

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут(факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра експертизи харчових продуктів

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«__» грудня 2025 р.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
Оксана ВАШЕКА
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«__» грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Технологічна експертиза та безпека харчової продукції»

на тему: Оцінка ризиків забруднення мікропластиком в харчовій промисловості

Виконав: здобувач 2М курсу, групи ХЕ-2-1М

Булак Олександра Вікторівна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Петруша Оксана Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра експертизи харчових продуктів

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технологічна експертиза та безпека харчової продукції»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри експертизи харчових продуктів _____ Оксана ВАШЕКА

«__» _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Булак Олександра Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка ризиків забруднення мікропластиком в харчовій про

керівник роботи к.т.н., доц. Петруша Оксана Олександрівна

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» жовтня 2025 року № 833-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 5.12.2025

3. Вихідні дані до роботи Матеріали, зібрані під час переддипломної практики, методичні рекомендації до виконання бакалаврських робіт

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Мікропластик у харчових продуктах. Розділ 2. Об'єкт, предмет та методи дослідження. Розділ 3. Дослідження потрапляння мікропластику в харчові продукти. Розділ 4. Розроблення рекомендацій щодо мінімізації ризиків потрапляння мікропластику. Розділ 5. Охорона праці на підприємстві. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

Не передбачено вимогами магістерської роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 13.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Виконання, % до етапу
1.	Вступ	01.10.2025	
2.	Розділ 1. Вступ. Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	05.10.2025 – 10.10.2025	
3.	Розділ 2. Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та безпеки і статистичної обробки отриманих результатів	17.10.2025 – 23.10.2025	
4.	Розділ 3. Дослідження потрапляння мікропластику в харчові продукти	24.10.2025 – 13.11.2025	
	1 атестація	13.11.2025	
5.	Розділ 4. Розроблення рекомендацій щодо мінімізації ризиків потрапляння мікропластику	14.11.2025 – 17.11.2025	
6.	Розділ 5. Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.11.2025 – 21.11.2025	
9.	Загальні висновки	22.11.2025	
10.	Оформлення списку використаної літератури та додатків	25.11.2025	
11.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи та подання їх на кафедру	26.11.2025 – 03.12.2025	
	2 атестація	До 08.12.2025	
12.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	Згідно графіку	
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	До 08.12.2025	
14.	Проходження перевірки на унікальність кваліфікаційної роботи	До 15.12.2025	
15.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександра БУЛАК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Оксана ПЕТРУША
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Обсяг магістерської роботи: 96 с., 5 таблиць, 11 рисунків, 76 літературних джерел, 4 додатки.

Метою магістерської роботи є розроблення рекомендацій щодо мінімізації ризиків забруднення харчових продуктів мікропластиком на етапах роботи з полімерною тарою, а також оцінювання ризиків потрапляння мікропластику у харчові продукти.

У роботі розглянуто сучасний стан проблеми забруднення харчових продуктів мікропластиком, проаналізовано законодавче та нормативне регулювання безпечності харчової продукції, а також визначено основні небезпечні фактори та шляхи потрапляння мікропластику в харчову продукцію. Окрему увагу приділено методам ідентифікації мікропластику в харчових продуктах, зокрема із застосуванням мікроскопічних та спектрометричних методів дослідження.

На основі отриманих результатів проведено оцінку ризику контамінації харчових продуктів мікропластиком на етапі розтарювання та розроблено практичні рекомендації щодо мінімізації цих ризиків. Запропоновано комплекс заходів, що включає вдосконалення процедур розкривання упаковки, контроль за станом пакувальних матеріалів та інструментів, впровадження моніторингу мікропластику, а також навчання персоналу.

Результати магістерської роботи мають практичне значення та можуть бути використані на підприємствах харчової промисловості для підвищення рівня безпечності продукції, зменшення ризиків мікропластикового забруднення та удосконалення системи управління безпечністю харчових продуктів.

Ключові слова: мікропластик, система управління безпечністю, НАССР, контамінація, пакувальні матеріали, харчова промисловість, управління ризиками, охорона праці.

SUMMARY

The volume of the master's thesis: 96 p., 5 tables, 11 figures, 76 literature sources, 4 appendixs.

The purpose of the master's thesis is to develop recommendations for minimizing the risks of microplastic contamination of food products at the stages of working with polymer containers, as well as assessing the risks of microplastics entering food products.

The paper considers the current state of the problem of contamination of food products with microplastics, analyzes the legislative and regulatory regulation of food safety, and also identifies the main hazardous factors and ways of microplastics entering food products. Special attention is paid to methods for identifying microplastics in food products, in particular using microscopic and spectrometric research methods.

Based on the results obtained, an assessment of the risk of contamination of food products with microplastics at the packaging stage was carried out and practical recommendations were developed to minimize these risks. A set of measures is proposed, including improving packaging opening procedures, monitoring the condition of packaging materials and tools, implementing microplastic monitoring, and training personnel.

The results of the master's thesis have practical significance and can be used at food industry enterprises to increase product safety, reduce the risks of microplastic contamination, and improve the food safety management system.

Keywords: microplastic, safety management system, HACCP, contamination, packaging materials, food industry, risk management, occupational safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. МІКРОПЛАСТИК У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ.....	12
1.1. Законодавче та нормативне регулювання безпеки харчової продукції.....	12
1.2. Небезпечні фактори харчової продукції.....	16
1.3. Шляхи потрапляння мікропластику в харчову продукцію.....	20
1.4. Методи ідентифікації мікропластику в харчовій продукції.....	27
Висновки до розділу 1.....	31
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
2.1. Об'єкт дослідження.....	33
2.2. Предмет дослідження.....	33
2.3. Методи дослідження.....	33
Висновки до розділу 2.....	37
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТРАПЛЯННЯ МІКРОПЛАСТИКУ В ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ.....	38
Висновки до розділу 3.....	49
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ПОТРАПЛЯННЯ МІКРОПЛАСТИКУ.....	50
4.1. Оцінка ризику контамінації харчових продуктів мікропластиком на етапі розтарювання.....	50
4.2. Розроблення заходів з мінімізації ризиків потрапляння мікропластику.....	52
4.3. Навчання персоналу до моніторингу.....	59
Висновки до розділу 4.....	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	61
Висновки до розділу 5.....	66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У нинішніх умовах воєнної агресії та світових викликів питання продовольчої безпеки набуває особливого значення для України. Це не лише економічна, а й стратегічна складова національної безпеки, адже вона визначає можливість населення мати постійний доступ до якісних і безпечних харчових продуктів.

Важливим інструментом гарантування безпечності є система НАССР, яка передбачає своєчасне виявлення, оцінку та усунення ризиків на всіх етапах виробництва. Її застосування забезпечує стабільність показників якості харчової продукції та знижує ймовірність виникнення загроз для здоров'я споживачів.

Останнім часом усе більшої уваги потребують фізичні чинники небезпеки, зокрема мікропластик. Це нове покоління забруднювачів, які здатні потрапляти до продуктів харчування різними шляхами — від контакту із сировиною до використання полімерної упаковки, що може виділяти дрібні частинки під час транспортування чи відкривання.

Пластикові матеріали міцно увійшли в повсякденне життя людини та стали незамінними в багатьох сферах — від промисловості й медицини до торгівлі, пакування та побуту. Їх популярність зумовлена низькою вартістю, легкістю та довговічністю. Водночас масове застосування пластика призвело до виникнення масштабної екологічної проблеми — накопичення відходів, що практично не піддаються природному розкладанню.

Одним із найнебезпечніших наслідків цього явища є поява мікропластику — мікроскопічних фрагментів пластикових матеріалів розміром менше 5 мм, які становлять серйозну загрозу для довкілля та здоров'я людини. Щороку близько дев'яти мільйонів тонн пластикових відходів потрапляють у водойми — річки, озера та океани, де поступово руйнуються до стану мікрочастинок. Ці частинки можуть зберігатися в природному середовищі сотні років, спричиняючи загибель морських організмів і потрапляючи у харчовий ланцюг людини через морепродукти.

Сьогодні мікропластик визнано одним із найактуальніших глобальних забруднювачів. З кожним роком ця проблема привертає дедалі більше уваги не лише громадськості, а й науковців усього світу, що підкреслює необхідність її глибокого вивчення та пошуку ефективних шляхів мінімізації впливу.

Мікропластик може проникати в харчовий ланцюг людини через різноманітні шляхи. Основними джерелами його потрапляння є сільськогосподарські технології, використання пластикової тари й пакувальних матеріалів, забруднення водойм, а також перенесення частинок із повітря разом з атмосферними опадами. За останні роки мікропластик виявляли у значній кількості у морепродуктах, питній воді, кухонній солі, меді, овочах і фруктах, що свідчить про його повсюдну присутність у раціоні людини. Така ситуація викликає занепокоєння через можливі наслідки для здоров'я населення.

Ризики, пов'язані з мікропластиком, мають як фізичний, так і хімічний характер. Самі частинки можуть подразнювати тканини організму, викликаючи локальні запалення або пошкодження, тоді як на їхній поверхні часто адсорбуються токсичні речовини — зокрема, канцерогени, важкі метали та ендокринні руйнівники. Потрапляючи до організму, ці сполуки можуть впливати на роботу імунної та гормональної систем, провокувати шлунково-кишкові розлади й накопичуватися в тканинах, сприяючи розвитку хронічних патологій.

Актуальність проблеми зумовлена глобальним характером забруднення довкілля пластиком і повсюдним використанням полімерних матеріалів у харчовій промисловості. Пакувальні матеріали, особливо полімерні, становлять окрему небезпеку: під час тривалого зберігання або під дією температури вони можуть виділяти мікрочастинки пластику, а також сприяти переходу в продукти пластифікаторів, барвників і стабілізаторів.

Для зниження рівня забруднення харчових продуктів мікропластиком необхідний системний підхід. Він передбачає вдосконалення технологій виробництва та утилізації пакувальних матеріалів, розроблення біорозкладних альтернатив, встановлення стандартів безпечного контакту матеріалів із

продуктами, а також підвищення рівня екологічної відповідальності серед виробників і споживачів.

Об'єктом дослідження є технологія підготовки сировини до виробництва.

Предметом дослідження є оцінка ризику потрапляння мікропластику та фактори, що сприяють його потраплянню в харчові продукти під час розкривання полімерної тари із сировиною, а саме поліпропіленових мішків.

Метою роботи є розроблення рекомендацій щодо мінімізації ризиків забруднення харчових продуктів мікропластиком на етапах роботи з полімерною тарою, а також оцінювання ризиків потрапляння мікропластику у харчові продукти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати сучасний стан проблеми забруднення харчових продуктів мікропластиком;
- визначити основні джерела та фактори потрапляння мікропластику під час використання полімерної тари на підприємствах харчової промисловості;
- охарактеризувати фізико-хімічні властивості полімерних матеріалів, що впливають на міграцію мікрочастинок;
- проаналізувати можливі ризики для здоров'я людини, пов'язані з потраплянням мікропластику у продукти харчування;
- проаналізувати національні та міжнародні нормативні вимоги щодо контролю мікропластику у харчових продуктах;
- дослідити рівень утворення фрагментів поліпропіленового мішку при різних способах розкриття;
- провести ідентифікацію частинок мікропластику поліпропіленового мішку при різних способах розкриття;
- провести перевірку гіпотез результатів досліджень методом ANOVA;
- розробити рекомендації для мінімізації ризиків потрапляння мікропластику на підприємствах харчової промисловості.

Наукова новизна полягає в порівнянні впливу різних методів розрізання поліпропіленових мішків на кількісне утворення фрагментів мікропластику, що показує, найкращим інструментом є ніж із гострим лезом.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх застосування для вдосконалення систем управління безпекою харчових продуктів на підприємствах харчової промисловості, а також під час розроблення рекомендацій щодо вибору, експлуатації та утилізації полімерної тари.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати роботи викладені в тезах на 91-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»

Структура роботи. Робота складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків, 4 таблиць, 11 рисунків. Робота викладена у 93 сторінках.

РОЗДІЛ 1. МІКРОПЛАСТИК У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

1.1. Законодавче та нормативне регулювання безпечності харчової продукції

У сучасних умовах державна політика у сфері продовольчої безпеки зосереджена на формуванні цілісної та дієвої системи контролю, що охоплює всі етапи харчового ланцюга — від виробництва сировини до реалізації готової продукції споживачам [1].

Забезпечення безпечності харчових продуктів відіграє вирішальну роль у збереженні здоров'я населення, підвищенні рівня довіри до виробників, підтриманні стабільності національної економіки та розвитку аграрного сектору. Саме тому продовольча безпека розглядається як один із базових пріоритетів державної політики будь-якої країни [2].

Ключовою установою, що здійснює державний контроль за дотриманням вимог безпечності харчових продуктів в Україні, є Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Її діяльність спрямована на нагляд за виконанням чинного законодавства, проведення офіційних перевірок, моніторинг ризиків і координацію співпраці з міжнародними структурами. Серед партнерів служби — Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA), Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Продовольча і сільськогосподарська організація ООН (FAO), що сприяє гармонізації українських норм із міжнародними стандартами [3].

Нормативну основу функціонування Держпродспоживслужби формує Конституція України та законодавчі вимоги, які гарантують право громадян на безпечні для життя та здоров'я харчові продукти і зобов'язує державу забезпечувати належний рівень продовольчої безпеки.

Одним із головних інструментів забезпечення безпечності харчових продуктів є система НАССР – аналіз ризиків і контроль у критичних точках. У країнах Європейського Союзу її застосування є обов'язковим для всіх підприємств, що працюють у харчовій галузі. Головна мета цієї системи – запобігати появі небезпечних факторів ще на етапі виробництва, а не боротися з

їхніми наслідками [4]. Це дає можливість гарантувати стабільну якість і безпечність харчової продукції.

В Україні вимоги до впровадження системи НАССР визначені ДСТУ ISO 22000:2019. Вони поширюються на всі підприємства, що мають відношення до харчового ланцюга — від виробництва сировини до продажу готових продуктів [5]. Такі стандарти допомагають гармонізувати українське законодавство з європейськими нормами та підвищити рівень контролю за безпечністю харчів.

З 20 вересня 2016 року в Україні набув чинності розділ VII Закону «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». У ньому передбачено, що всі оператори ринку повинні впровадити так звані програми-передумови — це гігієнічні заходи, на яких базується система НАССР [6]. До них належать правила утримання приміщень, санітарна обробка обладнання, особиста гігієна працівників, контроль постачальників та умов зберігання. Такий підхід забезпечує безпечність продукції на всіх етапах — «від лану до столу».

В Україні сертифікація системи НАССР не є обов'язковою, але підприємства можуть проходити її добровільно, щоб підтвердити ефективність своєї системи. Головне завдання не в отриманні сертифіката, а у фактичному забезпеченні того, щоб продукція не становила ризику для здоров'я споживача.

Важливе значення має наказ №590 Міністерства аграрної політики та продовольства України, який описує порядок впровадження системи НАССР на підприємствах. У ньому визначено, що відповідальність за безпечність продукції несе сам виробник, а державний нагляд здійснює Держпродспоживслужба. Підприємства повинні постійно контролювати процеси виробництва, своєчасно виявляти ризики та вдосконалювати заходи безпеки [7].

В Україні правові засади у сфері контролю безпечності харчових продуктів регламентуються низкою законодавчих актів, спрямованих на забезпечення якості продукції та охорону здоров'я населення.

Зокрема, Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» визначає основні принципи організації державного нагляду, встановлює права, обов'язки та відповідальність уповноважених органів у сфері контролю. Документ окреслює порядок проведення перевірок, моніторингу та реагування у випадку виявлення порушень, що можуть становити ризик для споживачів [8].

Вивчення європейського досвіду у сфері регулювання безпеки харчової продукції дозволяє Україні поступово гармонізувати національне законодавство з нормами ЄС. Європейська система контролю ґрунтується на превентивному підході до управління ризиками, багаторівневому моніторингу та принципі «від лану до столу», що забезпечує високий рівень захисту здоров'я споживачів і мінімізує можливість виникнення небезпечних факторів у харчовому ланцюзі.

З 19 листопада 2025 року в Україні починає діяти Закон №2718-ІХ «Про матеріали і предмети, призначені для контакту з харчовими продуктами». Документ встановлює сучасні європейські вимоги до безпеки всіх матеріалів, що використовуються у контакті з продуктами харчування. Йдеться про упаковку, тару, кришки, посуд, а також обладнання, яке застосовується у процесі виробництва їжі.

Вперше на законодавчому рівні чітко прописано, що такі матеріали не повинні виділяти шкідливих речовин або неприємних запахів, що можуть потрапити до продуктів. Закон зобов'язує виробників і мікропластикортерів:

- дотримуватися належної виробничої практики (GMP);
- підтверджувати відповідність матеріалів встановленим вимогам;
- перевіряти можливість міграції хімічних речовин із пакування у продукти;
- проводити наукову оцінку потенційних ризиків;
- забезпечувати правильне маркування упаковки [7].

