухлини можуть виникати з меншою вірогідністю. *** Шлях проникнення визначається регламентом застосування препарату.	



Рекомендації ВООЗ про допустиме щотижнєве надходження токсичних важких металів в організм людини з їжею і через інші джерела

Важкі метали	Норма	
	мг на одну людину	мг/кг маси тіла
Ртуть	0,3	0,005
Метилртуть (у перерахунку на ртуть)	0,2	0,003
Свинець	3,0	0,05
Кадмій	0,4-0,5	0,0067-0,0083

Доза добового надходження елементів на людину в розрахунку на масу 70 кг, мг/добу

Елемент	Нормальна	Токсична	Летальна
Ртуть	0,004-0,02	0,4	150-300
Мідь	0,5-6	125-200	1750-2500
Алюміній	0,0014-0,08	60	1300-6200
Кадмій	0,07-0,3	3-330	1500-9000
Хром	0,01-1,2	200	3000-8000
Цинк	5-40	150-600	6000
Свинець	0,06-0,5	-	10000
Залізо	6-40	200	7000-35000

ГДК деяких хімічних елементів у основних групах харчових продуктів, мкг/кг сирого продукту

Елемент	Рибні	М'ясо-продукти	Молочні продукти	Хлібні і зерно-продукти	Овочі	Фрукти	Соки та напої
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,01	0,005
Кадмій	0,1	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
Свинець	1	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
Миш'як	1	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Мідь	10	5	0,5	5	10	10	5
Цинк	40	40	5	25	10	10	10
Залізо	30	50	3	50	50	50	15
Олово	200	200	100	-	200	100	100
Сурма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3	0,2
Нікель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3
Селен	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Алюміній	30	10	1	20	30	20	10
Фтор	10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Йод	2	1	0,3	1	1	1	1

Гігієнічні нормативи вмісту N-нітрозаміну (N-нітрозодіметіламін (НДМА), N-нітрозодіетіламін (НДЕА)) у окремих харчових продуктах, мг/кг

Продукти	Сумарний вміст НДМА, НДЕА	Межа виявлення
М'ясо, варені ковбасні вироби, м'ясні консерви	0,002	0,001
Копчені м'ясні продукти	0,004	0,001
Пиво	0,003	0,001
Зерно	0,002	0,001
Рибні продукти	0,003	0,001

Забруднення харчових продуктів пестицидами

Пестициди - це різні хімічні речовини, які призначені для боротьби із шкідниками і хворобами культурних рослин, з паразитами у тварин.

За хімічною будовою пестициди поділяють на хлорорганічні, фосфорорганічні, ртутьорганічні, карбомати, синтетичні піретроїди, інші органічні препарати.

Залежно від ступеня небезпечності для людей і тварин пестициди поділяють на малотоксичні (понад 1000 мг/кг), середньотоксичні (у межах 200-1000 мг/кг) і високотоксичні (у межах 50-200 мг/кг). Ступінь шкідливості пестицидів визначається надходженням та рівнем вмісту їх у харчових продуктах.

Більшість пестицидів проявляють мутагенну і канцерогенну дію і тому використання їх строго регламентується.

Забруднення харчових продуктів пестицидами відбувається: під час обробки сільськогосподарських культур, зерна, продовольчих запасів, тварин, птиці, шляхом транслокації їх у рослини з ґрунту, при використанні забрудненої води для повторної обробки рослин, при обробці лісів пестицидами вони можуть потрапити у дикорослі плоди, ягоди, гриби, організм диких тварин, при використанні для напування тварин забрудненої пестицидами води і кормів. Деякі пестициди дуже стійкі і можуть зберігатися у ґрунті і харчових продуктах до 12 років після застосування.

МДР пестицидів у харчових продуктах тваринного походження, мг/кг

Продукт	Пестициди	МДР
М'ясо, яйця, молоко	Атразин	0,02
М'ясо і м'ясні продукти, молоко і молочні продукти	Байтекс	0,20
Жир м'ясний	Базудин	0,70
Яйця, м'ясо	Бордоська рідина	2,00
М'ясо	Вольфазол "Д"	0,005
Молоко, м'ясо	Гамма-ізомер ГХЦГ 16%	0,005
Молоко, яйця, масло вершкове, жир	Гексахлоран	0,005
М'ясо, м'ясопродукти	Корал	0,20
М'ясо	Тролен	0,30

Радіаційне забруднення продуктів харчування

Небезпека забруднення організму радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених продуктів і від швидкості виведення радіоактивних речовин з організму.

Основна маса раціоном, до 5% - з питною водою і 1% - з повітрям, яке вдихається.

радіонуклідів (до 94%) в організм людини надходить з добовим харчовим Харчовий продукт вважають придатним до споживання, якщо

$$\left(\frac{A}{H}\right)_{\text{цезій-137}} + \left(\frac{A}{H}\right)_{\text{стронцій-90}} \leq 1 ,$$

де A - питома активність радіонукліду стронцію-90 і цезію-137 в даному харчовому продукті,

H - нормативи по стронцію-90 і цезію-137 для цього виду продукту.

Якщо

$$\left(\frac{A}{H}\right)_{\text{цезій-137}} + \left(\frac{A}{H}\right)_{\text{стронцій-90}} > 1 ,$$

або коли в харчових продуктах, харчовій сировині присутні інші радіонукліди техногенного походження, то слід керуватися НРБ.

Фізіолого-гігієнічне регламентування використання харчових добавок



Забруднення харчових продуктів антибіотиками та гормональними препаратами

Джерелом забруднення є кормові антибіотики (пеніцилін, стрептоміцин, тетрациклін), біостимулятори (біовіт, кормогризин, гризин, вітаміцин, фрадизин), лікувальні препарати (стептоміцин, пеніцилін та ін.).

Допустимий рівень антибіотиків у деяких харчових продуктах

Продукт	Антибіотик	Допустимий рівень, од.
Молоко, молоко згущене, кисломолочні продукти, сири, масло коров'яче	Пеніцилін	0,01
Молоко, молоко згущене, кисломолочні продукти, сири, масло коров'яче, субпродукти, яйця і ячні продукти, сало, м'ясо і птиця	Тетрациклінова група	0,01
Субпродукти	Цинкобацитрацин	0,02
М'ясо і птиця, субпродукти	Гризин	0,5
Молоко, молоко згущене, кисломолочні продукти, сири, масло коров'яче, субпродукти, яйця і ячні продукти	Стрепроміцин	0,5
Молоко згущене	Нізин	0,25

Дослідженнями доведено, що деякі стероїдні гормональні препарати мають канцерогенну дію. Тиреостатичні гормони пригнічують функцію щитовидної залози, за рахунок чого знижуються обмінні процеси в організмі та підвищуються синтетичні реакції.

Синтетичні гормональні препарати, які вводять тваринам, є досить стійкими і здатними накопичуватися в їх організмі у досить великих кількостях. Залишки гормонів, які з продуктами можуть потрапити в організм людини, здатні вплинути на обмін речовин і спричинити небажані порушення фізіологічних функцій організму. У зв'язку з цим гігієнічними нормативами регламентується вміст гормонів у харчових продуктах.

Для м'ясних і молочних продуктів дозволено використання естрадіолу - 17 не більше 0,0005 мг/кг, тестостерону - 0,015 мг/кг. Максимально допустимі рівні залишків стимуляторів росту, а саме: зеранол у м'ясі великої рогатої худоби складає 0,002 мг/кг, печінці - 0,01 мг/кг, тренболонацетат у м'ясі великої рогатої худоби складає 0,002 мг/кг, карбадоке у м'ясі свиней - 0,005, в печінці - 0,03 мг/кг, глюкокортикозостероїди у м'ясі великої рогатої худоби і свиней та нирках - 0,0005, в печінці - 0,0025 мг/кг, молоці коров'ячому - 0,003 мг/л.