Мета цього закону — захист споживачів, приведення українських стандартів у відповідність до норм ЄС та гарантія того, що упаковка для харчових продуктів є безпечною для людини. Крім того, виконання цих вимог дозволить українським виробникам виходити на європейські ринки з продукцією, яка відповідає сучасним міжнародним стандартам якості.

В Україні багато виробників вирішують проходити сертифікацію системи НАССР за міжнародними стандартами, наприклад, ДСТУ ISO 22000:2019, IFS, BRC, Dutch НАССР або FSSC 22000:2010. Хоча закон не зобов'язує до цього, комікропластиканії часто роблять це добровільно. Такий крок допомагає підвищити довіру споживачів до продукції, зробити її більш конкурентоспроможною на зовнішніх ринках і відповідати вимогам контролюючих органів та покупців [9].

Регламент (ЄС) №178/2002 визначає базові принципи харчового законодавства, встановлює обов'язки операторів ринку та створює Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA), яке проводить наукову оцінку ризиків для споживачів.

Контроль за різними забруднювачами регулюється Регламентом (ЄС) 2023/915, що замінив попередній №1881/2006. Документ встановлює граничні рівні контамінантів, розширює перелік продуктів та додає нові групи речовин, включно з пер- та поліфторалкільними сполуками.

Для залишків пестицидів застосовується Регламент (ЄС) №396/2005, який оновлюється на основі моніторингу та наукових даних. Регламент (ЄС) №37/2010 визначає допустимі рівні фармакологічно активних речовин у продуктах тваринного походження.

В Україні ці вимоги реалізуються через накази МОЗ. Наказ №368 від 13.05.2013 (зі змінами 2020 року) затверджує «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», а Наказ №625 від 2023 року встановлює порядок контролю залишків пестицидів за європейськими методиками [8].

У 2024 році було ухвалено кілька документів, що конкретизують методи контролю безпечності харчових продуктів:

- Наказ №1693 від 31.05.2024 — стосується контролю мікотоксинів;
- Наказ №3648 від 21.09.2024 — щодо мікроелементів та інших забруднювачів;
- Наказ №1692 від 31.05.2024 — присвячений контролю діоксинів і ПХБ.

Контроль за безпечністю харчових продуктів здійснюється також через медико-санітарні вимоги.

Наказ №280 МОЗ України встановлює обов'язкові медичні огляди для працівників харчової промисловості. Це дозволяє не допускати до роботи людей із небезпечними інфекційними захворюваннями.

Крім того, діє ряд санітарних норм і правил (ДСанПіН) та наказів МОЗ (№548, №256, №368, №695, №1238, №55 та ін.), які визначають допустимі рівні хімічних, біологічних і фізичних факторів у продуктах. Хоча спеціальних норм щодо мікропластику ще немає, ці документи формують загальні принципи оцінки ризиків забруднення [7].

Важливе значення має Державний реєстр дезінфекційних засобів МОЗ (2019–2023 рр.), де вказано дозволені препарати для обробки виробничих приміщень, обладнання та пакувальних матеріалів.

Регуляторна система України постійно оновлюється на основі наукових оцінок ризиків. Для виробників важливо слідкувати за змінами, адже вони визначають сучасні підходи до контролю різних забруднювачів, включно з мікропластиком, у харчових продуктах. І навіть складні умови воєного стану, не виключають вимогу недопускати виробництво небезпечної харчової продукції для споживачів України [11].

1.2. Небезпечні фактори харчової продукції

В системі НАССР небезпечні фактори — це будь-які біологічні, хімічні або фізичні елементи, присутність або надмірна концентрація яких у харчовому продукті може спричинити шкоду здоров'ю людини. Іншими словами, це

фактори, здатні зробити продукт небезпечним для споживання, якщо їх не контролювати на різних етапах виробництва, зберігання чи транспортування [12].

Фізичні фактори забруднення пов'язані з випадковим потраплянням у продукти сторонніх твердих частинок, які становлять реальну загрозу для споживача. Їх поява може бути наслідком несправності обладнання, неувважності персоналу або недостатнього контролю на виробничих етапах [13].

Один з найбільш небезпечних фізичних факторів — це уламки скла, які можуть потрапити в продукцію при розбитті упаковки, пляшок чи тари, використуваної на різних етапах виробництва. Ці частинки можуть бути надзвичайно небезпечними, оскільки вони здатні спричинити серйозні травми слизових оболонок та пошкодження внутрішніх органів, особливо якщо вони не були виявлені на етапах контролю якості.

Також серйозною загрозою є металеві домішки, які можуть потрапляти в продукти через залишки дроту, скоб або деталей машин, а також через неувважність персоналу, наприклад, коли не вживаються належні заходи для забезпечення безпеки особистих речей працівників. Металеві частинки можуть бути дуже небезпечними, оскільки вони можуть викликати механічні пошкодження зубів, травми травної системи або навіть блокування дихальних шляхів, якщо ці частинки потрапляють в організм. Для запобігання цьому, багато підприємств використовують металодетектори, які здатні виявити такі забруднення на ранньому етапі, перед пакуванням продукції.

Ще одним джерелом фізичного забруднення є частинки ґрунту, пісок чи камінці, що можуть потрапляти в рослинну сировину через неякісне миття або сортування. Такі забруднення можуть бути важко виявлені під час візуальної перевірки, але вони представляють загрозу для споживачів, оскільки можуть призвести до механічних пошкоджень зубів або травм під час споживання продукту [14].

Не менш поширеними є уламки пластику, що утворюються через зношування пакувальних матеріалів або обладнання. Частинки пластику

можуть потрапляти в харчові продукти внаслідок неувважності під час розкривання упаковки або через дефекти в процесах пакування. Як і металеві домішки, пластикові частинки можуть бути небезпечними, оскільки вони можуть залишатися невиявленими без належного контролю, що збільшує ризик для здоров'я споживачів.

У випадку з м'ясними та рибними виробами одним з найбільш небезпечних фізичних забруднень є костяні уламки, що можуть потрапити до продукту під час обробки сировини. Крім того, через порушення гігієни можуть потрапляти волосся, бинти або частини комах. Такі забруднення не лише погіршують вигляд продукту, але й можуть викликати серйозні травми або хвороби, особливо якщо споживач випадково проковтне такі частки [15].

В межах системи управління безпечністю на харчовому підприємстві повинен проводитись перегляд ідентифікованих небезпечних факторів з урахуванням власних практик та аналізу наукових досліджень і ситуацій в цій сфері. Кількість дослідження щодо мікропластику в навколишньому середовищі і у харчових продуктах щороку зростає та поглиблюється. Тому варто почати розглядати мікропластик як стороннє тіло у харчовому продукті, що потрапляє туди внаслідок зносу полімерних деталей обладнання, конвеєрних стрічок або через недбале розкриття пластикової тари (мішків)[75].

Біологічні фактори становлять одну з головних загроз для здоров'я людини, адже навіть невелика кількість патогенних мікроорганізмів може викликати серйозні порушення в роботі організму.

До цієї групи належать бактерії, віруси, паразити та мікроскопічні гриби, що спричиняють харчові інфекції, інтоксикації чи алергічні реакції. Вони активно розмножуються за сприятливих умов — достатньої вологості, помірної темікропластикератури та наявності поживних речовин. Через це особливо небезпечними є продукти, які зберігаються тривалий час або не проходять належної термічної обробки.

Серед найвідоміших збудників — *Salmonella spp.*, яка часто трапляється у сирому м'ясі птиці, яйцях і непастеризованому молоці. *Escherichia coli*, зокрема

патогенний штам O157:H7, зустрічається у погано прожареній яловичині або забруднених овочах. *Listeria monocytogenes* вирізняється здатністю розмножуватись навіть за низьких температур, тому небезпечна для вагітних і людей зі зниженим імунітетом [17]. *Clostridium botulinum* утворює надзвичайно сильний токсин у продуктах, що зберігаються без доступу повітря, наприклад у консервах. *Staphylococcus aureus* може потрапляти до їжі через руки працівників і поверхні, які не дотримуються санітарних вимог, і виробляє токсини, стійкі до нагрівання.

Грибкові фактори небезпеки пов'язані з розвитком пліснявих грибів і дріжджів, які за сприятливих умов починають виділяти отруйні речовини — мікотоксини. Найбільш відомими вважають афлатоксини, охратоксин, патулін [19].

Мікропластик створює унікальне середовище, що сприяє формуванню біоплівок та колонізації патогенними мікроорганізмами [74]. У виробничих умовах ці мікрочастинки можуть стати «транспортном» для бактерій (наприклад, *Salmonella* або *Listeria*), захищаючи їх від дії дезінфікуючих засобів та сприяючи прихованому перехресному зараженню продуктів на різних етапах лінії.

Хімічні фактори становлять серйозну загрозу для безпечності харчових продуктів. Вони пов'язані з наявністю у складі їжі сторонніх речовин, здатних шкодити здоров'ю людини.

Основним джерелом хімічних ризиків є речовини, що застосовуються у сільському господарстві. Наприклад, *пестициди* — інсектициди, гербіциди, фунгіциди — допомагають захищати врожай, проте їх залишки можуть залишатися у продуктах, якщо порушено терміни обробки або збору [20].

Аналогічно, *антибіотики*, *гормони росту* чи *протипаразитарні препарати*, які використовують у тваринництві, можуть накопичуватися у м'ясі, молоці чи яйцях, якщо не витримано період виведення. Надмірне внесення азотних добрив призводить до утворення нітратів у рослинній сировині, що небезпечно для людини [21].

Частина хімічних сполук додається навмисно — для покращення смаку, кольору чи терміну придатності. Це барвники, консерванти, ароматизатори, стабілізатори. Хоча більшість із них дозволені в межах певних норм, перевищення допустимих доз або індивідуальна чутливість організму можуть викликати алергії чи інші реакції [22].

Серйозну загрозу для безпечності харчових продуктів становлять хімічні домішки, що надходять із довкілля — через воду, повітря чи ґрунт. До них належать *важкі метали*, такі як свинець, ртуть, кадмій і миш'як.

Харчові *алергени* теж належать до хімічних факторів ризику, хоча не мають токсичної природи. Вони здатні провокувати гострі реакції імунної системи, іноді небезпечні для життя. Найчастіше алергію спричиняють молоко, яйця, риба, морепродукти, арахіс, різні горіхи, пшениця, соя та продукти, що містять глютен [23].

Останнім часом набула особливої уваги проблема мікропластику, який не тільки механічно забруднює продукти, але й здатний переносити небезпечні хімічні речовини, такі як фталати, бісфенол-А та залишки барвників і стабілізаторів. Мікропластик може накопичувати ці токсичні сполуки на своїй поверхні та передавати їх у харчові продукти, що може призвести до отруєння або накопичення шкідливих речовин в організмі людини. Такий забруднювач є особливо небезпечним, оскільки поєднує властивості як хімічного, так і фізичного забруднення, що ускладнює його виявлення та підвищує ризик для здоров'я споживачів [16].

1.3. Шляхи потрапляння мікропластику в харчову продукцію

Мікропластик — це дрібні синтетичні частинки, утворені з полімерних сполук і різних добавок, розмір яких коливається приблизно від 0,1 до 5000 мкм. Завдяки своїй хімічній стійкості та масовому застосуванню пластмас у побуті й промисловості, рівень забруднення довкілля мікропластиком істотно зріс, що спричинило його потрапляння й у харчові продукти.

Мікропластик являє собою велику групу синтетичних матеріалів різної форми — від фрагментів і волокон до гранул, кульок, пластівців і сфероїдів. *Первинний мікропластик* типу А розглядається як окрема хімічна сполука, що цілеспрямовано додається до певних продуктів — наприклад, засобів особистої гігієни, косметики, побутової хімії чи фарб. Останнім часом такі компоненти дедалі частіше замінюють водорозчинними полімерними сполуками, які називають «рідким мікропластиком». Завдяки цьому виробники можуть маркувати свою продукцію як «без мікропластику» [24].

Первинний мікропластик типу В утворюється не під час виробництва, а в процесі використання пластикових виробів і потрапляє в навколишнє середовище безпосередньо. Типовими прикладами є частинки, що з'являються внаслідок стирання автомобільних шин або виділення волокон під час прання синтетичного одягу.

Вторинний мікропластик формується в результаті поступового руйнування більших пластикових предметів чи відходів під дією зовнішніх факторів — сонячного випромінювання, механічного тертя, впливу мікроорганізмів тощо.

Чим менші частинки мікропластику, тим більша ймовірність того, що вони проникнуть в організм людини. На процес їх поглинання впливають такі властивості, як гідрофобність, електричний заряд і структура поверхні. Менша гідрофобність та наявність негативного заряду підвищують здатність частинок засвоюватися. Крім того, на поверхні мікропластику може формуватися так звана білкова оболонка — результат взаємодії з біомолекулами, що суттєво змінює його вплив на організм людини [25].

Мікропластик може проникати в організм людини під час споживання їжі чи напоїв, а також через шкіру при контакті з товарами побутового вжитку. Потрапляння таких частинок може негативно впливати на здоров'я, спричиняючи оксидативний стрес, запальні реакції, токсичний вплив на імунну систему, ризик розвитку пухлин, порушення клітинного обміну, негативний

вплив на нервову систему, зміну складу кишкової мікрофлори, розлади репродуктивних функцій тощо [26].

Останні наукові дослідження засвідчили наявність мікропластикових частинок у питній воді, різноманітних напоях, морепродуктах, рослинній продукції, кухонній солі, цукрі, меді тощо. Це викликає серйозне занепокоєння щодо безпечності та якості продовольства [25].

Мікропластик може потрапляти в організм людини трьома шляхами: через травну систему, дихальні шляхи та шкіру. Найпоширенішим способом є ковтання разом із забрудненими продуктами харчування та напоями. Частинки також потрапляють у повітря внаслідок зношування синтетичного одягу, шин чи будівельних матеріалів і можуть вдихатися людиною.

Проникнення через шкіру трапляється рідше, але наночастинки здатні проходити крізь шкірний бар'єр, особливо під час використання косметики, що містить полімери.

Мікропластик небезпечний не лише сам по собі, а й через хімічні речовини, які він виділяє або накопичує — зокрема, токсичні сполуки, важкі метали та залишки антибіотиків, що можуть потрапляти в організм і шкодити здоров'ю.

За даними сучасних досліджень, концентрація мікропластику у воді, ґрунті та харчових продуктах постійно зростає. Його сліди вже виявлено у плаценті, грудному молоці та різних біологічних рідинах людини [27].

Основним шляхом надходження мікропластику в організм є вода, адже вона споживається щодня та широко використовується у харчовій промисловості. Джерелами її забруднення виступають стічні та промислові води, розкладання пластикових відходів і атмосферні опади.

Мікропластик виявлено як у бутильованій питній воді, так і водопровідній. У водопровідній воді рівень забруднення нижчий, проте в міських мережах із застарілими трубопроводами концентрація може бути суттєвою.

Серед основних джерел потрапляння мікропластику в харчовий ланцюг — сільськогосподарська діяльність. Використання пластикових плівок, осадів стічних вод і агрохімікатів сприяє накопиченню частинок у ґрунті. Відомо, що мікропластик може проникати в рослини через кореневу систему, тому його знаходять у таких культурах, як пшениця та салат. Мікропластик дедалі частіше виявляють в рослинних продуктах, зокрема, у дослідженнях зафіксовано його наявність у томатах, яблуках, моркві, салаті та зернових культурах, куди частинки потрапляють через кореневу систему.

У сільському господарстві поліетиленові плівки, що застосовуються для покриття ґрунту, поступово руйнуються, утворюючи частинки, які накопичуються у землі. Звідти вони проникають у воду, а згодом — у рослини. Коренева система може поглинати мікрочастинки [28].

Подібна ситуація спостерігається у водних екосистемах, де мікропластик накопичується в організмах риб і молюсків, які стають частиною раціону людини. Морські організми, зокрема риби, молюски та ракоподібні, здатні накопичувати частинки пластику. Переважна частина такого сміття надходить у моря та океани з суші — через побутові відходи, стічні води та промислові скиди.

Також мікропластик виявлено в солі, цукрі та меді. Потрапляння його до меду може відбуватися як із навколишнього середовища, так і під час технологічної обробки, що свідчить про глобальний характер цього забруднення.

У солі та цукрі мікропластик з'являється через процеси переробки й фасування, у фруктах та овочах — через забруднену зрошувальну воду або атмосферні випадання, а в молочних продуктах — через контакт із пластиковими трубами та ємностями під час виробництва [29].

Схема потрапляння мікропластику в харчові продукти наведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1. Схема потрапляння мікропластику в харчові продукти

Пластикові матеріали, що активно застосовуються для виробництва харчової тари (пляшок, контейнерів, обгортки), здатні виділяти мікропластик у продукти під впливом стискання, перепадів температур або тривалого зберігання. За даними наукових досліджень, у зразках бутильованої води виявлено від 2649 до 10 390 частинок мікропластику на літр [30].

Найбільший ризик забруднення спостерігається в оброблених продуктах через численні стадії пакування та технологічної обробки.

Мікропластик може проникати у харчові продукти кількома шляхами, які зазвичай поділяють на три групи: вплив довкілля, технологічні процеси виробництва та взаємодія з пакувальними матеріалами.

Потрапляння мікропластику в харчові продукти з навколишнього середовища відбувається найчастіше, адже частинки пластику вже поширені у воді, повітрі та ґрунті. Це створює постійний ризик забруднення харчових продуктів.

У молочній галузі основним джерелом є вода, що застосовується для миття обладнання, тари, пакування або під час технологічних операцій — наприклад, при пастеризації молока чи виготовленні сироваткових концентратів. Якщо така вода містить полімерні частинки, вони можуть переходити безпосередньо у готову продукцію.

Іншим каналом потрапляння є повітря, особливо у виробничих приміщеннях з відкритими зонами. Мікрочастинки пластику осідають на обладнанні, сировині або продукції під час фасування, зберігання чи транспортування. Дослідження неодноразово підтверджували наявність полімерних волокон у зразках продуктів, що свідчить про ризик аерогенного перенесення [31].

Під час технологічних процесів мікропластик може потрапляти в харчову продукцію внаслідок зношення полімерних елементів обладнання. Здебільшого це відбувається через труби, шланги, з'єднувальні елементи, резервуари, ємності або деталі дозувальних і пакувальних механізмів. Під впливом тиску, тертя чи температури частинки пластику відокремлюються й переходять у харчову сировину.

Також руйнуванню піддаються ущільнювачі, прокладки, сита чи фільтри, які через вібрацію або нагрівання втрачають мікрочастини матеріалу. З часом це призводить до накопичення полімерних фрагментів у готовій продукції [32].

Особливо активно процес відлущування відбувається при контакті з жировмісними середовищами — молоком, вершками, маслом, — оскільки жири прискорюють вивільнення полімерних добавок і підвищують їх міграційну здатність.

Так, наприклад у молочному виробництві ризики потрапляння мікропластику є значними, адже полімери застосовують на всіх етапах — від збирання молока до фасування готової продукції. Частинки можуть проникати до молока через забруднену воду, корми, доїльне обладнання, а також через елементи робочого одягу персоналу, як-от рукавички, шапочки чи халати. Деякі

допоміжні речовини або харчові добавки також можуть містити залишки полімерів.

Пластикова тара є одним із головних джерел потрапляння мікропластику до харчових продуктів. У сучасному виробництві пакування займає значну частку серед усіх напрямів використання полімерних матеріалів. Більше половини світового обсягу пластику використовується саме для пакування харчів і напоїв [33].

Найчастіше застосовують поліетилен, поліпропілен, полістирол і поліетилентерефталат, з яких виготовляють плівки, контейнери, пляшки, стакани та різні одноразові вироби.

Під час контакту продукту з пластиковою упаковкою дрібні частинки мікропластику можуть переходити до їжі. Це особливо ймовірно за тривалого зберігання або підвищених температур. У таких випадках відбувається міграція синтетичних речовин з пакувального матеріалу, що негативно впливає на якість продукту.

Дослідження показують, що з пляшок, контейнерів та плівок мікропластик виділяється активніше, якщо продукція зберігається під дією сонячного світла або за змін температур.

На молокопереробних підприємствах проводиться контроль за критичними контрольними точками, де можливе потрапляння мікропластику. До заходів належать перевірка якості води, огляд стану пластикових трубопроводів і резервуарів, контроль пакувальної тари перед використанням та моніторинг технологічних процесів для виявлення дрібних частинок.

Ефективне зменшення забруднення мікропластиками можливе лише за комплексного підходу, який передбачає контроль джерел викидів, розвиток технологій перероблення, впровадження біорозкладних матеріалів, посилення екологічного законодавства та використання методів біоремедіації [34].

1.4. Методи ідентифікації мікропластику в харчовій продукції

Один із основних методів виявлення мікропластиків у харчових продуктах і упаковці — це *спектроскопія*, яка дозволяє визначити хімічний склад матеріалів на молекулярному рівні. Завдяки спектроскопії можна виявляти навіть найменші частинки мікропластику, що знаходяться в складних середовищах, таких як продукти харчування.

Однією з найбільш розповсюджених технік є інфрачервона спектроскопія (FTIR), яка здатна визначити хімічну структуру пластикових частинок, навіть якщо вони змішані з іншими матеріалами або присутні в складних продуктах. Пластикові частинки, у тому числі мікропластики, мають характерні спектральні відбитки, що дозволяє їх точно ідентифікувати [35].

Інфрачервона спектроскопія надає інформацію не тільки про наявність мікропластику, але й дозволяє визначити його хімічний склад, що дає можливість виявити джерело забруднення. Це особливо важливо для аналізу продуктів і упаковки, де мікропластик може бути результатом використання певних пластикових матеріалів, таких як поліетилен, поліпропілен чи поліетилентерефталат.

Термічний аналіз є важливим методом для виявлення пластикових матеріалів, зокрема мікропластику, у харчових продуктах та упаковці. Ці методи засновані на вивченні змін фізичних властивостей матеріалів при нагріванні, оскільки кожен полімер має унікальні температурні характеристики, що дозволяють визначити його присутність і тип.

Одним із таких методів є *диференціальна термічна аналітика (DTA)*. Цей метод дозволяє вимірювати температуру, при якій матеріал змінює свої властивості, наприклад, плавиться або переходить у нову фазу. Кожен полімер, включаючи пластики, має власну температуру плавлення, що дозволяє ідентифікувати його серед інших матеріалів. Дана техніка допомагає виявити пластикові частинки, навіть якщо вони змішані з іншими компонентами продукту або упаковки [36].

Іншим важливим методом є *термогравіметричний аналіз (TGA)*, який вимірює зміну маси матеріалу в процесі нагрівання. Цей метод дозволяє визначити температуру, при якій відбувається термічне розкладання полімерів або інші процеси, такі як деградація або випаровування. Використовуючи TGA, можна не тільки ідентифікувати наявність пластикових частинок у продуктах, але й дослідити їхню термічну стабільність та поведінку при нагріванні.

Ці методи можуть допомогти виявити мікропластик не тільки в упаковці, але й в самому продукті, а також визначити етапи виробництва чи зберігання, де пластикові частинки можуть потрапити в харчову продукцію. Наприклад, аналіз термічної стабільності може показати, на яких стадіях обробки або пакування може відбуватися деградація упаковки, що веде до утворення мікропластику.

Гіперспектральна візуалізація є передовою технологією, що поєднує мультиспектральні зображення з детальним матеріальним аналізом, і дозволяє ефективно виявляти мікропластик на різних етапах обробки та пакування харчових продуктів [37].

Гіперспектральні камери здатні захоплювати зображення в численних спектральних діапазонах, що дозволяє визначити хімічний склад матеріалів, які присутні в зображених об'єктах, навіть коли вони змішані з іншими компонентами продукту. Це дає змогу точніше ідентифікувати частки мікропластику, навіть якщо вони розподілені на поверхні продуктів або упаковки.

Завдяки високій спектральній роздільній здатності, гіперспектральна візуалізація дозволяє виявляти мікропластик навіть у складних середовищах, таких як харчові продукти. Вона здатна розпізнавати різноманітні типи пластиків за їх хімічним складом, що дає змогу точно визначити, чи є пластикові частинки у продукті або упаковці. Ця методика дуже чутлива і може виявляти навіть найменші забруднення, що значно підвищує ефективність моніторингу.

Інтеграція *штучного інтелекту* у цей процес робить його значно швидшим і більш автоматизованим. За допомогою ШІ можна обробляти великі обсяги даних, отриманих від гіперспектральних камер, у реальному часі. ШІ аналізує зображення, визначаючи наявність мікропластиків, і автоматично генерує результати, що значно прискорює процес виявлення та мінімізує людську помилку [38]. Алгоритми машинного навчання, які використовуються в ШІ, здатні адаптуватися та вдосконалюватися, що дозволяє підвищити точність виявлення часток мікропластику з часом.

Штучний інтелект здатний не лише розпізнавати частинки мікропластику, але й класифікувати їх за різними фізичними властивостями, такими як колір і текстура. Це дозволяє здійснювати безперервний контроль рівня забруднення харчових продуктів і упаковки, зменшуючи необхідність втручання людини та забезпечуючи більшу надійність виявлення.

Інтеграція *цифрових технологій моніторингу з блокчейн-системами* може значно покращити прозорість у виробничих і логістичних процесах, пов'язаних з харчовими продуктами. Завдяки таким технологіям виробники можуть відслідковувати походження пластикових матеріалів, умови їх обробки та транспортування, що дозволяє забезпечити повний контроль якості упаковки та виявлення мікропластиків на всіх етапах виробництва і розподілу.

Блокчейн-технології додають важливий компонент до системи моніторингу — можливість відслідковувати увесь ланцюг поставок упаковки, включаючи інформацію про виробництво матеріалів, процес пакування та умови зберігання товарів. Ці технології не тільки дозволяють вести облік пластикових відходів, але й ефективно виявляти джерела забруднення та оцінювати вплив упаковки на екологію. Це забезпечує швидке реагування на проблеми та мінімізацію ризиків забруднення мікропластиком [39].

Для надійного контролю та виявлення мікропластику важливо впровадити стандартизовані методи тестування, які дозволяють регулярно перевіряти рівень забруднення. Такі методи мають бути узгоджені міжнародними органами для забезпечення точності і надійності оцінки

забруднення мікропластиком у харчових продуктах і упаковці. Сертифікація пакувальних матеріалів за цими стандартами дозволить знизити загрози для здоров'я споживачів і забезпечити відповідність продуктів нормативним вимогам, що стимулюватиме застосування екологічно чистих альтернатив упаковці.

Одним із важливих способів зменшення ризиків забруднення харчових продуктів мікропластиком є введення *ефективних регуляторних заходів*, що контролюють використання пластикової упаковки [40]. На глобальному рівні вже здійснюються активні кроки для зменшення впливу пластикових упаковок, зокрема завдяки ініціативам Європейського Союзу та інших міжнародних організацій.

Європейський Союз відіграє провідну роль у розробці нормативних актів, які обмежують використання одноразових пластикових упаковок і сприяють впровадженню альтернативних матеріалів. Однією з основних ініціатив є Директива про одноразові пластикові упаковки, яка передбачає поетапне скорочення використання упаковок з коротким терміном служби і підтримку перехідних екологічних матеріалів, таких як біорозкладні полімери або альтернативи на основі біоматеріалів.

Також управління з контролю за продуктами харчування та ліками США (FDA) розробляє рекомендації щодо використання матеріалів, що безпосередньо контактують з харчовими продуктами. Проте, на сьогоднішній день, конкретні правила, які регулюють пластикову упаковку, залишаються обмеженими та потребують подальшого удосконалення для більш детального регулювання цієї проблеми [41].

Методи виявлення мікропластику в харчових продуктах є складними і вимагають застосування сучасних, високоточних технологій. Вони дають змогу точно виявляти навіть найменші частинки пластику, але цей процес потребує значних ресурсів та спеціалізованого обладнання. Оскільки ці методи є складними, важливо не лише здатність виявляти забруднення, але й розробка заходів для запобігання потраплянню мікропластику в харчову продукцію.

Європейські нормативні акти приділяють велику увагу контролю за наявністю мікропластику в продуктах харчування, зокрема через ініціативи, що обмежують використання пластикових матеріалів та удосконалюють процедури їх контролю. Однак для ефективного управління цією проблемою недостатньо лише здійснювати ретельний моніторинг і виявлення забруднень. Необхідно також розробляти стратегії запобігання потраплянню мікропластику на всіх етапах технологічного процесу.

Отже, важливо розробити підходи, які допоможуть оцінити ймовірність забруднення мікропластиком у технологічних процесах харчової промисловості. Це дозволить точно визначити етапи виробництва чи обробки упаковки, де найбільше зростає ризик забруднення, а також застосовувати превентивні заходи для мінімізації цього забруднення.

Тому в рамках дослідження необхідно не тільки зосереджуватися на методах виявлення мікропластику, але й на розробці комплексних підходів для запобігання його потраплянню в харчову продукцію. Це питання є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки харчової продукції, що є основою для збереження здоров'я споживачів.

Висновки до розділу 1

Проаналізовано законодавство України у сфері безпечності харчової продукції. Основою контролю безпекою є система НАССР, яка передбачає превентивний підхід до управління ризиками при виробництві харчової продукції та запобігання появі небезпечних факторів на всіх етапах харчового ланцюга. Закон «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» визначає обов'язкові програми-передумови, а закон «Про матеріали і предмети, призначені для контакту з харчовими продуктами» встановлює вимоги до матеріалів і предметів, що контактують з харчовими продуктами. Додатково контроль здійснюється через низку наказів МОЗ і Мінагрополітики, що регламентують санітарні норми, максимальні рівні забруднювачів, методи перевірки та ведення обліку.

Система контролю охоплює хімічні, фізичні та біологічні небезпечні фактори, а також новий сучасний виклик — мікропластик, що здатний потрапляти до продуктів через воду, обладнання та упаковку.

Мікропластик становить потенційну небезпеку для здоров'я людини, оскільки його частинки можуть накопичуватися в організмі, потрапляючи через їжу, воду або повітря. Мікропластик здатний переносити токсичні сполуки, важкі метали та залишки хімічних речовин, які адсорбуються на їхній поверхні. Контроль за наявністю мікропластику у харчових продуктах є важливим елементом системи забезпечення їх безпеки, а розроблення методів його виявлення та зменшення потрапляння одним із ключових завдань сучасної харчової промисловості.

З огляду на виявлені ризики та існуючі проблеми, основною задачею подальших досліджень є розробка та вдосконалення методів оцінки ризиків потрапляння мікропластику в харчові продукти в рамках системи НАССР, а також розробка рекомендацій щодо технологій мінімізації його впливу на здоров'я людини.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження магістерської роботи є технологія підготовки сировини до виробництва

Під час виробництва харчових продуктів значна частина сировини постачається у поліетиленових мішках. Розкривання таких мішків за допомогою ножа чи інших гострих предметів може спричинити відокремлення дрібних частинок пластику, які потрапляють у сировину, а надалі — у готову продукцію.

Технологічний процес підготовки сировини включає такі основні етапи: зберігання сировини, розкривання упаковки, дозування та подачу сировини у виробництво.

Найбільшу увагу необхідно приділяти саме етапу розкривання полімерної упаковки, оскільки на цьому етапі існує найвищий ризик потрапляння мікропластику в харчовий продукт.

2.2 Предмет дослідження

Предметом дослідження магістерської роботи є оцінка ризику потрапляння мікропластику та фактори, що сприяють його потраплянню в харчові продукти під час розкривання полімерної тари із сировиною, а саме поліпропіленових мішків.

Основну небезпеку становлять дрібні частинки поліпропілену, які можуть відділятися від мішків у процесі механічного розрізання ножом чи іншим гострим інструментом. Ці частинки здатні змішуватися з сипкими матеріалами, такими як борошно, цукор, сіль або крохмаль, і потрапляти до подальших стадій технологічного процесу.

2.3 Методи дослідження

Метою експериментальної частини дослідження було визначення впливу способу розкривання полімерних мішків на кількість частинок мікропластику, що потрапляють у середовище при цьому процесі.

Досліджено було розподілено на 3 складові:

- дослідження частинок волокон мішку, що розлітається в сторони;
- дослідження частинок волокон мішку, що потенційно падає в продукт;
- дослідження та ідентифікація мікропластику

Для реалізації вище наведених досліджень адаптували методу експерименту представлену у роботі [44].

2.3.1. Метод виявлення волокон мішку, що розлітаються

Для проведення дослідження використовується установка, що включає в себе чорний екран, стіл та металевий піднос (рис. 2.1).