Забруднення продуктів харчування токсичними металами

Метали поділяють на есенціальні (життєво необхідні) та неесенціальні. До есенціальних металів відносяться хром, марганець, цинк, кобальт, мідь, залізо, молібден, селен, нікель і ванадій. За певних умов есенціальні і неесенціальні метали при критичному рівні проявляють токсичну дію. Для деяких металів встановлені як безпосередні, так і віддалені токсичні ефекти на індивід (канцерогенний ефект - для хрому, миш'яку, кадмію, берилію, нікелю) і його потомство (ембріотоксичний, тератогенний). До неесенціальних металів належать кадмій, свинець, ртуть, миш'як, берилій, титан, алюміній, барій, телур, олово, сурма. При значному надходженні їх в організм спостерігається хронічна інтоксикація, яка має своєрідний для кожного металу характер і патогенез (критичні ефекти та органи). Існують спільні закономірності властивостей металів та їх сполук:

- іони металів вступають у взаємодію з біомолекулами організму за допомогою реакційно здатних груп (сульфгідрильних, карбоксильних, фосфатних та ін.), порушуючи тим самим певну біологічну функцію, в результаті чого може статися інактивація ферментів;
- токсичні ефекти, властиві металам, можуть виникати як при їх прямому зв'язуванні з певними складовими частинами організму, так і внаслідок антагонізму між ними або іншими елементами.
- при підвищеному надходженні, особливо есенціальних елементів, у деяких випадках виявляється початкова фаза активації залежних від нього процесів, услід за якою настає їх порушення;
- маючи специфічні способи детоксикації і виведення, людський організм до певної міри регулює дію металів, що надходять. При підвищеному надходженні ці способи досить швидко активуються і в певних межах можливе пристосування.

До харчових продуктів токсичні метали потрапляють із викидів підприємств, електростанцій, транспорту, стічних вод, забрудненого ґрунту, внаслідок контакту з металевим обладнанням, посудом, упакованням тощо.

Згідно вимог ВООЗ здійснюється гігієнічний контроль ртуті, кадмію, свинцю, миш'яку, цинку, міді, олова і заліза, які мають високий рівень токсичності.

Токсикологічна характеристика важких металів

Ртуть (меркурій) (Hg) найбільш небезпечна, коли вона приєднана до атома вуглецю метилової, етилової або пропілової груп - це так звані алкалртутні сполуки з коротким ланцюгом.

Джерелом забруднення ртуттю сільськогосподарських продуктів є використання ртутьвмісних пестицидів, протравленого зерна і борошна з нього. При годівлі тварин забрудненим ртуттю зерном забруднюються продукти тваринництва. Пари ртуті поглинаються деревом, штукатуркою і, нагромаджуючись під підлогою, у плінтусах, легко випаровуються, забруднюючи повітря приміщень.

Особливе місце щодо забруднення харчових продуктів ртуттю посідають морська риба і продукти моря, а також риба прісноводних водоймищ. Це пояснюється близькістю до акваторії індустріальних, промислових та сільськогосподарських джерел забруднення. Небезпечними щодо забруднення ртуттю водоймищ є стоки целюлозної та паперової промисловостей, а також хімічних підприємств з виробництва їдкої натрію та ацетальдегіду. З неорганічної ртуті в організмах гідробіонтів утворюються алкільні похідні, які є основним джерелом отруєння. Крім цього, сполуки ртуті, які потрапляють у озера, моря та інші водойми, під впливом бактерій перетворюються на токсичну метилртуть, яку риби здатні накопичувати безпосередньо з води. При забрудненні водоймищ ртуттю вже через 48 год концентрація її у рибі збільшується у 300 разів.

За даними досліджень Київського НДІ гігієни харчування концентрації ртуті у рибі, виловленій з великих рік України, складала у щуки, окуня, сома, судака 107-509 мкг/кг, ляща та ліна - 79-200 мкг/кг. До 1000 мкг/кг виявлена концентрація ртуті у морській рибі тунці, риби-саблі.

Сполуки ртуті мають ембріотоксичний, тератогенний, мутагенний ефект. Тому особливу групу ризику складають вагітні жінки, так як сполуки ртуті легко проникають через плаценту і можуть спричинити важкі церебральні розлади у новонароджених навіть за повної відсутності ознак отруєння у матерів.

В організмі людини ртуть і її неорганічні сполуки уражають в основному печінку, нирки, нервову і видільну системи, порушують білковий обмін і ферментативні процеси. Небезпечною є метилртуть, яка майже повністю всмоктується у шлунково-кишковому тракті.

Людина при споживанні 1,5-2,0 кг харчових продуктів в день отримує 0,045-0,06 мг ртуті.

За рекомендаціями експертного комітету ВООЗ вміст ртуті у харчових продуктах не повинен перевищувати 0,03 мг/кг. **Летальна доза ртуті** для дорослого становить 0,075-0,300 г на добу.

Токсикологічна характеристика важких металів (продовження)

Свинець (плюмбум) (Pb) - його присутність виявлена в будь-якому виді харчових продуктів, що випускаються в різних країнах. Картопля, капуста, огірки, томати, морква і цибуля, вирощені на ґрунтах з вмістом свинцю 220-480 мг/кг, містять його в 2-5 разів більше, ніж овочі, які виростили в тих же кліматичних умовах, але на ґрунті з меншим вмістом (18 мг/кг) зазначеного токсиканту. В організм людини (масою 70 кг) з харчовими продуктами в добу надходить в середньому 0,2-0,3 мг, а з водою - близько 0,02 мг свинцю. Як максимально допустиму кількість свинцю для дорослої людини встановлена доза, рівна 3 мг в тиждень. Йони двовалентного свинцю утворюють міцні зв'язки із сульфгідрольними групами органічних речовин. Ця реакція викликає блокування SH-утримуючих ферментів. Стабільні сполуки двовалентного свинцю з нуклеотидами, особливо з цитидином. Свинець утворює також стабільні комплекси з карбоксильними і фосфатними групами біополімерів. Зазначені властивості лежать в основі токсичної дії сполук свинцю. Викликає ураження печінки, нирок, судин, статевих органів, центральної і периферичної нервової системи, церебральний параліч, викидні, анемії, паралічі, атрофію зорового нерва. **Летальна доза** для дорослої людини – 10 г/добу.

Кадмій (Cd) - розчиняється в органічних кислотах і легко переходить у харчові продукти. З усіх важких металів, що забруднюють харчові продукти і напої, кадмій відноситься до найбільш небезпечних не тільки через високу токсичність, але й у зв'язку з його широким поширенням і застосуванням. До біомікроелементів кадмій не відноситься. При надходженні з харчовими продуктами організмом засвоюється 6-8% кадмію. Період напіввиведення останнього з організму складає 13-40 років. У харчових продуктах кадмій утримується, мкг/кг: у зернових - 28-35; картоплі - 12-50; капусті - 2-26; помідорах - 10-30; салаті - 17-23; цукрі - 5-31. Дуже велику кількість кадмію містять гриби: 0,1-5,0 мг/кг. Токсична дія кадмію, що надходить в організм із харчовим раціоном і питною водою, зв'язана з його фізіологічним антагонізмом до цинку. Викликає хвороби нирок і легень, рак підшлункової і передміхурової залози, цироз печінки, розпад кісткової тканини. Вважає мутагенну і тератогенну дію. Має кумулятивні властивості. **Летальна доза** для дорослої людини - 1,5-9 г/добу.