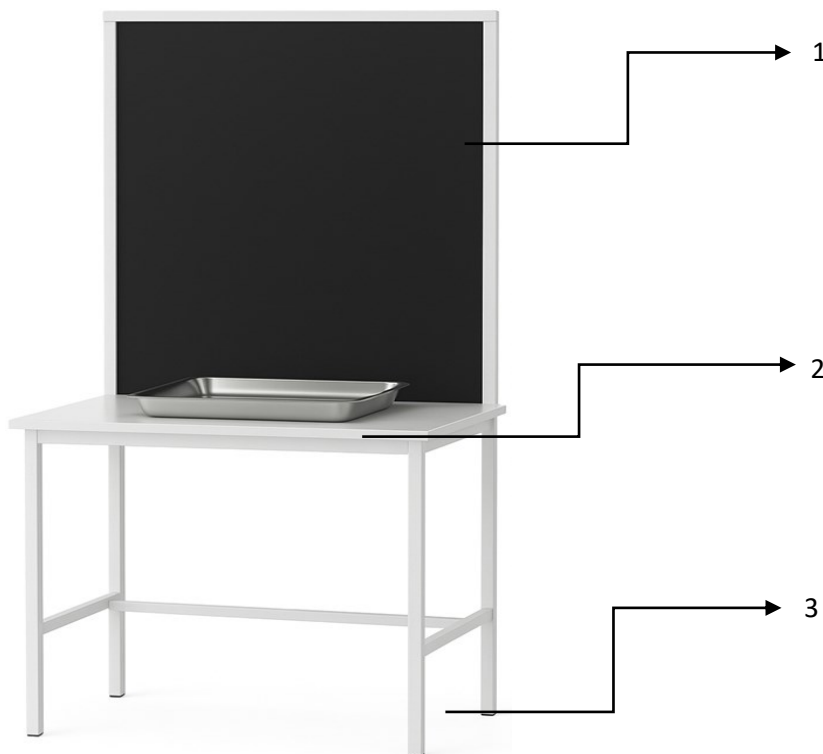


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення установки для проведення досліджень:

1 - стіл; 2 – металевий піднос; 3 – чорний екран;

Для вимірювання здійснювали відео-зйомку процесу розрізання матеріалу. Наступним кроком було кадрування всього запису в онлайн програмного середовища «ONLINE-CONVERT»[71].

Аналіз кожного зображення дозволяє провести виявлення частинок білого кольору, що розлітаються від матеріалу в процесі розрізання.

2.3.2. Метод виявлення волокон мішку, що потрапляє в продукт

Після проведення досліджень 2.3.1. який проводився над підносом візуально визначали фрагменти мішку - на металевому підносі після розрізання матеріалу. В обрахунку включали кожну окрему частинку виявлену на підносі.

2.3.3. Метод мікроскопіювання для ідентифікації мікропластику

Для мікроскопіювання змиву з метою ідентифікації частинок мікропластику видимі фрагменти матеріалу, які визначались за методом 2.3.1. вилучались з металевого підносу. Далі поверхню підносу промивали дистильованою водою і верхній шар рідини відбирали на предметне скельце і проводили ідентифікації мікропластику поліпропілену під мікроскопом з приближенням у 50 разів.

2.4. Обробка результатів досліджень

Обробка даних в ході проведених досліджень, проводиться за допомогою статистичного програмного забезпечення PSPP.

З огляду на необхідність порівняння трьох груп обрано аналіз дисперсії ANOVA [72] в програмному середовищі PSPP [73]. Метод застосовується для визначення чи є відмінності у середній кількості відокремленого мікропластику, спричинені типом мішка (М-В-Щ60, М-С-Щ80, М-М-Щ40) та методом механічного впливу (лезо, що було у використанні, гостре лезо, ножиці) Тобто чи є відмінності між середніми показниками груп статистично значущим. У випадку, якщо отримане значення рівня значущості для гомогенності дисперсій виявляється більше допустимого рівня помилки 5% це свідчить про дотримання припущення та достовірність результатів ANOVA.

На рис. 2.2 наведена схема досліджень.

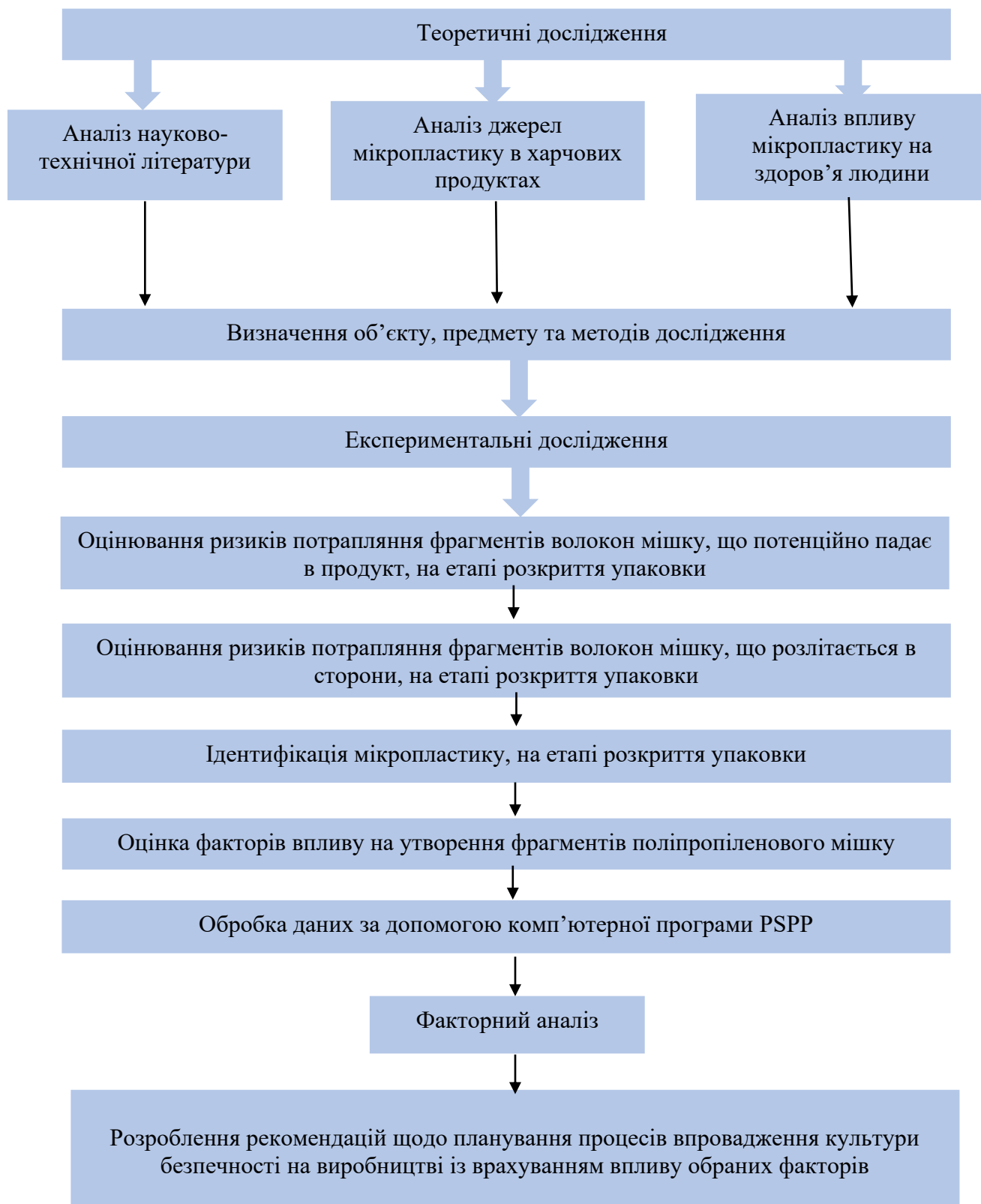


Рисунок. 2.2 Схема проведення наукового дослідження

Висновки до розділу 2

Об'єктом дослідження магістерської роботи визначено технологію підготовки сировини до виробничого процесу, що охоплює стадії зберігання, розкриття пакування, дозування та подачі інгредієнтів.

Предметом дослідження виступають чинники та умови, що зумовлюють механічне відокремлення фрагментів поліпропілену від тканної структури мішків під час їх розрізання. Особливу небезпеку становлять дрібні волокна, які здатні змішуватися з сипучими матеріалами, такими як борошно, цукор або сіль, та залишатися у складі продукту на наступних стадіях виробництва.

Методологія експериментальної частини базується на визначенні впливу способу розкриття мішків на кількість вивільненого мікропластику за трьома основними напрямками: дослідження часток, що розлітаються в повітрі; часток, що осідають безпосередньо в продукт; а також ідентифікація мікропластику методом мікроскопіювання змивів із робочих поверхонь. Для реалізації цих завдань використано спеціалізовану установку з чорним екраном та систему відеофіксації, що дозволяє проводити покадрове виявлення часток білого кольору, які відокремлюються від матеріалу.

Обробка результатів досліджень здійснюється із застосуванням статистичного програмного забезпечення PSPP. Для наукового обґрунтування отриманих даних обрано метод однофакторного аналізу дисперсії (ANOVA), який дозволяє встановити наявність або відсутність статистично значущих відмінностей у кількості відокремленого мікропластику залежно від типу мішка та обраного інструменту.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТРАПЛЯННЯ МІКРОПЛАСТИКУ В ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ

Для проведення дослідження було взято три зразки мішка різної щільності та розміру. Для зручності проведення аналізу, закодуємо мішки, де М- мішок, В,М,С (великий, малий, середній), Щ – щільність. Усі досліджувані зразки мішків, незалежно від їх розмірних характеристик та показників щільності, мають ідентичне цільове призначення. Вони використовуються для пакування, зберігання та транспортування сипучих продуктів харчування, зокрема борошна, зернових культур та цукру. Характеристика наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика досліджуваних зразків

Код зразка	Розмір (-ширина x висота), мм	Щільність, г/м ²	Наявність вкладиша
М-В-Щ60	1000 x 1500	60	Відсутній
М-С-Щ80	550 x 1050	80	Наявний
М-М-Щ40	500 x 750	40	Відсутній

Щільність мішку формує візуальну різницю плетіння волокон, що видно із рис.3.1.

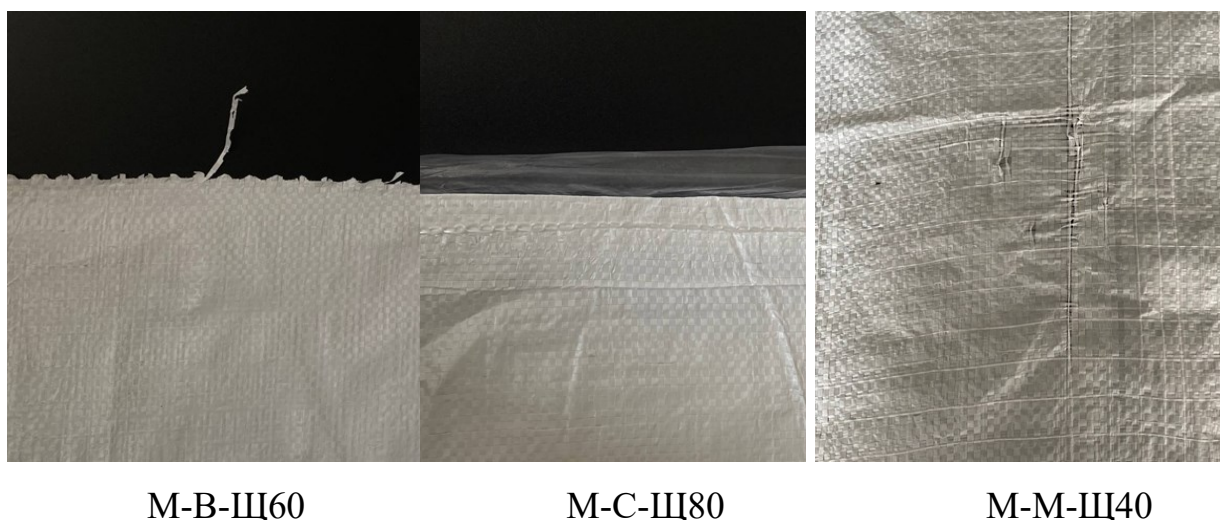


Рисунок 3.1 Зовнішній вигляд досліджуваних зразків

Як видно із рис. 3.1., М-В-Щ40 – мішок немає механічних пошкоджень, верхній край нерівний помітні кілька волокон, що відділилися від основного

плетіння; М-С-Щ80 – мішок без пошкоджень рівним швом зовнішній край рівний, що відповідно унеможлиблює вибиття окремих волокон із плетіння; М-М-Щ80 – мішок, верхній край якого рівний, без пошкоджень та волокон. У центральній частині є кілька поздовжніх та поперечних нерівномірностей розподілу волокон в плетінні мішку. При загальному огляді всіх мішків не ідентифіковано інших дефектів.

Як, було зазначено в пункті 2.3 проводили імітування розрізання мішку та досліджували фрагменти поліпропіленового мішку, що утворювались. Слід відмітити, що на практиці використовуються спосіб внесення компонентів безпосередньо із мішків перекидаючи край мішків над ємністю (наприклад, діжа тістоміса) і розрізання мішку із одночасним висипанням інгредієнтів проводять у такому положенні мішку (рис. 3.2.).



Рисунок 3.2. – Схема розриття мішку над ємністю

Представлений на рис. 3.2. спосіб розкриття мішку не є контрольованим з міркувань можливості потраплянь фрагментів, волокон або частинок матеріалу мішку. Більші фрагменти полімерних матеріалів є джерелом мікропластику [45]. Така ситуація зумовлює необхідність дослідження утворення фрагментів поліпропіленових мішків.

Для проведення імітаційних дослідження розрізання поліпропіленових мішків обрали три варіанти інструменту : лезо, що було у вжитку (тобто яке не є гострим), нове лезо (гостре) та ножиці.

3.1 Дослідження фрагментів поліпропіленового мішку, що розлітаються в сторони

Процеси розкривання фіксувались на відео, що дозволило надалі провести розкадрування [44], що дозволило детально переглянути цифрові зображення та виявити, які відокремлювались.

Такі цифрове зображення Результати проведення досліду розрізання вживаним лезом ножа всі трьох варіантів мішків наведено на рис 3.3. Для підвищення достовірності результатів дослідження із розрізання повторювались тричі.

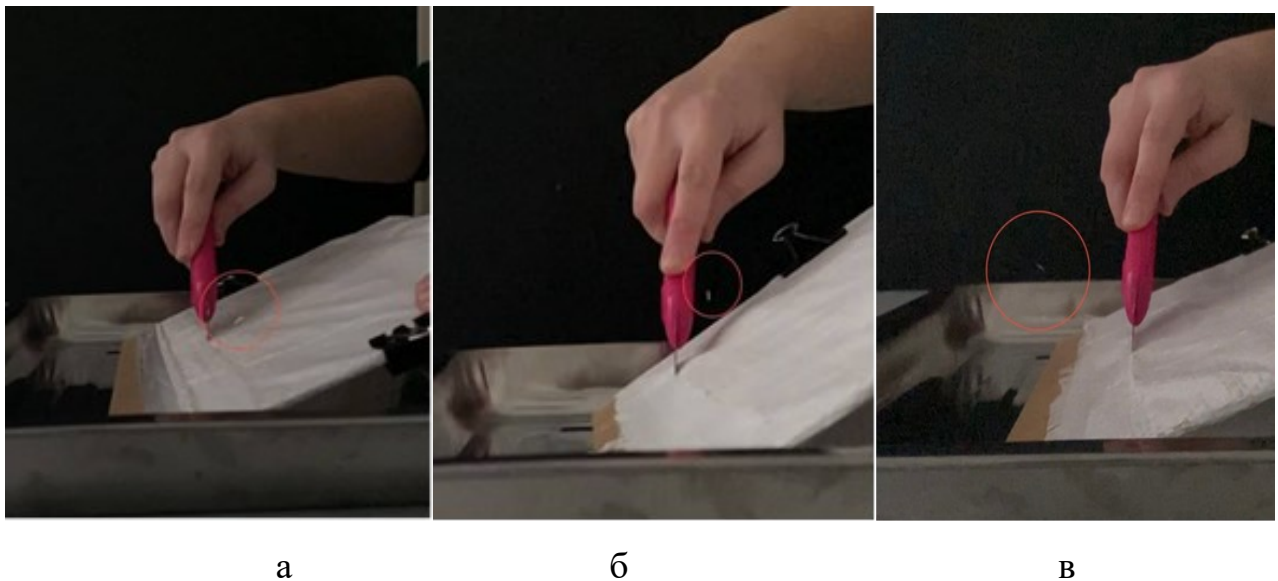


Рисунок 3.3 Кадри розрізання поліпропіленового мішку вживаним лезом ножа:

а – М-С-Щ80; б – М-В-Щ60; в – М-М-Щ40

Наступний етап експерименту передбачав заміну вживаного леза на нове, гостре та повторне проведення досліду. Це було необхідно щоб відокремити частки, які утворюються внаслідок зносу і тертя при вживаному ножі, від частинок, які відокремлюються внаслідок руйнування матеріалу при чистому розрізі.

Встановлено, що після заміни різального інструменту на гостре лезо інтенсивне розлітання часток матеріалу припинилося, проте на підносі продовжувала фіксуватися їх наявність. Аналіз результатів свідчить, що гострота леза є критичним фактором для забезпечення мінімальної динаміки поширення часток, але не виступає повним усуненням ризику їх виходу за межі робочої зони. Для порівняння ми також розглянули ножиці як спосіб розкривання мішків. Результати проведення досліду наведені на рис 3.4.



а

б

в

Рисунок 3.4 Розкривання мішків ножицями

а – М-М-Щ40; б – М-В-Щ60; в – М-С-Щ80

Візуально, порівнюючи рис. .3.3-3.4 видно що різні елементи руйнування продукують різну кількість частинок мішку (табл. 3.2).

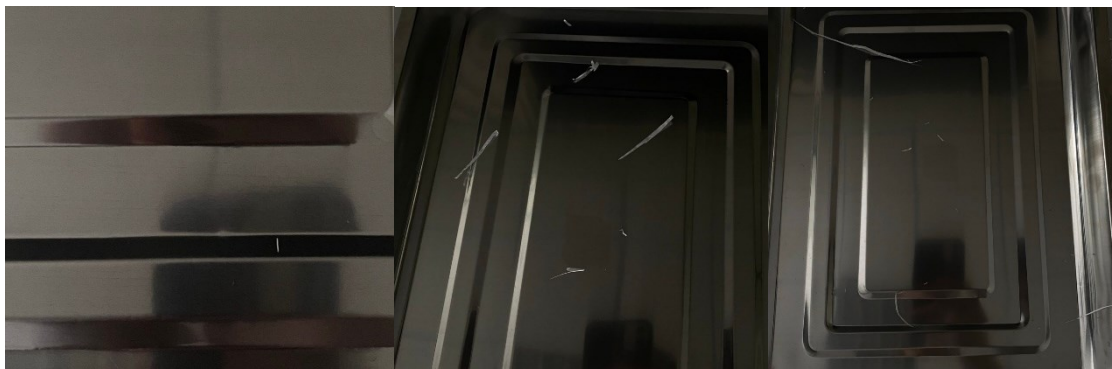
Ідентифіковані фрагменти поліпропіленових мішків

Зразок	Інструмент руйнування (вживаний ніж, новий ніж, ножиці)	Кількість ідентифікованих фрагментів, шт.
М-В-Щ60	Вживаний ніж	7
М-СЩ80	Вживаний ніж	3
М-МЩ40	Вживаний ніж	5
М-В-Щ60	Новий ніж	2
М-СЩ80	Новий ніж	0
М-МЩ40	Новий ніж	2
М-В-Щ60	Ножиці	14
М-СЩ80	Ножиці	5
М-МЩ40	Ножиці	8

Як видно, із підсумовуючих даних першого етапу досліджень, найбільша кількість фрагментів утворилась при типі руйнування ножицями, оскільки в даному випадку іде дія двох один на одне направлених лез що відповідно окрім самого розрізання чинить механічні дію на фрагментування і розлітання утворених частинок. І оскільки, як було зазначено раніше такі фрагменти є одним із джерел мікропластику слід застосовувати заходів, які будуть направленні на виключення або мінімізацію утворення таких фрагментів.

3.2 Дослідження фрагментів поліпропіленового мішку, що потенційно падає в продукт

У попередніх дослідження було встановлено, що не всі фрагменти поліпропіленового мішку можуть бути ідентифіковані при аналізі з боку (що демонструють кадри відеоматеріалів), тому додатково вирішено провести ідентифікацію утворених частинок які залишаються на площині під місцем розрізання. Кожен мішок розкривався над чистим металевим підносом, що забезпечувало можливість візуально спостерігати та фіксувати фрагменти пластику, які могли відокремитись (рис.3.5).



а

б

в

Рисунок 3.5 Ідентифіковані частинки на площині під місцем розрізання

а - М-С-Щ80; б - М-М-Щ40; в - М-В-Щ60

Як, видно із рис. 3.5 при розрізанні, спостерігалась значна кількість дрібних фрагментів та волокон, які відокремлювались та осідали на підносі, саме вони потенційно потрапляють у продукт (табл.3.3.).

Таблиця 3.3

Ідентифіковані фрагменти поліпропіленових мішків

Зразок	Інструмент руйнування_(вживаний ніж, новий ніж, ножиці)	Кількість ідентифікованих фрагментів, шт.
М-В-Щ60	Вживаний ніж	20
М-СЩ80	Вживаний ніж	3
М-МЩ40	Вживаний ніж	7
М-В-Щ60	Новий ніж	3
М-СЩ80	Новий ніж	2
М-МЩ40	Новий ніж	4
М-В-Щ60	Ножиці	29
М-СЩ80	Ножиці	9
М-МЩ40	Ножиці	12

Найбільшу контамінацію зафіксовано при застосуванні ножиць та вживаного ножа (табл. 3.3.). Ці інструменти викликають підвищене тертя. Найменшу контамінацію зафіксовано при застосування гострого леза. Гостре лезо робить чистий розріз, мінімізуючи механічне відокремлення волокон. Зразок М-С-Щ80 показує найменшу кількість відокремлених частинок у всіх способах руйнування. Вкладиш утримує частинки, що відділяються.

Порівняльний аналіз підтверджує, що основний ризик контамінації харчового продукту фрагментами поліпропіленового мішка, виникає не лише через матеріал, але й через метод розкриття мішка. Використання гострого леза та мішків із внутрішнім захисним вкладишем суттєво знижує пряме потрапляння волокон у продукт на етапі розкриття мішка.

Аналіз часток, що утворюються під час розрізання, показав, що вони мають різний розмір та форму. Через особливості структури цих фрагментів їх практично неможливо помітити при потраплянні в ємність над якою проводиться робота, незалежно від виду харчового продукту. Щоб підтвердити, що такі частинки залишатимуться непомітними для ока, було проведено візуальне моделювання, яке довело складність їх виявлення у загальній масі продукту». На чисту поверхню металевого підносу було розміщено невелику кількість борошна, після цього на поверхню борошна були переміщені 5 частин поліпропілену (рис 3.6).

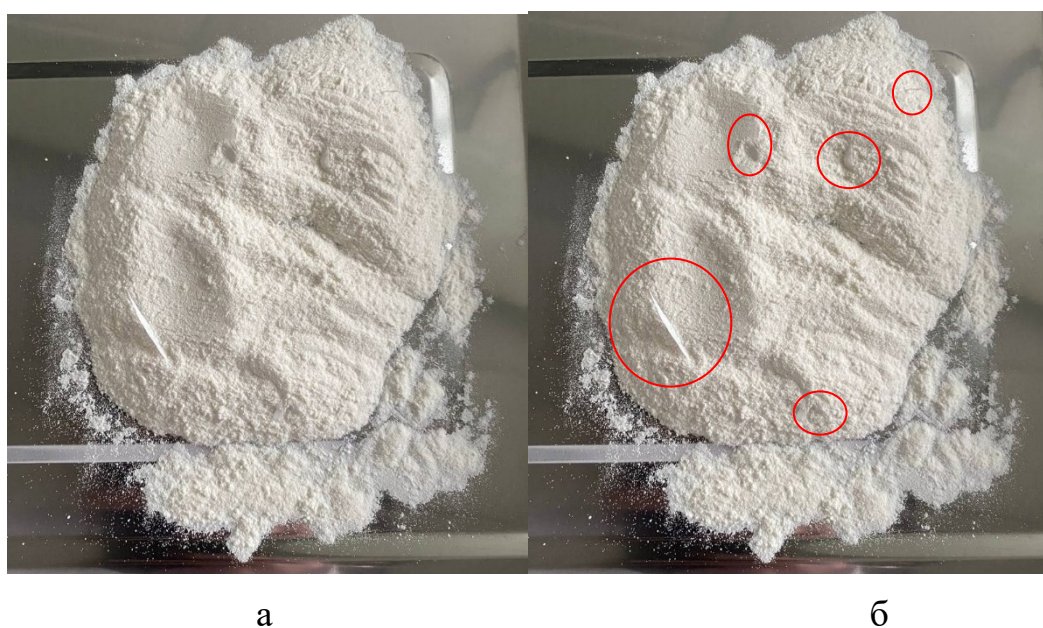


Рисунок 3.6 Зображення борошна із волокнами полімерного мішку:
а – без відмітки таких елементів; б – з відміткою таких елементів

Візуальне спостереження підтвердило, що поліпропіленові волокна легко змішуються з продуктом. Хоча великі частинки помітні, дрібніші є «невидимими» для людського ока при візуальному аналізі поверхні, і тим більше будуть не помітні при виконанні етапу внесення інгредієнтів у ємність. Відповідно, при

діючих практиках на підприємстві , і особливо для даної стадії, відсутні заходи контролю або зниження ймовірності потрапляння фрагментів мішку і як наслідок мікропластику до харчового продукту.

3.3 Ідентифікація мікропластику

За результатами попередній досліджень, бачимо при розрізанні мішку утворюється велика кількість фрагментів різної форми та розмірів, і як зазначалось раніше [45]. Вони є ще більшим джерелом мікропластику для продукту. Для встановлення наявності частинок мікропластику, що утворюються при розрізанні мішків, з підносу прибирали всі видимі частинки мікропластику, змивали дистильованою водою металевий підніс у конічну колбу. Оскільки частинки мікропластику будуть знаходитись на поверхні рідини, колба витримувалась певний час у спокої, верхній шар відбирали на предметне скельце та проводили ідентифікацію наявних залишків поліпропілену мікроскопіюванням (рис. 3.7).

Аналіз підтвердив (рис.3.7), що всі відокремлені частинки мають типову форму для мікропластика – лінійні волокна. Вони відрізняються лише за товщиною, довжиною та ступенем деформації.

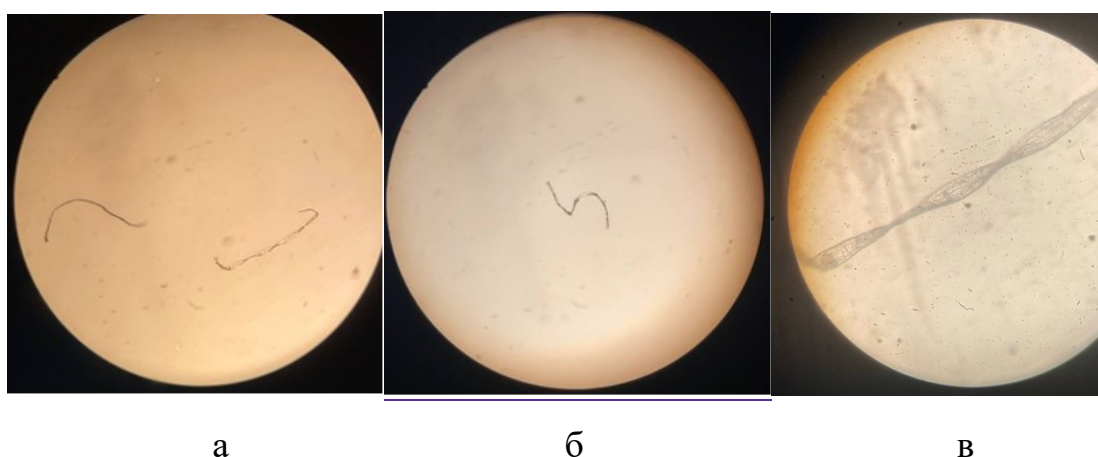


Рисунок 3.7 Результати мікроскопіювання
а - М-В-Щ60 ; б - М-С-Щ80; в -М-М-Щ40

Як видно, ідентифіковані частинки мікропластику – є лише тими елементами, що утворились під час руйнування поліпропіленового матеріалу. Однак більші фрагменти в процесі технологічних операцій із сировиною та напівпродуктом будуть утворювати ще більшу кількість мікропластику, який в кінцевому моменті потрапить до споживача у складі харчового продукту.

3.3 Проведення факторного аналізу

Для статистичного підтвердження отриманих експериментальних даних та визначення ступеня впливу факторів на процес вивільнення мікропластику було проведено дисперсійний аналіз ANOVA за допомогою програмного забезпечення SPSS. Дослідження базувалося на перевірці чотирьох основних гіпотез щодо впливу типу пакувального матеріалу мішка та методу його механічного руйнування (інструменту) на кількість ідентифікованих частинок.

Загалом було проведено по 5 дослідів на кожний тип мішку та руйнування. Для інструменту ножиці дослід для кожного типу мішка проводився тричі. Дані для факторного аналізу наведені представлені у попередніх дослідженнях.

Наступним етапом була перевірка гіпотез. Було сформовано 4 гіпотези:

Перша гіпотеза припускала наявність зв'язку між типом мішка та кількістю часток, що розлітаються в повітрі під час його розрізання.

Друга гіпотеза стосувалася впливу типу руйнування (обраного інструменту) на інтенсивність розлітання часток у навколишній простір.

Третя гіпотеза була спрямована на виявлення впливу характеристик мішка на обсяг пластикових фрагментів, ідентифікованих безпосередньо на робочій поверхні підноса.

Четверта гіпотеза перевіряла, як тип механічного впливу інструменту визначає кількість часток пластику, що осідають на підносі в зоні розкриття тари.

Результати однофакторного дисперсійного аналізу наведені на рис 3.8.

Гіпотеза 1

ANOVA		Сума квадратів	df	Середнє за квадратами	F	Знач.
Розлітається	Між групами	76,98	2	38,49	2,19	,124
	Всередині груп	736,80	42	17,54		
	Загалом	813,78	44			

Гіпотеза 2

ANOVA		Сума квадратів	df	Середнє за квадратами	F	Знач.
Розлітається	Між групами	607,24	2	303,62	61,74	,000
	Всередині груп	206,53	42	4,92		
	Загалом	813,78	44			

Гіпотеза 3.

ANOVA		Сума квадратів	df	Середнє за квадратами	F	Знач.
Піднос	Між групами	417,24	2	208,62	3,44	,041
	Всередині груп	2545,73	42	60,61		
	Загалом	2962,98	44			

Гіпотеза 4.

ANOVA		Сума квадратів	df	Середнє за квадратами	F	Знач.
Піднос	Між групами	1984,04	2	992,02	42,56	,000
	Всередині груп	978,93	42	23,31		
	Загалом	2962,98	44			

Рисунок 3.8 Зображення результатів однофакторного дисперсійного аналізу в програмному середовищі PSPP

Процес статистичної перевірки гіпотез базувався на аналізі показника значущості p . Якщо отримане значення p є меншим за критичний рівень 0,05, це свідчить про наявність статистично важливого зв'язку тоді гіпотеза підтверджується. Якщо p перевищує 0,05, вплив фактора вважається випадковим, а гіпотеза – спростованою.

Перша гіпотеза щодо впливу типу мішка на кількість часток у повітрі була спростована, оскільки значення p перевищило встановлений поріг.

Третя гіпотеза підтверджується, це доводить, що характеристики пакувального матеріалу, такі як плетіння та щільність впливають на забруднення продукту

Друга та четверта гіпотеза підтверджуються в обох випадках показник значущості становить $p=0,000$. Ці дані дозволяють стверджувати, що саме спосіб механічного впливу та стан інструменту (вживане нове лезо) є основними факторами, які визначають кількість поліпропілену, що розлітаються в сторони і потенційно потрапляють у продукт.

Висновок до розділу 3

Експериментальне дослідження, проведене у третьому розділі, було спрямоване на встановлення кількісних та якісних характеристик часток поліпропілену, що відокремлюються від пакування, а також на оцінку чинників, які впливають на цей процес. У ході роботи було встановлено, що основним джерелом контамінації продукту є полімерні волокна, які вивільняються зі структури тканих мішків під час їхнього механічного пошкодження, особливо на етапі розкриття тари.

Статистична обробка результатів за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) дозволила підтвердити ключові гіпотези дослідження. Доведено, що тип інструменту лезо чи ножиці має вирішальний вплив як на інтенсивність розлітання часток у повітрі, так і на їх кількість, що безпосередньо осідає на поверхню продукту (у обох випадках $p = 0,000$). Зокрема, використання гострого леза дозволяє суттєво знизити динамічне розлітання часток, хоча повністю не усуває ризик їх накопичення в зоні розвантаження.

Додатково було виявлено, що щільність плетіння мішків від 40 до 80 г/м² та наявність внутрішнього вкладиша також впливають на характер руйнування матеріалу. При аналізі часток, що утворюються, зафіксовано їх значну неоднорідність за розміром та формою. Результати візуального моделювання підтвердили, що такі фрагменти практично неможливо ідентифікувати у

загальній масі харчового продукту неозброєним оком, незалежно від виду інгредієнтів.

Отримані дані, систематизовані у таблиці 3.4, стали основою для проведення факторного аналізу та дозволяють стверджувати, що заміна інструментарію та контроль за станом різальних поверхонь є необхідними заходами для мінімізації ризику потрапляння сторонніх тіл у готову продукцію

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ПОТРАПЛЯННЯ МІКРОПЛАСТИКУ

4.1 Оцінка ризику контамінації харчових продуктів мікропластиком на етапі розтарювання

Оцінювання ризику контамінації харчових продуктів мікропластиком проводилося на основі системного підходу до ідентифікації та аналізу небезпечних факторів, що використовується в системі управління безпечністю харчової продукції.