Токсикологічна характеристика важких металів (продовження)

Цинк (Zn), є біомікроелементом, що входить до складу 80 ферментів, які утримуються в організмі людини. Добова потреба в цинку дорослої людини складає 15 мг. У харчових продуктах вміст цинку складає, мг/кг: фрукти, овочі - 5; картопля, морква - 10; яйця - 15-20; зерно і горіхи - 25-30, борошно - 5-8. Більше всього цинку утримується в печінці і бобових. У варених овочах кількість цинку знижується на 30-70%. У біологічному середовищі іон цинку легко утворює комплекси з амінокислотами, пептидами і білками, а також з нуклеотидами, і його виявляють у РНК. Входить до складу гормону інсуліну, що приймає участь у вуглеводному обміні, а також у ряді багатьох важливих ферментів. Нестача цинку у дітей затримує ріст і статевий розвиток. При надлишку може викликати анемію, пухлини, інтоксикацію, набряк легень, ураження шкіри. **Летальна доза** для дорослої людини - 6 г/добу.

Олово (станум) (Sn). Понад 50% його кількості, що добувається в усьому світі йде на виробництво олов'яних покриттів і припою. Відповідно до тимчасових гігієнічних нормативів допускається вміст олова у фруктах, соках і безалкогольних напоях близько 100 мг/кг, а в овочевих консервах більш 200 мг/кг. Підвищена концентрація олова в харчових продуктах може привести до гострого отруєння. Реакція людей на визначену кількість поглиненого олова може бути різною. Катіони олова взаємодіють з донорними групами білків. Іон двовалентного олова, як м'яка кислота Льюїса, міцно зв'язується з м'якою - SH-групою. Здійснює загальтоксичну дію. **Летальна доза** для дорослої людини - 2 г/добу.

Мідь (купрум) (Cu) належить до мікроелементів, необхідних для життєдіяльності людини. Дефіцит міді у харчуванні, незважаючи на достатнє забезпечення залізом, призводить до розвитку анемії. Однак, надходження в організм досить високих доз міді є причиною гострих отруєнь. Джерелами забруднення харчових продуктів міддю є вироби з міді, які використовують у харчовій промисловості (котли, апаратура, трубопроводи та ін.), пестициди, що містять мідь (особливо при вирощуванні винограду), індустріальне забруднення навколишнього середовища. У найближчих до виробничих підприємств зонах концентрація міді у ґрунті досягає 350 мкг/кг. У рослинах мідь міститься у комплексному зв'язку з білками, амінокислотами і в цій формі легше засвоюється. Сліди міді у продуктах з фруктів та овочів призводять до повного руйнування вітаміну С. В організм сільськогосподарських тварин мідь потрапляє з кормами.

При надходженні в організм людини з їжею мідь ресорбується в основному верхньою частиною тонкої кишки. Після досягнення певної концентрації при початковому накопиченні в печінці вона починає циркулювати у крові в іонному стані, після чого легко затримується у м'язах. Летальною для організму людини є концентрація купруму 0,175-0,250 г/добу.

Екологічна безпека людини при вживанні продуктів харчування забруднених важкими металами

ГДК важких металів в продовольчій сировині та продуктах харчування, мг/кг

Продукти харчування та сировина	ГДК					
	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Sn
Хлібопекарські та кондитерські вироби	0,3-2,0	0,003-0,5	0,1-0,5	1,0-20,0	3,0-130,0	-
Молочні продукти	0,05-0,3	0,02-0,2	0,005-0,15	0,5-4,0	5,0-50,0	200,0
Рослинні продукти	0,1-10,0	0,03-1,0	0,02-0,1	0,5-100,0	5,0-20,0	200,0
М'ясо і м'ясні продукти	0,3-3,0	0,03-0,1	0,03-0,2	0,5-20,0	5,0-200,0	200,0
Риба і морепродукти	1,0-10,0	0,2-2,0	0,2-0,7	10,0-30,0	40,0-200,0	200,0
Напої	0,3-1,0	0,01-0,03	0,005	1,0-5,0	5,0-10,0	-
Продукти дитячого харчування	0,05-1,0	0,03-0,1	0,005-0,15	1,0-25,0	5,0-50,0	-

Накопичення важких металів в організмі людини при тривалому надходженні, мг/кг

Тривалість надходження, роки	Вміст акумульованого металу, мг/кг							
	Zn	Cu	Fe	Cd	Ni	Co	Mn	Cr
1	62,4	8,5	435	8,5	37,5	< 0,5	85,5	<2,5
2	88,6	10,5	358	9,5	39,5	< 0,5	108	<2,5
3	150,2	12	350	9,5	37,5	< 0,5	108,5	<2,5
4	193	11,5	340	11	17,5	< 0,5	108,5	<2,5
5	217	19	340	12	22,5	< 0,5	138	<2,5

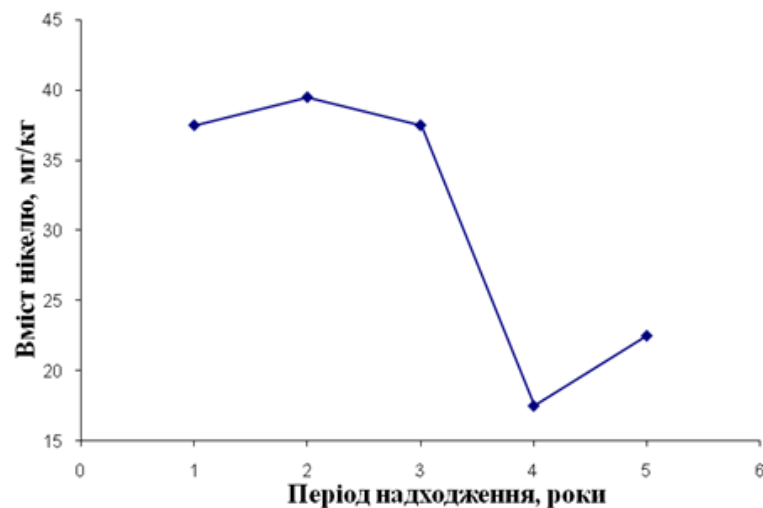
Zn, Cu, Cd та Mn здатні накопичуватися в організмі людини і не виводяться до кінця життя, Fe та Ni знаходяться в організмі залежно від їх надходження і виводяться при зменшенні їх споживання, а Co і Cr – взагалі майже не акумулюються.

Існує два типи кумуляції в організмі людини:

1 – **матеріальна**, котра виражається в нагромадженні токсичних речовин і речовин, що змінюють природний обмін речовин в організмі людини. Такі речовини називаються метаболітами (гр. – metabole – зміна).

2 – **функціональна**, яка супроводжується нагромадженням патологічних (гр. pathos – хвороба) ефектів тобто анатомічних змін в організмі людини.