Для кількісної та якісної характеристики ризику застосовувалася матрична модель, яка враховує поєднання показників істотності потенційної небезпеки та ймовірності її виникнення. Значення ймовірності формувалися з урахуванням результатів експериментальних досліджень, а також даних статистичної обробки, що підтверджують вплив досліджуваних факторів на рівень контамінації.

Перевірка другої гіпотези показала, що вибір інструменту для механічного руйнування пакувального матеріалу має достовірний статистичний вплив на інтенсивність утворення частинок, які розповсюджуються в повітряному просторі. Це свідчить про те, що застосування ножиць або зношених лез призводить до значного зростання ймовірності неконтрольованого вивільнення фрагментів поліпропіленових волокон і, відповідно, їх можливого потрапляння до харчового продукту.

Аналогічні закономірності виявлено і при аналізі результатів перевірки четвертої гіпотези, відповідно до яких спосіб розкриття мішка визначає кількість полімерних частинок, що осідають безпосередньо на поверхню продукту або робочої зони. Таким чином, метод механічного впливу є ключовим чинником формування рівня прямого забруднення харчової сировини мікропластиком.

Разом з тим, результати перевірки третьої гіпотези засвідчили, що конструктивні характеристики мішка, зокрема щільність матеріалу та наявність внутрішнього захисного вкладиша, також мають статистично значущий вплив

на ступінь контамінації продукту ($p = 0,041$). Зокрема, використання мішків із поліетиленовим вкладишем типу М-С-Щ80 сприяє зниженню ймовірності потрапляння полімерних волокон у продукт, оскільки вкладиш виконує бар'єрну функцію та утримує частинки, що утворюються в процесі розрізання пакування.

Вище сказане, було підставою встановити наступні бали при оцінці небезпечного фактору (табл.4.1.).

Таблиця 4.1

Оцінка ризику потрапляння мікропластику на етапі розтарювання

<i>Небезпечний фактор</i>	<i>Варіант мішку</i>	<i>Вид інструменту для руйнування</i>	<i>Методологія оцінювання небезпечних факторів</i>			
			<i>Істотність</i>	<i>Ймовірність</i>	<i>Ступінь ризику</i>	<i>Область ризику (суттєвий/несуттєвий)</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-В-Щ60	Вживаний ніж	3	4	12	Суттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-С-Щ80 (з вкладишем)	Вживаний ніж	3	2	6	Несуттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-М-Щ40	Вживаний ніж	3	3	9	Суттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-В-Щ60	Новий (гострий) ніж	3	2	6	Несуттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-С-Щ80 (з вкладишем)	Новий (гострий) ніж	3	1	3	Несуттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-М-Щ40	Новий (гострий) ніж	3	2	6	Несуттєвий

1	2	3	4	5	6	7
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-В-Щ60	Ножиці	3	5	15	Суттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-С-Щ80 (з вкладишем)	Ножиці	3	3	9	Суттєвий
Ф: Потрапляння мікропластику (поліпропіленові волокна) у харчовий продукт	М-М-Щ40	Ножиці	3	4	12	Суттєвий

Отримані результати дозволили обґрунтовано сформувані градацію ймовірності ризику в таблиці оцінки небезпечних факторів (табл. 4.1), де:

- висока ймовірність відповідає використанню ножиць або вживаного ножа;
- середня ймовірність характерна для мішків без вкладиша при механічному зношенні матеріалу;
- низька ймовірність зафіксована при використанні нового гострого леза, особливо у поєднанні з мішками з внутрішнім захисним вкладишем.

За результатами досліджень, встановлено що мікропластик вивільняючи хімічні сполуки в організмі людини може призвести до порушення обміну речовин, проблем із репродуктивною системою [76]. Тому за 5 бальною шкалою встановлено оцінку 3 - що відповідає значенню " може викликати захворювання".

4.2 Розроблення заходів з мінімізації ризиків потрапляння мікропластику

Попри відсутність спеціального законодавства, яке б регулювало мікропластик і нанопластик як забруднювачі харчових продуктів, у

Європейському Союзі діє широкий комплекс політик і нормативно-правових актів щодо морського сміття, що охоплюють його джерела та наслідки [46].

Упаковка є одним з головних джерел забруднення харчових продуктів мікропластиком. Тому необхідно ретельно вивчити способи зменшення ризиків, пов'язаних із застосуванням пластикових матеріалів. Це включає удосконалення пакувальних матеріалів, оптимізацію технологічних процесів і посилення контролю за використанням полімерних матеріалів у харчовій упаковці [47].

Збільшення занепокоєння через забруднення харчових продуктів мікропластиком вимагає запровадження ефективних і науково обґрунтованих методів контролю, які дозволяють вчасно виявляти та знижувати рівень забруднення харчових продуктів мікропластиком [61]. Це включає використання інноваційних технологій для виявлення мікропластику, а також покращення стратегій моніторингу на етапах пакування, зберігання та обробки харчових продуктів.

На базі проведених досліджень запропонована інструкція щодо запобігання забрудненню мікропластику при розкриванні упаковки наведена в Додатку А. Вона включає декілька важливих складових: підготовку та контроль середовища, порядок розрізання мішка та критичну обробку країв, для зменшення та унеможливлення потрапляння фрагментів поліпропіленового мішка до напівпродукту.

Проце розрізання базується на принципі віддаленості від відкритої ємності. Розміщення краю мішка в пласкому вигляді на столі мінімізує механічне навантаження на плетіння під час розтарювання. Основне правило виконання розрізу – один безперервний рух без додаткових маніпуляцій. Це зменшує тертя між нитками поліпропілену. У випадку багатошарової тари інструкція вимагає більш ретельного поводження з вкладишем, щоб уникнути його затягування під лезо інструменту, що відповідно для результатів дослідження є причиною потрапляння дрібних фрагментів у ємність.

Іншим не менш важливим етапом є підготовка країв мішку до вивертання. Цей прийом дозволяє механічно заблокувати “ворсисті ” краї мішку та потенційні і відповідно фрагментів, що неминуче утворюються в місці розрізання, сховавши їх під зовнішній згин. Завершити цей етап слід візуальним контролем, тобто, оператор має переконатись у відсутності звисаючих ниток. Після цих маніпуляцій вміст мішку може бути внесений до робочої ємності.

Серед реалістичних заходів, яких може вжити оператор ринку виробництва харчової продукції можна віднести:

- провадження систем фільтрації води на вході до потужності підприємства;
- заміна пластикового обладнання на нержавіючу сталь;
- контроль за зносом полімерних конвеєрних стрічок;
- використання матеріалів, стійких до абразії;
- обмеження використання вторинного пластику в зонах безпосереднього контакту з продуктом без належної сертифікації;
- заміна процесу розрізання мішків (як у вашому дослідженні) на автоматизовані системи з термічним запаюванням країв або використанням безпилових методів відкриття;
- встановлення HEPA-фільтрів у зонах, де продукт знаходиться у відкритому вигляді, для уловлювання летючих волокон (Airborne Microplastics);

Однак кожен такий захід пов’язаний із зміною підходів до оцінки ризиків, як використовуваних матеріалів, так інструкцій по виконанню певних операцій. Поруч з цим окремі підходи вимагають часу та додаткових коштів.

Окрім того для підприємства харчової промисловості можуть бути розглянуті і основні заходи для зменшення ризиків потрапляння мікропластику в харчові продукти:

- вдосконалення дизайну упаковки;
- оптимізація виробничих процесів;
- заміна традиційних пластиків на екологічно чисті альтернативи;

- покращення методів переробки упаковки;
- розробка та впровадження регуляторної політики щодо зменшення мікропластику [48].

Удосконалення дизайну упаковки. Один із найефективніших підходів до зменшення забруднення мікропластиком полягає в удосконаленні дизайну упаковки та вдосконаленні виробничих процесів.

Впровадження таких рішень, як багатошарова упаковка, нанопокриття та армування матеріалів неполімерними компонентами, дозволяє значно знизити рівень деградації пластикових матеріалів і зменшити ризик міграції мікропластиків у харчові продукти [49].

Багатошарова упаковка утворює захисний бар'єр, що перешкоджає проникненню пластикових частинок у продукт, тоді як нанопокриття покращує захисні характеристики упаковки, знижуючи ймовірність забруднення.

Біорозкладні покриття на основі хітозану та целюлози також є перспективними, оскільки вони значно покращують захисні властивості упаковки [50, 51]. Такі покриття надають упаковці додаткову вологостійкість, механічну міцність і антимікробні властивості, що робить їх ідеальними для упаковки швидкопсувних товарів. Це не тільки знижує ризики потрапляння мікропластику в харчові продукти, але й продовжує термін їх зберігання та забезпечує вищу безпеку.

Удосконалення виробничих процесів. Важливим кроком є удосконалення самих виробничих процесів, оскільки надмірне механічне навантаження, високі температури та використання хімічних добавок можуть сприяти руйнуванню полімерних матеріалів, що, у свою чергу, призводить до утворення мікропластиків.

Ще одним ефективним заходом є розробка замкнутих систем переробки та вдосконалення методів переробки полімерів, що дозволить зменшити пластикові відходи та забруднення мікропластиком протягом усього життєвого циклу упаковки — від виробництва до утилізації.

Для мінімізації ризиків потрапляння мікропластику в харчові продукти через упаковку важливо також ретельно контролювати процес її *відкриття при розпакуванні сировини*.

Основні ключові моменти при розпакуванні сировини:

- ✓ перевірка стану упаковки;
- ✓ використання спеціалізованих інструментів;
- ✓ чистота робочих зон;
- ✓ збір та утилізація часток;
- ✓ навчання персоналу;
- ✓ автоматизація процесу;
- ✓ перевірка якості сировини після розпакування;
- ✓ контроль за умовами зберігання сировини після розпакування.

Використання спеціалізованих інструментів, таких як ножиці або ножі з обмежувачами, дозволяє акуратно розрізати упаковку без її пошкодження та відокремлення дрібних часток пластику, що може призвести до забруднення харчових продуктів. Крім того, важливо перевіряти стан пакувальних матеріалів перед їх відкриттям, щоб виявити дефекти, які можуть сприяти утворенню часток пластику під час процесу розкривання.

Пошкоджені або зношені пакувальні матеріали потрібно замінювати до початку виробничого процесу, щоб уникнути ризику забруднення продукції. Для належного контролю стану упаковки рекомендується регулярно проводити візуальні перевірки матеріалу.

Після відкриття упаковки важливо підтримувати чистоту робочих зон. Частинки пластика, які відокремлюються під час розкривання, можуть осідати на поверхнях або залишатися на інструментах, тому необхідно регулярно очищати робочі місця від відходів упаковки. Всі відокремлені частки слід оперативно зібрати та утилізувати в спеціальні контейнери для відходів, щоб запобігти їх потраплянню до сировини.

Процес відкриття упаковки також вимагає навчання персоналу. Працівники повинні бути ознайомлені з правильними методами розкривання

упаковки та важливістю уникання забруднення. Вони повинні знати, які інструменти використовувати, як перевіряти стан пакувальних матеріалів і які дії вжити, якщо упаковка має дефекти. Це допоможе зменшити ризики, пов'язані з людським фактором, та підвищити загальний рівень безпеки на виробництві.

Додатково можна впровадити автоматизацію процесу розкривання упаковки. Використання автоматизованих систем для відкриття пакувальних матеріалів дозволить зменшити фізичний контакт упаковки з продуктами, що сприятиме зниженню ризику забруднення. Такі системи можуть забезпечити точне та акуратне відкриття без утворення часток, які можуть потрапити в харчову продукцію.

Щоб зменшити ризики фізичного забруднення харчових продуктів на підприємстві можливе застосування *комплексних систем контролю* на кількох рівнях.

Зазвичай це включає візуальний огляд сировини та готових виробів, просіювання та фільтрацію для видалення сторонніх частинок, а також використання магнітів для вилучення феромагнітних домішок.

Сучасні технології дозволяють застосовувати рентгенівські установки, які виявляють матеріали, що не піддаються контролю металодетекторами — скло, каміння, деякі види пластику.

У рамках систем управління безпечністю, контроль фізичних факторів є обов'язковим. Методика НАССР передбачає визначення можливих джерел забруднення, встановлення критичних точок контролю та запровадження превентивних заходів для гарантії безпеки на всіх етапах виробництва [52].

Забезпечення безпечності продуктів базується на комплексному підході та профілактиці на кожному етапі — від первинного виробництва до продажу.

Не менш важливе охолодження та заморожування, що гальмують розмноження бактерій під час зберігання.

Серед реалістичних заходів, яких може вжити оператор ринку виробництва харчової продукції можна віднести:

- провадження систем фільтрації води на вході до потужності підприємства;
- заміна пластикового обладнання на нержавіючу сталь;
- контроль за зносом полімерних конвеєрних стрічок;
- використання матеріалів, стійких до абразії;
- обмеження використання вторинного пластику в зонах безпосереднього контакту з продуктом без належної сертифікації;
- заміна процесу розрізання мішків (як у вашому дослідженні) на автоматизовані системи з термічним запаюванням країв або використанням безпилових методів відкриття;
- встановлення HEPA-фільтрів у зонах, де продукт знаходиться у відкритому вигляді, для уловлювання летючих волокон (Airborne Microplastics) [53].

Однак кожен такий захід пов'язаний із зміною підходів до оцінки ризиків, як використовуваних матеріалів, так інструкцій по виконанню певних операцій. Поруч з цим окремі підходи вимагають часу та додаткових коштів.

4.3. Навчання персоналу до моніторингу

Одним з основних аспектів боротьби з мікропластиковим забрудненням харчових продуктів є ефективне навчання працівників. У багатьох випадках забруднення виникає через людський фактор, особливо на етапах пакування та обробки продуктів [62].

Навчання повинно зосереджуватися на підвищенні обізнаності про ризики, які можуть виникати через неправильне розкривання упаковок і взаємодію з пластмасовими матеріалами. Працівники мають розуміти, як важливо діяти обережно та точно при відкриванні пакувальних матеріалів, оскільки навіть невеликі частинки пластика можуть потрапити в продукт під час цього процесу.

Важливою частиною навчання є правильна організація перевірки стану пакувальних матеріалів. Кожен пакувальний матеріал повинен пройти

візуальний огляд перед використанням, щоб виявити будь-які дефекти чи пошкодження [63].

Працівники повинні бути навчені розпізнавати можливі ознаки ушкодження упаковки, такі як розриви або подряпини, що можуть призвести до попадання частинок пластика в харчові продукти. Цей процес перевірки має бути регулярним і послідовним, оскільки навіть незначні дефекти упаковки можуть стати джерелом забруднення.

Один з важливих аспектів — це навчання працівників правильному використанню інструментів для відкриття упаковки. Багато досліджень наголошують на важливості застосування спеціальних інструментів, таких як ножиці або ножі з обмежувачами, що зменшують ризик пошкодження упаковки. Вибір правильного інструмента та методи розкриття упаковки є критичними для того, щоб уникнути виникнення частинок пластику.

Ефективне навчання повинно не тільки містити інструкції з техніки виконання завдань, але й пояснювати важливість цих дій з точки зору безпеки для споживачів і екологічної відповідальності.

Працівники мають бути обізнані, чому запобігання забрудненню мікропластиком є важливим, а також як різні етапи виробництва та пакування можуть впливати на якість кінцевого продукту [64].

Також слід навчати персонал підтримувати порядок на робочих місцях. Дослідження вказують, що для зниження ймовірності забруднення харчових продуктів мікропластиком необхідно організовувати регулярне очищення робочих зон.

Пластикові частинки можуть залишатися на інструментах і поверхнях, тому регулярне прибирання та дезінфекція робочих місць допомагає уникнути забруднення продуктів на подальших етапах виробництва.

Висновки до розділу 4

Описано комплексний підхід до зниження рівня забруднення харчової продукції мікропластиком. Одним з найважливіших аспектів у боротьбі з

забрудненням є правильне відкриття упаковки, яке часто є джерелом попадання мікропластикових часток в харчові продукти. Ключовими заходами для вирішення цієї проблеми є вдосконалення пакувальних технологій, зміни в дизайні упаковки, посилення нормативних вимог і підвищення обізнаності споживачів.

Особлива увага має бути приділена організації правильного процесу відкриття упаковки. Для цього важливо використовувати спеціалізовані інструменти і дотримуватись чітких інструкцій, щоб уникнути механічного пошкодження упаковки та знизити ймовірність потрапляння часток пластику до продуктів. Працівники повинні отримати належне навчання з правильного використання інструментів для відкриття упаковки та перевірки її на наявність дефектів, що можуть спричинити забруднення.