Графічна залежність кумулятивних властивостей нікелю від періоду його надходження в організм людини



Графічна залежність кумулятивних властивостей кобальту від періоду його надходження в організм людини

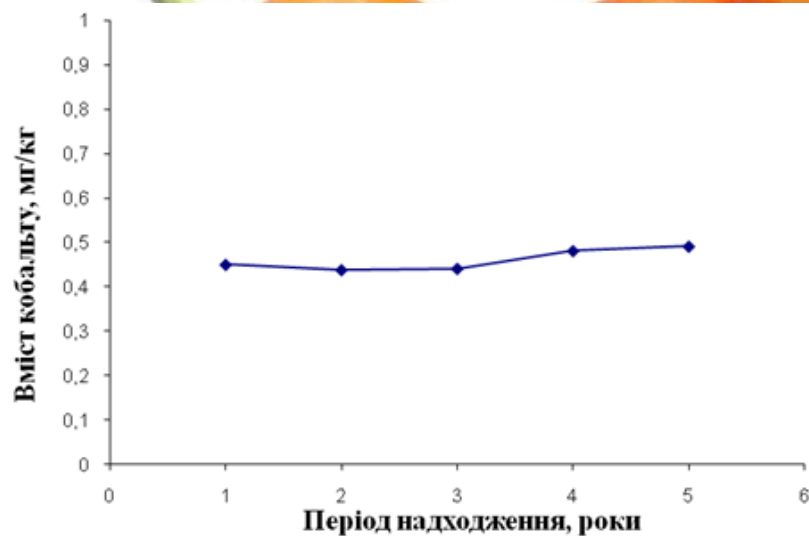


Схема забруднення продуктів харчування та продовольчої сировини важкими металами



Вміст металів у ґрунті, мг/кг

Хімічні елементи	2011 р. min/max	2012 р. min/max	2013 р. min/max	2014 р. min/max
Свинець	0,09/23,9	0,35/26,06	0,08/20,4	0,08/20,2
Цинк	0,93/32,48	0,24/28,15	0,14/23,2	0,19/21,13
Мідь	0,23/3,9	0,01/3,76	0,05/3,19	0,04/3,04

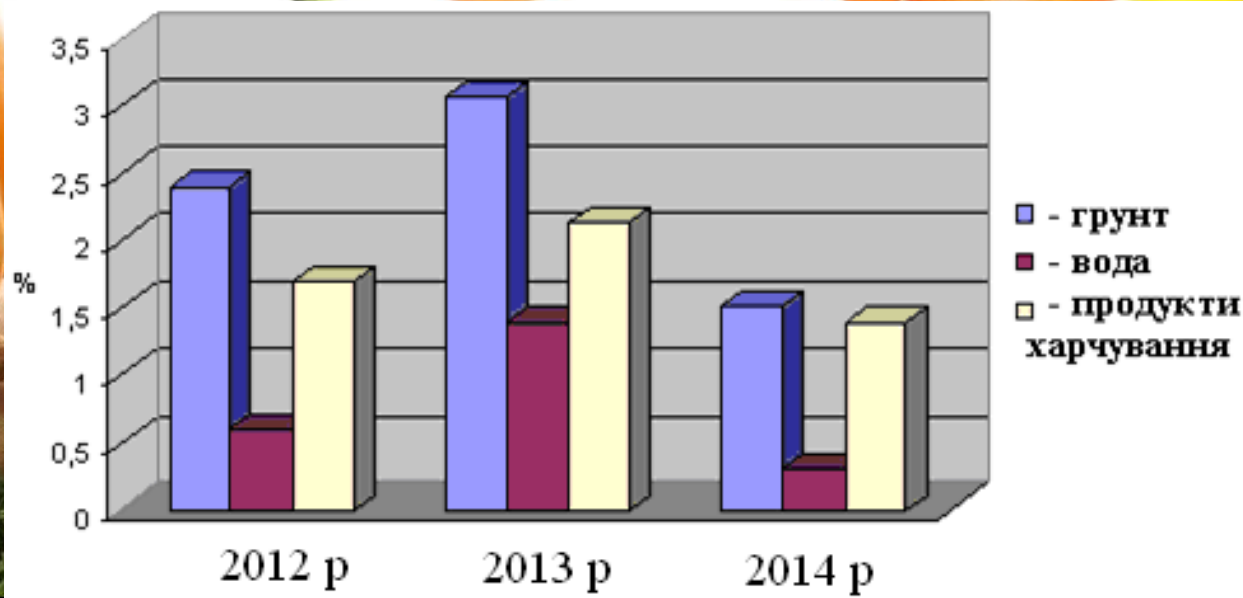
Вміст металів у питній воді, мг/л

Хімічні елементи	2013 р.		2014 р.	
	питна вода min/max	водойми min/max	питна вода min/max	водойми min/max
Свинець	0,0022/0,4	0,002/0,6	0,0012/0,0018	0,002/0,091
Цинк	0,039/0,3	0,35/2,7	0,028/2,57	0,027/1,36
Мідь	0,063/1,28	0,04/1,67	0,028/1,16	0,026/1,3

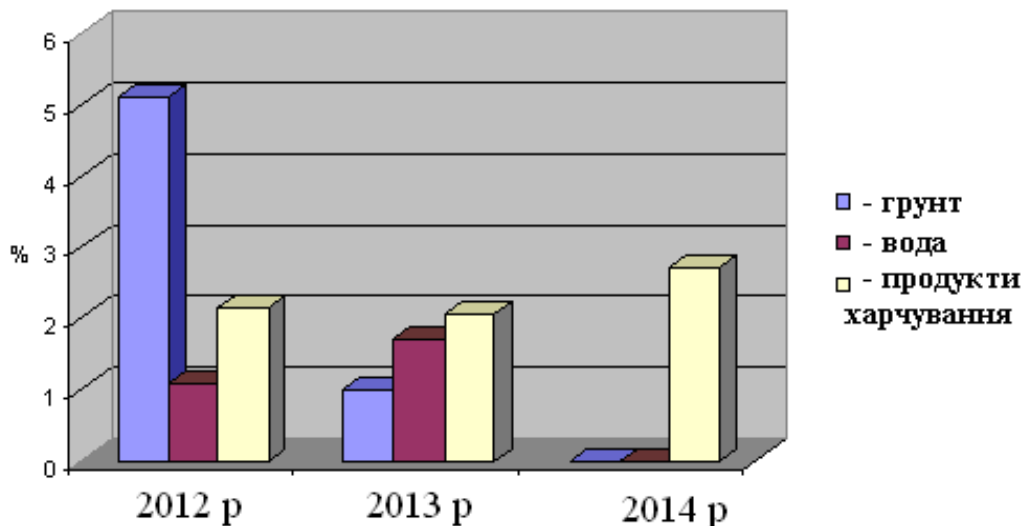
Вміст металів в продуктах харчування, мг/кг

Вид продукту	Хімічний елемент	2013 р.		2014 р.	
		max	min	max	min
Молоко та молокопродукти	Свинець	0,0064	0,8	0,0053	0,19
	Цинк	0,05	4,1	0,038	19,1
	Кадмій	0,0072	0,01	0,0016	0,0024
	Мідь	0,63	1,32	0,28	1,1
Хлібопродукти та круп'яні вироби	Свинець	0,015	0,184	0,011	1,08
	Цинк	0,64	19,4	0,82	20,18
	Кадмій	0,0061	0,0079	0,0001	0,0075
	Мідь	0,04	6,9	0,06	9,32
Овочі, плоди, ягоди	Свинець	0,018	0,09	0,00054	0,3
	Цинк	2,28	2,1	0,19	9,3
	Кадмій	0,008	0,09	0,00054	0,00095
	Мідь	0,15	0,01	0,19	2,84

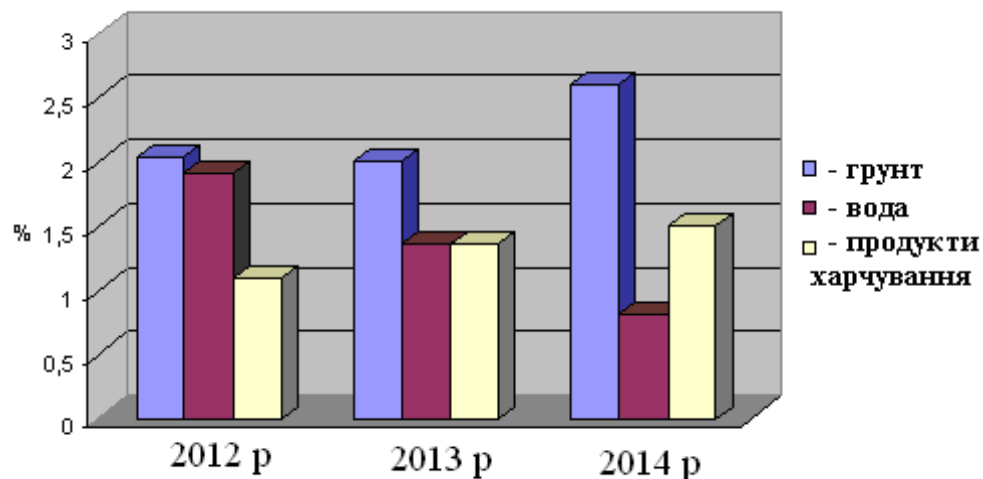
Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК свинцю в ґрунтах, воді та продуктах харчування



Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК цинку в ґрунтах, воді та продуктах харчування



Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК міді в ґрунтах, воді та продуктах харчування



Визначення вмісту важких металів в продовольчій сировині та харчових продуктах

Масову частку металу обчислюють за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot H_1 \cdot V_0 \cdot B}{(H_2 - H_1) \cdot V \cdot m}$$

де: X – масова частка металу, мг/кг;

m_1 – маса металу, доданого перед другим полярографуванням, мкг;

H_1 – висота хвилі, отримана при першому полярографуванні, мм;

H_2 – висота хвилі, отримана при другому полярографуванні, мм;

m – маса наважки продукту, взятого для мінералізації, г;

V_0 – загальний об'єм мінералізату, см³;

V – об'єм досліджуваному розчину, взятого для полярографування, см³;

B – кратність додаткового розведення при великій концентрації металу у досліджуваному розчині.

Продовольча сировина та продукти харчування, в яких проводилось визначення вмісту важких металів.

№ проби	Вид продукту	Місце вирощування
1	Картопля	Сабарів, м. Вінниця
2	Картопля	Вишенька, м. Вінниця
3	Картопля	центральна частина міста
4	Картопля	район залізничного вокзалу, м. Вінниця
5	Картопля	вул. Чехова, м. Вінниця
6	Картопля	Тяжилів, м. Вінниця
7	Молоко	Придбане на ринку «Урожай»
8	Круп'яні вироби	Придбані на ринку «Привокзальний»
9	Помідори	с. Іванівка Вінницького району
10	Ягоди	с. Зарванці Вінницького району

Вихідні дані для розрахунку вмісту свинцю

№ проби	1	2	3	4	5	6
m, мкг	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,74	1,04	1,25	1,60	2,40	3,20
H ₁ , мм	18	25	30	38	57	77
H ₂ , мм	34	50	60	76	114	154

Вихідні дані для розрахунку вмісту міді

№ проби	1	2	3	4	5	6
m, мкг	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,16	2,00	2,26	2,53	2,93	4,80
H ₁ , мм	5	26	29	33	38	62
H ₂ , мм	10	52	58	66	76	124

Вихідні дані для розрахунку вмісту кадмію

№ проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, мкг	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,024	0,034	0,041	0,044	0,056	0,062	0,12	0,24	0,0045	0,0072
H ₁ , мм	21	30	36	38	49	54	70	140	8	12
H ₂ , мм	42	60	72	76	98	108	140	280	16	24

Вихідні дані для розрахунку вмісту цинку

№ проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, мкг	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	12,6	16,8	22,0	24,4	38,5	44,1	54,6	152,0	96,0	122
H ₁ , мм	32	42	55	61	97	111	75	208	132	167
H ₂ , мм	64	84	110	122	197	222	150	416	264	334

Вміст важких металів в продуктах харчування

Продукт харчування	Zn		Cd	
	Вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг	Вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг
Молоко	4,1	5,0	0,009	0,03
Круп'яні вироби	11,4	50	0,018	0,1
Помідори	7,25	10,0	0,00034	0,03
Ягоди	9,15	10,0	0,00054	0,03

Вміст важких металів в картоплі, мкг/кг

№ проби	Масова частка металу			
	Pb	Cu	Cd	Zn
1	0,056	0,012	0,0018	0,95
2	0,078	0,15	0,0026	1,26
3	0,094	0,17	0,0031	1,65
4	0,12	0,19	0,0033	1,83
5	0,18	0,22	0,0042	2,69
6	0,24	0,36	0,0047	3,31

Статистична обробка результатів

Була проведена статистична обробка даних про вміст важких металів в картоплі, що вирощується на території м. Вінниця, встановлено мінімальну та максимальну концентрації, варіаційний розмах та інші статистичні характеристики. Середній вміст важких металів визначається за формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

де \bar{X} – середній вміст важких металів, мкг/кг;

X_i – вміст металу в кожній окремій пробі, мкг/кг;

n – кількість проб.

Розраховані значення вмісту важких металів наведено в таблиці

Середній вміст важких металів, мкг/кг

Статистична характеристика	Середній вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
\bar{X}	0,128	0,170	0,0032	1,980

Мінімальний та максимальний вміст важких металів в картоплі та варіаційний розмах зміни їх концентрації

Статистична характеристика	Середній вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
X_{\max}	0,056	0,012	0,0018	0,95
X_{\min}	0,240	0,360	0,0047	3,31
$X_{\max} - X_{\min}$	0,184	0,348	0,0029	2,36

Дисперсія визначається за формулою:

$$D = \frac{\sum_i^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1},$$

де D – дисперсія.

Розраховані значення дисперсії вмісту важких металів в картоплі, що вирощується та території м. Вінниця наведено в таблиці

Розраховані значення дисперсії

Статистична характеристика	Значення дисперсії			
	Pb	Cu	Cd	Zn
D	0,0048	0,014	0,00054	0,861

За результатами статистичної обробки можна зробити висновок, що вміст важких металів в картоплі, що вирощується на території м. Вінниця знаходиться в межах від 0,056 до 0,24 мг/кг – для свинцю; 0,012 – 0,36 мг/кг – для міді; 0,0018 – 0,0047 мг/кг – для кадмію; 0,95 – 3,31 мг/кг – для цинку.

Середній вміст важких металів складає: свинцю – 0,128 мг/кг; міді – 0,17 мг/кг; кадмію – 0,0032 мг/кг; цинку – 1,98 мг/кг.

Для картоплі гранично допустима концентрація металів складає 1,0; 5,0; 0,03; 10,0 мкг/кг для свинцю, міді, кадмію та цинку відповідно. Отже, картопля, вирощена та території м. Вінниці, містить визначені метали у концентраціях, що не перевищують гранично допустимі. Найменший вміст важких металів у картоплі з району Сабарова, а найбільший – з масиву Тяжилів. Це можна пояснити дією антропогенного чинника – на Тяжیلіві розміщено ряд промислових підприємств, автовокзал.

Прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування

За допомогою математичного моделювання і кореляційного аналізу можна оцінити вміст важких металів в продуктах харчування в залежності від їх вмісту в навколишньому середовищі та відстані від джерела забруднення.