Ефективне навчання персоналу є основою боротьби з забрудненням мікропластиком. Для досягнення максимального результату необхідно поєднувати теоретичні знання з практичними навичками і регулярно оновлювати інформацію в зв'язку з новими технологічними розробками.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Система охорони праці є складовою частиною загального управління підприємством і охоплює всі аспекти виробничої та господарської діяльності закладу громадського харчування, а також трудові колективи його підрозділів. Її впровадження передбачає активну участь керівників і працівників у досягненні визначених цілей, орієнтуючись на виконання нормативних актів з охорони праці. Основною метою цієї діяльності є запобігання виробничим травмам, професійним захворюванням, а також попередження пожеж та аварій.

На підприємстві потрібно дотримуватися вимог ряду законодавчих актів для встановлення основних принципів державної політики у сфері охорони праці, зокрема Конституції України, Кодексу законів про працю України, ЗУ «Про охорону праці», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», «Про використання ядерної енергії і радіаційного захисту», «Про пожежну безпеку», і «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення», Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, будівельні норми та правила, санітарні норми, Норми радіаційної безпеки тощо [65].

Охорона праці на підприємстві повинна бути організована шляхом впровадження внутрішніх документів, що регулюють цю сферу діяльності. Зокрема, необхідно розробити і затвердити такі документи, як Положення про службу охорони праці, що визначатиме відповідальність та функції працівників, які займаються питаннями безпеки на робочому місці [66].

Має бути створено Положення про систему управління охороною праці, яке забезпечить комплексний підхід до управління ризиками та мінімізації травматизму на підприємстві.

Також важливим документом є Положення про комісію з питань охорони праці, що дозволить залучати всіх учасників трудового процесу до обговорення та вирішення проблем, пов'язаних з охороною праці. Важливим є також Положення про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з питань

охорони праці, яке забезпечить регулярне оновлення знань співробітників щодо безпечних методів роботи. Крім того, Положення про роботу трудового колективу з питань охорони праці має сприяти інтеграції принципів безпеки праці в повсякденну діяльність підприємства.

У системі охорони праці на підприємстві важливим є чітке визначення обов'язків, прав і відповідальності всіх працівників, що повинно відобразитися в посадових інструкціях.

Керівництво підприємства зобов'язане чітко розподіляти обов'язки та права працівників, що працюють у Службі охорони праці. Серед основних завдань є: реалізація заходів для підвищення рівня охорони праці, контроль за впровадженням профілактичних заходів, встановлення режиму праці та відпочинку, а також усунення причин нещасних випадків через проведення профілактичних заходів [67].

Крім того, важливо проводити аудит охорони праці на всіх підрозділах підприємства, оцінювати технічний стан обладнання, проводити атестацію робочих місць, а також надавати допомогу постраждалим у разі аварійних ситуацій. Керівництво також має розробляти нормативно-правові документи щодо охорони праці, включаючи інструкції та положення.

Керівники відділів на підприємстві зобов'язані розробляти інструкції з охорони праці для своїх підрозділів, проводити ідентифікацію та оцінку потенційних виробничих ризиків, запобігати виникненню аварій та нещасних випадків, а також організовувати розслідування аварій та інцидентів. Крім того, керівники повинні забезпечити дисциплінарну та адміністративну відповідальність працівників за порушення правил охорони праці.

Працівники, в свою чергу, зобов'язані дотримуватися вимог з охорони праці, правильно використовувати засоби захисту, дбати про власну безпеку та здоров'я, а також проходити регулярні медичні огляди.

На підприємстві повинна бути організована чітка система охорони праці, яка включає розподіл обов'язків, прав і відповідальностей для всіх працівників. Вищим керівництвом підприємства повинні бути розподілені обов'язки з

охорони праці серед посадових осіб і працівників. Це має бути прописано в посадових інструкціях, які визначають конкретні функції щодо охорони праці на всіх рівнях організації. Зокрема, керівники підрозділів повинні забезпечити:

- Визначення прав та обов'язків співробітників у галузі охорони праці;
- Організацію регулярних навчань і інструктажів із охорони праці;
- Впровадження і контроль за виконанням профілактичних заходів;
- Оцінку та підвищення рівня безпеки праці на робочих місцях [66].

Завданням керівників підрозділів є розробка інструкцій з охорони праці для своїх працівників, а також виявлення, оцінка та усунення виробничих ризиків. Вони повинні здійснювати контроль за виконанням вимог безпеки, а також проводити розслідування нещасних випадків, якщо такі трапилися.

Працівники зобов'язані дотримуватися встановлених норм і правил охорони праці, забезпечувати свою безпеку і здоров'я під час виконання робіт, використовувати засоби захисту, проходити медичні огляди та дотримуватися інших вимог, що регламентують безпеку на виробництві.

Крім того, важливо, щоб навчання персоналу з охорони праці проходило систематично. Всі працівники повинні проходити інструктажі, що передбачають:

1. Вступний інструктаж — для нових працівників при прийомі на роботу.
2. Первинний інструктаж — перед початком виконання нової роботи.
3. Повторний інструктаж — кожні 6 місяців для всіх працівників.
4. Позаплановий інструктаж — при внесенні змін у нормативні документи або при перерві в роботі понад 60 днів.
5. Цільовий інструктаж — у разі аварійних ситуацій або виконання робіт із підвищеними вимогами до безпеки [67].

Важливо, щоб інструктажі проводились професіоналами, які мають відповідні знання та навички в цій галузі.

Для запобігання надзвичайним ситуаціям та ефективної ліквідації їх наслідків, включаючи надання вчасної первинної допомоги постраждалим, на кожному підприємстві має бути належно організований цивільний захист

працівників. Це важлива складова забезпечення безпеки на робочому місці, яка включає не тільки підготовку до можливих надзвичайних ситуацій, а й забезпечення чіткої координації всіх дій у разі їх виникнення [68].

Для забезпечення безпечних умов праці на підприємствах важливо приділяти особливу увагу усуненню шкідливих і небезпечних чинників виробничого процесу. Потенційні ризики, пов'язані з механічними травмами, шумом, електричним струмом, термічними опіками, а також впливом пари та вологи, повинні бути розглянуті та ефективно усунені на кожному етапі роботи.

Одним із основних аспектів є запобігання механічним травмам, таким як пошкодження, що виникають через несправність захисних засобів, падіння з висоти або на слизьких підлогах. Для мінімізації цього ризику необхідно забезпечити належну організацію праці, впроваджуючи безпечні способи роботи і забезпечуючи відповідні тренінги та інструктажі для працівників.

Для зменшення впливу шуму, який є поширеним фактором на виробництві, слід використовувати спеціальні шумозахисні заходи, такі як шумопоглинальні матеріали на обладнанні та в робочих зонах, а також обмеження часу перебування працівників в умовах підвищеного рівня шуму.

Електрична безпека повинна бути гарантована через регулярну перевірку і підтримку електричного обладнання в належному стані. Забезпечення справності ізоляції та своєчасне обслуговування електричних пристроїв є необхідними умовами для уникнення уражень електричним струмом [69].

Що стосується термічних опіків, необхідно забезпечити належну ізоляцію гарячих поверхонь обладнання, таких як грилі, щоб знизити ризики опіків під час роботи. Всі ці аспекти повинні враховуватися при проектуванні робочих місць і виборі відповідного обладнання.

Організація вентиляційних систем також має важливе значення для підтримки чистоти повітря та забезпечення комфортних умов праці. Вентиляція повинна ефективно видаляти надмірне тепло та забруднення, а також забезпечувати подачу свіжого повітря до виробничих приміщень, що сприятиме зниженню ризику захворювань, пов'язаних з поганою вентиляцією.

Всі працівники повинні бути ознайомлені з вимогами безпеки та проходити регулярні інструктажі та тренінги. Перед початком роботи на кожному робочому місці повинні проводитися перевірки обладнання та робочих зон на предмет справності та безпеки, зокрема перевірка стану вентиляційної системи, правильності встановлення та роботи обладнання, а також виявлення потенційно небезпечних факторів [70].

На підприємствах повинні бути розроблені чіткі інструкції та політики щодо безпеки праці, зокрема стосовно використання засобів індивідуального захисту, таких як спецодяг, берети та спецвзуття, а також регулярного обслуговування і ремонту обладнання.

У разі необхідності, всі працівники мають бути проінструктовані щодо заходів першої допомоги, зокрема з приводу надання допомоги при ураженні електричним струмом або отриманні термічних опіків.

Висновки за розділом 5

Проаналізовано вимоги до охорони праці на підприємствах, зокрема до організації та управління системою охорони праці. Основні вимоги включають дотримання законодавчих норм, стандартів та нормативно-правових актів, які визначають безпеку праці на робочих місцях. Це охоплює не лише технічні, але й організаційні аспекти забезпечення охорони праці, такі як розробка та впровадження внутрішніх інструкцій і процедур, проведення регулярних інструктажів та навчань для працівників, а також проведення розслідувань нещасних випадків і професійних захворювань.

Важливим аспектом є забезпечення належних умов для виконання робіт, включаючи використання засобів індивідуального та колективного захисту, ергономічний дизайн робочих місць, а також належна організація праці та відпочинку.

Для підприємств важливою є також наявність чітко організованої служби охорони праці, яка відповідає за виконання вимог щодо безпеки праці, проведення аудитів, моніторинг і контроль за дотриманням стандартів безпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Забруднення харчових продуктів мікропластиком є значною проблемою, яка потребує уваги на всіх етапах виробництва. Мікропластик може потрапляти в харчову продукцію через різні шляхи, зокрема через пакувальні матеріали, воду та обладнання.

Система НАССР є ключовою для забезпечення безпеки харчових продуктів, зокрема для запобігання забрудненню мікропластиком. Однією з важливих складових цього процесу є дотримання відповідних нормативних актів, зокрема законів України, що регулюють безпеку харчових продуктів, а також вимог до матеріалів, що контактують з харчовою продукцією.

Виявлення мікропластику в харчових продуктах є важливим елементом контролю за їх безпекою. Для цього використовуються сучасні методи ідентифікації, такі як спектрометрія, мікроскопія та інші технології, що дозволяють точно виявити навіть найменші частки пластику.

У ході дослідження ми зосередилися на вивченні різних типів упаковки, зокрема поліпропіленових мішків, що застосовуються для пакування харчових продуктів. Для досліджень використовували мішки різних розмірів і щільності матеріалу: великий мішок щільністю 60 г/м², середній мішок щільністю 80 г/м² з поліетиленовим вкладишем та малий мішок щільністю 40 г/м² без вкладиша. Результати показали, що мішки з вищою щільністю, зокрема середній мішок М-С-Щ80, мають менше механічних пошкоджень і виробляють менше часток пластику порівняно з мішками з меншою щільністю, такими як М-М-Щ40.

Також було виявлено, що метод розкриття упаковки має істотний вплив на кількість утворених мікропластикових часток. Найбільше фрагментів утворюється при використанні тупого ножа або ножиць, оскільки ці інструменти часто рвуть матеріал упаковки, що призводить до утворення великої кількості часток. Водночас використання нового гострого ножа значно знижує кількість мікропластикових часток, оскільки він забезпечує більш рівний і чистий розріз, що мінімізує механічне пошкодження упаковки.

Дослідження показало, що наявність поліетиленового вкладиша в упаковці, як у мішках М-С-Щ80, допомагає утримувати пластикові частки, що зменшує їх потрапляння в продукт. Це підкреслює важливість змін у дизайні упаковки, зокрема використання захисних вкладишів, що може суттєво знизити ризик забруднення харчової продукції мікропластиком.

У процесі дослідження також були проведені експерименти з імітацією розрізання упаковки різними інструментами (вживаним ножом, новим ножом, ножицями). Результати показали, що найбільше фрагментів поліпропілену утворюється при використанні ножиць (до 14 фрагментів для М-В-Щ60) та вживаного ножа (до 7 фрагментів для М-В-Щ60), що підтверджує високий ризик забруднення через ці інструменти. У порівнянні з ними, нове гостре лезо утворювало значно менше часток, що вказує на важливість використання гострих інструментів для зменшення забруднення.

Додатково, ми також вивчали можливість потрапляння частинок мікропластику в продукт через дрібні фрагменти, які не завжди видно неозброєним оком. Виявилось, що навіть маленькі частки, які можуть бути непомітними при візуальному огляді, здатні потрапити до харчової продукції. Це підтверджується результатами візуального спостереження, де поліпропіленові волокна змішувалися з продуктами, такими як борошно, і не були помітні без додаткових маркувань.

Інструкція, що була розроблена в рамках дослідження, надає чіткі рекомендації для запобігання забрудненню мікропластиком, зокрема через правильну техніку розкривання упаковки, контроль за інструментами та упаковкою, а також регулярну утилізацію відходів, що містять мікропластик. Важливою є роль навчання персоналу та впровадження автоматизованих систем моніторингу, що дозволяють своєчасно виявляти забруднення та вживати необхідні заходи.

Також важливим аспектом є забезпечення належних умов праці для персоналу, який працює з упаковкою, що може містити мікропластик. Працівники, що безпосередньо контактують з упаковкою (наприклад, при її

розкритті або сортуванні), можуть бути піддані ризику не тільки від забруднення харчових продуктів, але й від шкідливого впливу мікропластичних часток на їхнє здоров'я. Тому забезпечення безпечних умов праці є критично важливим для мінімізації цих ризиків.

Зокрема, необхідно включати в робочі процеси заходи охорони праці, спрямовані на захист працівників від потенційного забруднення. Одним із важливих елементів є застосування засобів індивідуального захисту, які забезпечують фізичний бар'єр між працівником і потенційно небезпечними матеріалами, такими як мікропластикові частки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Впровадження системи НАССР для операторів ринку харчових продуктів: практичний посібник / А. С. Ткаченко, Ю. О. Басова, О. О. Горячова та ін.; за загальною редакцією А. С. Ткаченко. – Полтава : ПУЕТ, 2020. – 137 с.
2. Бужанська М. В. Проблеми сфери продовольчої безпеки України в умовах пандемії коронавірусу. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2021. № 27. С. 40–46. URL:<http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/985/935>
3. Гуменний В. Д., Музика П. М. Стан продовольчої безпеки населення України на початку тисячоліття. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Ґжицького. 2014. Т.16. № 1(1). С.134–150.
4. Кулеба Д. Україна зміцнює роль гаранта світової продовольчої безпеки. МЗС України : офіц. сайт. URL: <https://mfa.gov.ua/news/dmitro-kuleba-ukrayina-zmicnyuye-rol-garanta-svitovoyi-prodovolchoyi-bezpeki> (дата звернення: 05.11.2025).
5. Мостова А. Д. Стратегічне забезпечення продовольчої безпеки України. Харків : Вид-во «Точка». 2019. 311 с.
6. Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : за станом на 1 січ. 2016 р. / Верховна Рада України. Київ : Парламентське вид-во, 2016. С. 13.
7. Ткаченко А. С. Методичні настанови з дотримання вимог законодавства України щодо безпечності харчових продуктів... URL: https://moz.gov.ua/uploads/2/12337-metodicni_nastanovi.pdf (дата звернення: 09.11.2025).
8. Перелік вимог законодавства, який повинен дотримуватись суб'єкт господарювання. Держпродспоживслужба : офіц. сайт. URL: <https://dpss.gov.ua> (дата звернення: 11.11.2025)..

9. ДСТУ ISO 22000:2019 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюгу (ISO 22000:2018, IDT) [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 39 с.
10. Наказ 01.10.2012 № 590 «Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР)»: (офіц. текст: за станом на 25 грудня 2015 р.) / Верховна Рада України. — К. : Парламентське вид-во, 2012. – С.38.
11. Сучасні вимоги до показників харчової безпеки: гармонізація законодавства України та ЄС.. ALT Ukraine. URL: <https://alt.ua/blog/suchasni-vimogi-do-pokaznikiv-harchovoyi-bezpeki-garmonizatsiya-zakonodavstva-ukrayini-ta-yes>.
12. Understanding Hazards to Safe Food. Food Safety Institute. 16.04.2025. URL: <https://foodsafety.institute/fqs-principles-mgt/understanding-hazards-safe-food/#biological-hazards-in-food>.
13. Food Safety Hazards. DNV. URL: <https://www.dnv.com/assurance/food-and-beverage/food-safety-hazards/>.
14. Мельник, Ю.Ф. Основи управління безпечністю харчових продуктів: навч. посіб. / Ю.Ф. Мельник, В.М.Новиков, Л.С. Школьник – К.: Вид-во Союзу споживачів України, 2009. – 220 с.
15. Study of the influence of microbiological, chemical and physical hazardous factors in the technological process of dairy products production / Prylipko T.M. та ін. Modern engineering and innovative technologies. 2023. Т. 26. С. 68–72.
16. Посібник для малих та середніх підприємств молокопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції НАССР/Локальні інвестиції та національна конкурентоспроможність (ЛІНК) Проект Агентства США з міжнародного розвитку (USAID). – 2-е вид., перероб. і доп. — К.: IIFSQ, AMP США, 2010. — 199 с.
17. Jeannine Schwehofer, Michigan State University Extension. Biological, chemical and physical hazards assessed with НАССР. Food Safety Regulations and Courses.