Вихідними даними для кореляційного аналізу є величини вмісту важких металів в картоплі та ґрунтах, на яких вона вирощувалася. Проби ґрунту, відібрані в шести районах міста Вінниці, вміст важких металів в яких характеризує рівень забруднення кожного з цих районів за вмістом важких металів. Для проведення кореляційного аналізу використано дані лабораторії Вінницької санітарно-епідеміологічної станції про вміст важких металів в ґрунтах

Вміст важких металів в ґрунтах, мг/кг

Місце відбору проби	Вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
Сабарів	0,9	0,16	0,025	1,82
Вишенька	3,8	0,35	0,031	3,30
центральна частина міста	4,6	0,64	0,038	3,53
район залізничного вокзалу	5,4	1,08	0,046	3,70
вул. Чехова	6,0	2,36	0,057	5,60
Тяжилів	7,3	2,72	0,096	6,40

Для встановлення залежності між вмістом важких металів в продуктах харчування та ґрунтах потрібно виконати в програмному середовищі Microsoft Excel наступні дії:

- провести оцінку основних статистичних характеристик параметрів випадкових значень вмісту важких металів в картоплі та ґрунтах (математичне очікування, незміщена дисперсія та середньоквадратичне відхилення);
- обчислити лінійний коефіцієнт кореляції r вмісту важких металів в ґрунтах з їх вмістом в продуктах харчування;
- в залежності від отриманого значення коефіцієнта кореляції r зробити висновок про характер кореляції.

Основні статистичні характеристики розраховуються за формулами:
Математичне очікування:

$$\Delta x = \frac{\sum x_i}{n},$$

де: x_i – значення вмісту важких металів; n – кількість значень; Δx – математичне очікування.

Незміщена дисперсія:

$$D = \frac{\sum (x_i - \Delta x)^2}{n - 1},$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{D}$$



Прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування (продовження)

Статистична характеристика	Значення характеристик							
	Pb		Cu		Cd		Zn	
	грунт	картопля	грунт	картопля	грунт	картопля	грунт	картопля
\bar{x}, \bar{y}	4,670	0,1280	1,218	0,170	0,0490	0,0032	4,060	1,980
D	4,260	0,0048	1,155	0,014	0,0066	0,00054	2,710	0,861
δ	2,064	0,0690	1,075	0,020	0,0810	0,0023	1,648	0,929

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\delta x \cdot \delta y},$$

де r – коефіцієнт кореляції;

x і y – середні значення вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування відповідно;

δx та δy – середнє квадратичне відхилення вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування відповідно.

Результати розрахунків коефіцієнтів кореляції вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування, виконані в програмному середовищі Microsoft Excel наведено в таблиці

Значення коефіцієнтів кореляції вмісту важких металів в ґрунтах з їх вмістом в продуктах харчування

Назва металу	Значення коефіцієнтів кореляції
Свинець	0,883
Мідь	0,892
Кадмій	0,914
Цинк	0,983

За результатами кореляційного аналізу можна зробити висновок, що вміст важких металів в продуктах харчування на території міста Вінниця суттєво залежить від їх вмісту в ґрунтах, на яких вони вирощуються. Найтіснішим є зв'язок між вмістом цинку в ґрунтах та картоплі, на що вказує значення коефіцієнта кореляції, який майже дорівнює 1.

Динаміка вмісту цинку в продуктах рослинного походження в залежності від його вмісту в ґрунті

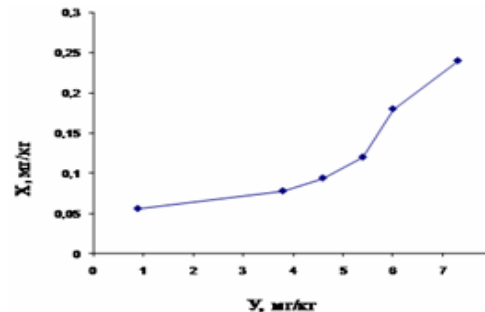


Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування

Дані спостереження за зміною вмісту важких металів в картоплі та ґрунтах мають стохастичну природу, але в них є чітко виражений тренд. Ідентифікуємо його модель поліноміальним рівнянням n-го порядку, а також експоненціальною, логарифмічною та степеневою залежностями.

Для екстраполяції необхідно для заданого набору даних розв'язати задачу апроксимації. Ідентифікація параметрів та структури математичної залежності, яка описує заданий набір точок, проводиться наступним чином:

- будується графік залежності вмісту важких металів в картоплі (y_i) від їх вмісту в ґрунтах (x_i)



Графік залежності вмісту свинцю в картоплі від його вмісту в ґрунтах

- визначається тип математичної залежності $y(x)$, якою можна описати криву графіку. Апроксимацію здійснюємо кривою першого порядку – лінійна залежність типу $y(x) = k \cdot x + b$, нелінійними поліноміальними залежностями - кривою другого (типу $y(x) = a \cdot x^2 + k \cdot x + b$) та третього (типу $y(x) = c \cdot x^3 + a \cdot x^2 + k \cdot x + b$) порядку, а також експоненціальною, логарифмічною та степеневою залежностями;

- здійснюється ідентифікація параметрів усіх вибраних математичних залежностей;

- знаходяться значення коефіцієнтів регресійних залежностей, що описують заданий набір даних.

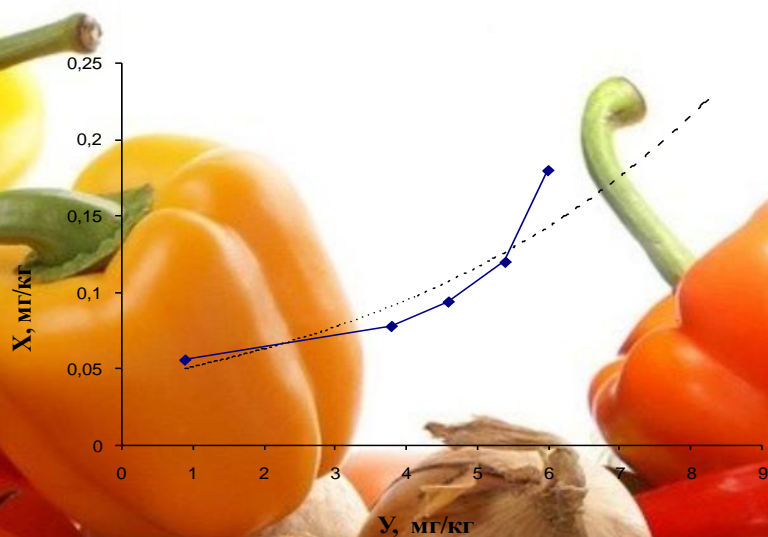
Значення коефіцієнтів різних типів залежності

Рівняння кривої	Значення коефіцієнтів
$y(x) = k \cdot x + b$	$k = 0,0202$; $b = 0,0218$
$y(x) = a \cdot x^2 + k \cdot x + b$	$a = 0,0081$; $k = -0,0339$; $b = 0,0811$
$y(x) = c \cdot x^3 + a \cdot x^2 + k \cdot x + b$	$c = 0,0046$; $a = -0,0417$; $k = 0,1191$; $b = -0,0208$
$y = a \cdot \log_{(x)} + b$	$a = 0,045$; $b = 0,0495$
$y = a \cdot x^b$	$a = 0,0539$; $b = 0,4763$
$y = a \cdot e^{b \cdot x}$	$a = 0,0417$; $b = 0,2052$

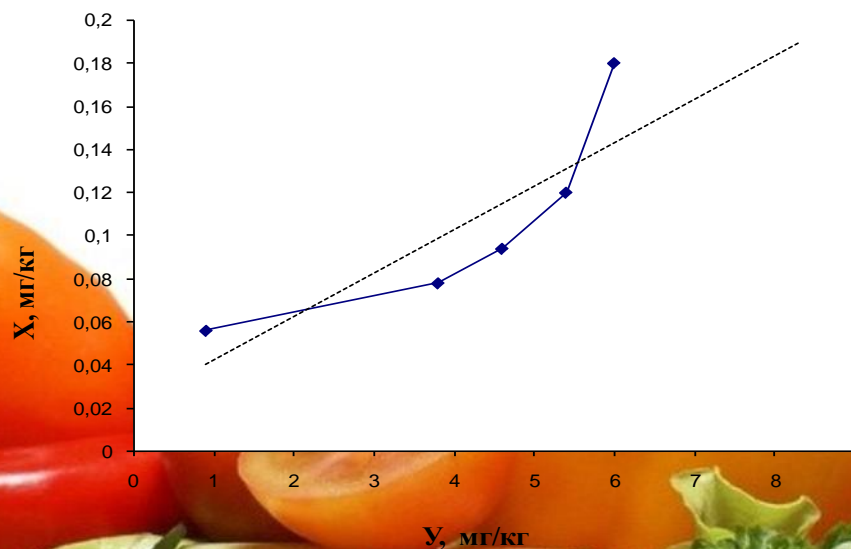
Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування рослинного походження з використанням різних математичних залежностей

Вміст свинцю в ґрунті, мг/кг	Спрогнозоване значення вмісту свинцю в картоплі, мг/кг					
	Вид залежності					
	$y(x) = k \cdot x + b$	$y(x) = a \cdot x^2 + k \cdot x + b$	$y(x) = c \cdot x^3 + a \cdot x^2 + k \cdot x + b$	$y(x) = a \cdot \log_{(x)} + b$	$y(x) = a \cdot x^b$	$y(x) = a \cdot e^{b \cdot x}$
7,3	0,19	0,235	0,241	0,145	0,15	0,23

Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою експоненціальної залежності

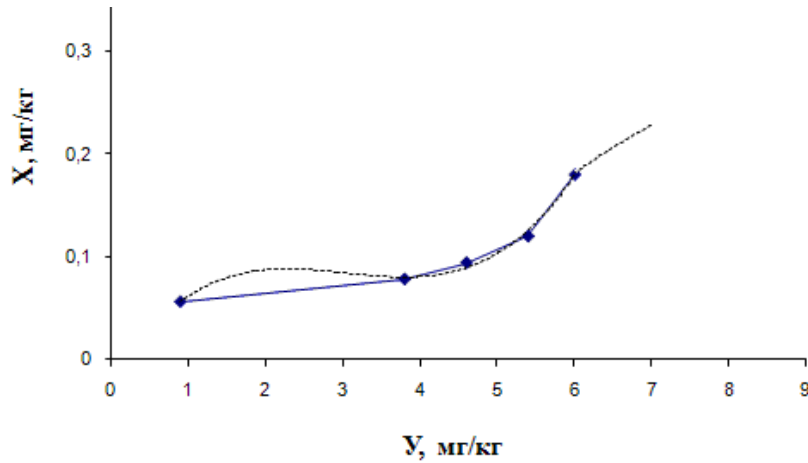


Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою лінійної залежності

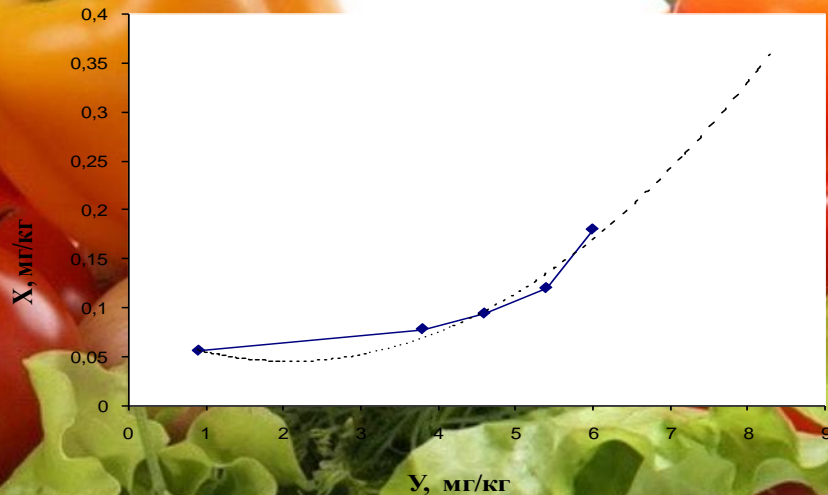


Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування рослинного походження з використанням різних математичних залежностей (продовження)

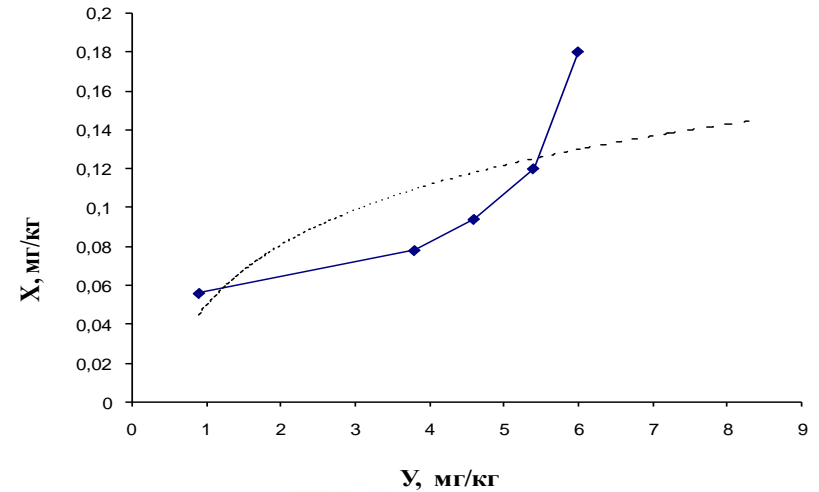
Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою поліноміальної залежності третього степеня



Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою поліноміальної залежності другого степеня



Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою логарифмічної залежності



Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою степеневі залежності



Визначення похибок прогнозування

Для того, щоб обрати для прогнозу математичну модель, потрібно визначити похибки математичних моделей по відношенню до експериментальних даних. Для цього визначаються відносні похибки для усіх математичних залежностей з ідентифікованими на попередньому етапі параметрами, за формулою:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - f(x_i)|}{\sum_{i=1}^N |f(x_i)|} \cdot 100\%;$$

де y_i - задане значення змінної; $f(x_i)$ - дійсне значення змінної.

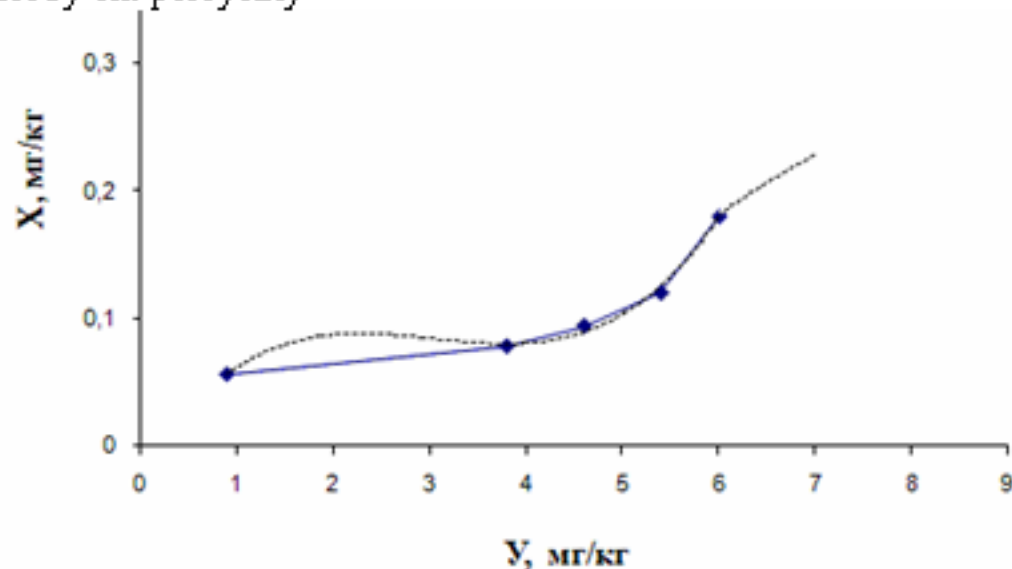
Проводиться ідентифікація структури математичної залежності - із ідентифікованих залежностей вибирається така, яка має найменшу похибку, знайдену на попередньому етапі.

Відносні похибки математичних залежностей різного типу

Рівняння залежності	Відносна похибка, %
$y(x)=k \cdot x+b$	28,6
$y(x)=a \cdot x^2+k \cdot x+b$	4,41
$y(x)=c \cdot x^3 +a \cdot x^2 +k \cdot x+b$	0,73
$y = a \cdot \log_{(x)}+b$	46,5
$y = a \cdot x^b$	29,9
$y = a \cdot e^{b \cdot x}$	46,63

Визначення похибок прогнозування (продовження)

Отже, для прогнозування вмісту свинцю в картоплі оптимальною моделлю є поліноміальне рівняння 3-го степеня, оскільки воно має найменшу похибку і дає найбільш точні результати прогнозування, що добре видно з графіка прогнозу на рисунку



Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі в залежності від його вмісту в ґрунті

Спрогнозоване значення вмісту свинцю в картоплі, що вирощувалася на ґрунті з вмістом свинцю 7,3 мкг/кг, дорівнює 2,41 мкг/кг, а визначене за допомогою лабораторних досліджень – 2,4 мкг/кг.

Отже, обрана регресійна залежність оптимально підходить для прогнозування вмісту свинцю для заданого набору значень.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Встановлена пряма залежність концентрації важких металів в продуктах харчування рослинного походження в залежності від їх концентрацій в ґрунтах, на яких вони вирощуються.

2. Удосконалений метод прогнозування забруднення продуктів харчування вирощених на забруднених ґрунтах.



Практична цінність роботи полягає в наступному

Результати проведених досліджень доцільно використовувати в практиці виробничої діяльності підприємств харчової промисловості. Здійснення екологізації підприємств харчової промисловості може здійснюватися за такими основними напрямками:

1) розробка та застосування в промисловості маловідходних та безвідходних технологічних процесів, машин та обладнання, які забезпечують раціональне використання матеріальних та сировинних ресурсів, зниження норм використання сировини, утилізація відходів;

2) розробка, випуск та застосування серійного газоочисного та пиловловлюючого обладнання для захисту повітряного басейну від викиду шкідливих речовин;

3) широке застосування оборотного та повторного водопостачання; в перспективі створення безстічних технологічних процесів;

4) оснащення діючих промислових підприємств ефективними системами очистки стічних вод;

5) розробка засобів контролю та автоматизації споруд з очистки стічних вод та установок пилогазоочистки з цілю підвищення їх ефективності та зниження експлуатаційних витрат на очистку.

Висновки

Контроль якості харчових продуктів на всіх стадіях технологічного процесу від приймання сировини до випуску готової продукції є однією з важливіших передумов виробництва високоякісної продукції, правильного ведення технологічного процесу, оптимального використання сировини та матеріалів.

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи досягнуто наступні результати:

1) проведено аналіз екологічних характеристик харчової промисловості Вінниччини.

2) проаналізовано основні стадії екологічного контролю якості та безпечності харчових продуктів.

описано основні забруднювачі продуктів харчування та нормативи, які контролюють їх безпеку за даними показниками;

4) розглянуто природні та антропогенні джерела сполук важких металів в навколишньому середовищі та шляхи їх надходження в продукти харчування;

5) розглянуто біологічні функції важких металів як життєво-необхідних елементів та токсичну дію їх сполук;

6) проаналізовано методи визначення важких металів та обрано оптимальний для визначення їх вмісту в продовольчій сировині та продуктах харчування;

7) відібрано десять проб продуктів харчування, в яких визначено вміст свинцю, міді, кадмію та цинку;

8) встановлено, що досліджувані продукти харчування відповідають встановленим нормам, вміст важких металів не перевищує ГДК і вони є безпечними для людини за цим показником;

9) проведено кореляційний аналіз та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження в залежності від їх концентрацій в ґрунтах, на яких вони вирощуються.

10) наведено рекомендації щодо забезпечення якості та екологічної чистоти продовольчої сировини та продуктів харчування;

11) з метою підвищення рівня забезпечення екологічної безпеки харчової промисловості розроблені природоохоронні заходи і рекомендації для підприємств харчової промисловості.

Заходи з екологізації харчової промисловості Вінниччини

Пріоритетним завданням для області в числі інших є:

- 1) впровадження маловідходних та безвідходних технологій (AGRANA Fruit Ukraine);
- 2) переоснащення виробничих потужностей на ресурсозберігаючі (ВО КВП ВКГ "Вінницяводоканал");
- 3) створення виробничих комплексів із замкнутою системою переробки і повторного використання відходів (ВАТ "Літинський молокозавод");
- 4) орієнтація на випуск екологічно чистої продукції (ПВП "Панда").



Рекомендації щодо забезпечення якості та екологічної чистоти продуктів харчування

Для отримання високоякісних та екологічно чистих продуктів харчування, з вмістом важких металів, який би не перевищував встановлені ГДК, потрібно керуватися наступними рекомендаціями:

- 1) проводити вирощування рослинницької продукції на екологічно чистих і незабруднених територіях;
- 2) для відгодівлі тварин використовувати корми незабруднені важкими металами;
- 3) обмежити використання мінеральних добрив та пестицидних препаратів;
- 4) зменшувати надходження важких металів та їх сполук з повітря, води та ґрунтів шляхом встановлення очисного обладнання на підприємствах, що їх викидають та впровадження екологічно-чистих виробництв;
- 5) встановити регулярний контроль за вмістом забруднюючих речовин в продовольчій сировині та продуктах харчування.



Публікації результатів роботи:

Викладені у МКР положення доповідались на таких наукових конференціях:

1. “V Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-2015), (м.Вінниця, 2015).
2. XLV і XLVI науково-технічні конференції викладачів, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету (2016-2017 рр.).

Особистий внесок автора

Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підбрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено вимірювання, аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, його узагальнення та формулювання висновків. Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи у навчальний процес представлений у додатку Є.

Подяки

Автор вдячний генеральному директору Державного підприємства "Вінницястандартметрологія" Астахову Андрію Сергійовичу та першому заступнику генерального директора Севастьянову Олександрю Миколайовичу за допомогу і підтримку у проведенні експериментальних досліджень якості харчових продуктів в лабораторії фізико-хімічних випробувань харчової продукції.



Доповідь закінчена.

Дякую за увагу!