- 01.03.2024. URL:
https://www.canr.msu.edu/news/biological_chemical_and_physical_hazards_assessed_with_haccp.
18. The 4 Types of Food Safety Hazards. Human Focus. 02.09.2025. URL:
<https://humanfocus.co.uk/blog/the-4-types-of-food-safety-hazards/>.
19. Хімичева Г. І. Аналіз сучасних принципів і підходів до оцінки якості та безпечності харчової продукції / Г. І. Хімичева, М. А. Зенкін, Т. М. Скалига // Вісник КНУТД. – №6 (92), 2015. – С. 156-163.
20. Implementation of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System to a Dairy Industry: Evaluation of Benefits and Barriers / M Peristeropoulou, AG Fragkaki, N Printzos, I Laina. // Journal of Food Nutrition and Dietetics. – 2015. – №1. – P. 125-130.
21. Бочарова О. В. Управління безпечністю товарів / О. В. Бочарова. – Одеса: Атлант, 2014. – 376 с.
22. Food safety. World Health Organisation. 04.10.2024. URL:
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
23. Denice Beccard. Food Contamination Explained: Types, Risks & Prevention Tips. Food Ready. 21.05.2025. URL: <https://foodready.ai/blog/food-contamination-explained-types-risks-prevention-tips/>.
24. Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges / Jung-Hwan Kwo та ін. Int J Environ Res Public Health. 2020.
25. Бертош н. Мікропластик у питній воді та їжі - загроза здоров'ю людини. 2025: матеріали xxv міжнародної науково-практичної конференції "екологія. Людина. Суспільство" пам'яті д-ра дмитра стефанишина (12 червня 2025 р., м. Київ, україна). 2025. Т. 8. С. 174–177.
26. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review / ahmed i osman та ін. Environ chem lett. 2023. Т. 41.
27. Microplastics in food: scoping review on health effects, occurrence, and human exposure / Bozidar Udovicki та ін. International Journal of Food Contamination. 2022. Т. 9.

28. Стадник І. Я. Виявлення та контроль мікропластику у харчових продуктах і воді / Ігор Ярославович Стадник, Оксана Михайлівна Пилипець // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості» присвяченої 30-річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя, 25 – 26 вересня 2025 р. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2025. — С. 108–109. — (Безпечність і контроль якості харчових продуктів).
29. Microplastics and Nanoplastics in Foods. FDA. URL: <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/microplastics-and-nanoplastics-foods>.
30. Microplastics shed by food packaging are contaminating our food and drink. CNN Health. 07.10.2025. URL: <https://edition.cnn.com/2025/06/24/health/microplastics-food-packaging-study-wellness> (дата звернення: 22.11.2025).
31. Jianfu Liu, Liang Zheng. Microplastic migration and transformation pathways and exposure health risks. Environmental Pollution. 2025. Т. 368.
32. Josefa Domenech, Ricard Marcos. Pathways of human exposure to microplastics, and estimation of the total burden. Science Direct. 2021. Т. 12. С. 144–152.
33. Microplastics: understanding the interaction with the food web and potential health hazards / Rashika Parmar та ін. Journal of Environmental Engineering and Science. 2025. Т. 20.
34. Bozidar Udovicki, Mirjana Andjelkovic, Tanja Cirkovic-Velickovic. Microplastics in food: scoping review on health effects, occurrence, and human exposure. Springer Nature Link. 2022. Т. 9.
35. Microplastics and Nanoplastics: Environmental Pathways, Ecological Impacts, and Regulatory Perspectives / Veera Shakar Pulusu та ін. Open Access Library Journal. 2025. Т. 1.12 No.7, July 2025.
36. Matjaz Krivic. Cross-cutting story 1: Pathways towards zero pollution from plastics. European Environment Agency. URL:

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/zero-pollution/cross-cutting-stories/cross-cutting-story-1-pathways-towards-zero-pollution-from-plastics>.

37. Regulatory Science Perspective on the Analysis of Microplastics and Nanoplastics in Human Food / Timothy V. Duncan та ін. *Analytical Chemistry*. 2024. Т. 18. С. 158–165.

38. Monika Lewanska, Renata Barczynska. Microplastics from Food Packaging: Polymer Degradation Pathways, Environmental Distribution, and Effects on the Human Gastrointestinal Tract. *MDPI*. 2025. Т. 21. С. 91–96.

39. Microplastics contamination in food products: Occurrence, analytical techniques and potential impacts on human health / Suman Giri та ін. *Current Research in Biotechnology*. 2024. Т. 7.

40. Microplastics. Wasser 3.0 : [web site]. URL: <https://wasserdreinull.de/en/knowledge/microplastics/> (дата звернення: 12.11.2025).

41. Коріненко, Б. В. Мікропластик як глобальне джерело забруднення навколишнього середовища. ВНТУ. 18.08.2022. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/36297>.

42. Бірта Г. О. Методологія і організація наукових досліджень / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 142 с.

43. Важинський С. Е. Методика та організація наукових досліджень / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.

44. Chickensplash! Exploring the health concerns of washing raw chicken / C. D. Carmody, R. C. Mueller, B. M. Grodner et al. *Physics of Fluids*. 2022. Vol. 34, no. 3. P. 031910. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0083979>

45. Jiwon Ha, Min-Kyeong Yeo. The environmental effects of microplastics on aquatic ecosystems. *Springer Nature Link*. 2018. Т. 14. С. 353–359.

46. Директива 2008/56/ЕС Європейського парламенту та Ради від 17 червня 2008 року, яка встановлює рамки для дій спільноти у сфері політики морського навколишнього середовища (Директива про рамкову морську стратегію). *OJ L* 164, 25.6.2008, с. 19–40.

47. Гігієна та санітарія харчових виробництв. Методичні рекомендації для виконання лабораторних занять для здобувачів вищої освіти ступеня «Бакалавр» освітньої спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми навчання/ Укл.: Бондар А.О. – Миколаїв: МНАУ, 2020. - 75 с.
48. Chingakham Chinglenthoba, Mohd Nizam Lani. Microplastics in food packaging: Analytical methods, health risks, and sustainable alternatives. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2025. Т. 18. С. 147–152.
49. Склярєнко Наталія, Собко Богдана. Дизайн екологічно-орієнтованої подарункової упаковки: питання класифікації}. VII міжнародна науково-практична конференція «актуальні проблеми сучасного дизайну». 2025. С. 334–338.
50. Колосов О. Є. Технологія пакування продукції: навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 209 с.
51. Близнюк М. Екологічний дизайн: теоретичні основи, принципи, освітня складова. Вісник Львівської національної академії мистецтв. Вип. 33. URL: https://lnam.edu.ua/files/Academy/nauka/visnyk/pdf_visnyk/33/141-153_Blyzniuk.pdf.
52. Система НАССР. Управління безпечністю харчових продуктів, кормів та вимоги до організації технологічного процесу на елеваторах, переробних підприємствах : навч. посібник / В. В. Турянчик, П. П. Гавлінський, В. В. Куянов, А. С. Соколов. - Київ : ІПДО НУХТ, 2019. - 40 с.
53. HEPA фільтри: види, відмінності, де можна застосувати і навіщо. Репортер. 15.10.2025. URL: <https://nashreporter.com/dovidnyk/hepa-filtry-vydy-vidminnosti-de-mozhna-zastosuvaty-i-navishho-265434>.
54. ШЕНАУР О.В.: Основи безпеки харчових продуктів та система НАССР в закладах ресторанного господарства: навчальний посібник. – ДНЗ «Рівненське вище професійне училище ресторанного сервісу і торгівлі». – Рівне, 2023. – 94 с
55. Система НАССР. Управління безпечністю харчових продуктів, кормів та вимоги до організації технологічного процесу на елеваторах, переробних підприємствах: Навчальний посібник. – К.: ІПДО НУХТ, 2019. – 40 с.

56. Капітула П.А. Оцінювання якості та безпечності продукції за вимогами принципів НАССР та стандартів ДСТУ ISO 22000 / П. А. Капітула, Г. І. Хімічева. // ЛОГОС. ONLINE. – 2020. – №15.
57. СОУ 01.1-37-00334793-2013 Система управління безпечністю харчових продуктів настанови щодо розроблення, впровадження та застосування. – Київ : Держспоживстандарт України, 2013. – 34 с.
58. Бочарова О.В. НАССР і системи управління безпечністю харчової продукції: підручник / О.В. Бочарова – О.: Атлант. – 2019. – 375 с.
59. Забезпечення безпечності молока та молочних продуктів на переробних підприємствах України : навч. вісник / Н.М. Богатко, Л.М. Богатко, В.З.Салата та ін. – Київ: ЦУЛ, 2018.
60. Зозуляк, О., & Зозуляк, І. (2019). Впровадження системи НАССР на підприємствах молочної галузі. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, 19(1) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/98>.
61. Сучасні вимоги до показників харчової безпеки: гармонізація законодавства України та ЄС.. ALT Ukraine. URL: <https://alt.ua/blog/suchasni-vimogi-do-pokaznikiv-harchovoyi-bezpeki-garmonizatsiya-zakonodavstva-ukrayini-ta-yes>.
62. I. N. P. Ivleva, “Chemical Analysis of Microplastics and Nanoplastics: Challenges, Advanced Methods, and Perspectives,” Chemical Reviews, vol. 121, no. 19, 11886-11936, 2021.
63. P. A. Da Costa Filho, D. Andrey, B. Eriksen, R. Peixoto, B. Carreres, M. E. Ambühl, J. B. Descarrega, Dubascoux, P. Zbinden, A. Panchaud and E. Poitevin, “Detection and characterization of small- sized microplastics ($\geq 5 \mu\text{m}$) in milk products,” Sci Rep., vol. 11, no. 1, p. 24046, 2021.
64. World Health Organization, “Dietary and inhalation exposure to nano- and microplastic particles and potential implications for human health,” Geneva, 2022.
65. Закон України «Про охорону праці»: (офіц. текст: за станом на 27 грудня 2019 р.) / Верховна Рада України. — К. : Парламентське вид-во, 1992. – С.668.

66. Володченкова Н. В. Охорона праці в галузі безпеки та цивільний захист / Н. В. Володченкова. – Київ: НУХТ, 2018. – 153 с.
67. Гандзюк, М.П. Основи охорони праці: підруч. для студ. ВНЗ / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський – К.: Каравела. – 2003. – 408 с.
68. Купчик, М.П. Основи охорони праці /М.П. Купчик, М.П. Гандзюк. – К.: НУХТ, 2007. – 297 с.
69. Створення безпечних і нешкідливих умов праці. Державний нагляд... : WikiLegalAid. 08.10.2025. URL: https://legalaid.wiki/index.php/Створення_безпечних_і_нешкідливих_умов_праці (дата звернення: 02.12.2025).
70. Г.О. Войналович. Охорона праці в галузі. Харчові технології / О. Войналович, Є. Марчиниша. – Київ: Центр навчальної літератури, 2018. – 582 с.
71. Convert to JPG — Online and Free : [онлайн-конвертер зображень]. URL: <https://image.online-convert.com/convert-to-jpg> (дата звернення: 19.12.2025).
72. Hubbard, M. R. Statistical quality control for the food industry. Springer Science & Business Media. 2012. 339 pp. DOI: 0.1007/978-1-4899-2677-7
73. Halter C. P. The PSPP Guide: An introduction to statistical analysis. CreativeMinds Press Group, 2014. 132 p.
74. Microplastics in food: scoping review on health effects, occurrence, and human exposure / B. Udovicki et al. International Journal of Food Contamination. 2022. Vol. 9. Art. 4. URL : <https://biblio.ugent.be/publication/8767511> (дата звернення 10.12.2025).
75. A review of microplastic pollution and human health risk assessment: current knowledge and future outlook / H. G. Front et al. *Environmental Science*. 2025. Vol. 18. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2025.1606332/full> (дата звернення 10.12.2025).
76. Yuan M. et al. Polystyrene microplastics cause testicular toxicity, and disrupt the reproductive hormones in male mice. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 263. P. 114648. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114648.

ДОДАТКИ

ІНСТРУКЦІЯ
ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЮ МІКРОПЛАСТИКОМ
ПРИ РОЗКРИВАННІ УПАКОВКИ

ПАСПОРТ ДОКУМЕНТА

КОД ДОКУМЕНТА ІН.09.01-01

СТАТУС КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ «-»

ВЕРСІЯ 1.0

ВВЕДЕНО первинний

ДАТА ЗАТВЕРДЖЕННЯ «__» _____ 2025 р.

ТЕРМІН ДІЇ До затвердження нової версії

НАЗВА ДОКУМЕНТА Інструкція щодо запобігання забрудненню мікропластику при розкриванні упаковки

ВИД ДОКУМЕНТА Інструкція

КОРОТКЕ ОПИС ВНЕСЕНИХ ЗМІН Додавання ОРЛ

ЗВ'ЯЗОК З ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМОЮ

КОД ПРОЦЕСУ _____

ВЛАСНИК ПРОЦЕСУ Директор ДП _____

АВТОР _____

ЕКСПЕРТИ _____

ПІДРОЗДІЛИ КОРИСТУВАЧІ ДП, ДК _____

УМОВИ ПОЧАТКУ ВИКОНАННЯ

Необхідність проведення контролю за забрудненням мікропластику при розкриванні упаковок виникає на кожному етапі, коли виявляється ризик потрапляння часток мікропластику в харчовий продукт. Це може бути зумовлено:

- Пошкодженням упаковки.
- Використанням непідготовлених інструментів (тупі ножі або ножиці).
- Недотриманням правильних методів розкривання упаковки

УМОВИ ЗАКІНЧЕННЯ ВИКОНАННЯ

Контроль забруднення мікропластиком вважається завершеним після:

- Проведення перевірки відсутності часток мікропластику у продукті та на робочих поверхнях.
- Очищення робочих поверхонь та інструментів від залишків упаковки.
- Підтвердження, що всі відходи упаковки правильно утилізовані.

УМОВИ, ПРИ ЯКИХ ДІЇ ДОКУМЕНТА СКАСОВУЄТЬСЯ АБО ДОКУМЕНТ КОРЕКТУЄТЬСЯ

Інструкція може бути скасована або скоригована в таких випадках:

- Якщо підприємство впроваджує нові технології упаковки або нові методи контролю забруднення.
- Зміни в нормативно-правових вимогах щодо контролю мікропластикового забруднення.
- Оновлення стандартів безпеки чи гігієни на основі нових досліджень або змін в національному законодавстві.

ЗМІСТ

1.Сфера застосування.....	5
2.Нормативні посилання.....	5
3. Позначення та скорочення.....	6
4.Процес розкривання упаковки.....	6
4.1. Підготовка до роботи.....	6
4.2. Техніка розкриття упаковки.....	8
4.3. Очищення робочих поверхонь та інструментів.....	10
5.Техніка безпеки.....	11
6. Моніторинг і контроль забруднення мікропластиком.....	13
7.Утилізація відходів.....	15
8.Забезпечення якості процесу.....	16
9.Затвердження інструкції.....	18

1.СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ця інструкція визначає правила та методи, що повинні застосовуватись для запобігання забрудненню харчових продуктів мікропластиком під час процесу розкривання упаковки на підприємствах харчової промисловості. Мета інструкції — мінімізувати ризики потрапляння фрагментів упаковки та мікропластику в харчові продукти в результаті механічних маніпуляцій з упаковкою (наприклад, розрізання мішків або пакетів).

Інструкція застосовується до всіх працівників, які безпосередньо виконують операції з розкривання упаковок на підприємствах харчової промисловості. Вона охоплює етапи підготовки, розкриття упаковки, транспортування інгредієнтів, а також контроль і утилізацію відходів упаковки, щоб мінімізувати ризики забруднення харчових продуктів мікропластиком.

Об'єкти застосування

- Мішки, пакети, коробки, контейнери та інша упаковка, що використовується для транспортування сировини і готової продукції.
- Робочі поверхні, інструменти (ножі, ножиці) і механізми, які використовуються для розкривання упаковки.

2.НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

1. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»: Закон України в ред. 20.09.2015 // Офіційний вісник України. – 1998. – № 3.

2. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга.: ДСТУ ISO 22000:2019 — [Введ. в дію 02.04.2019]. — К. : Держстандарт України, 2019. — 39 с. — (Національний стандарт України).

3. СОУ 01.1-37-00334793-2013 Система управління безпечністю харчових продуктів настанови щодо розроблення, впровадження та застосування. – Київ : Держспоживстандарт України, 2013. – С. 34.

3. ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

У даній документованій процедурі використовуються наступні терміни і скорочення:

Контроль – процедура оцінювання відповідності шляхом спостереження і суджень, супроводжуваних відповідними вимірами, випробуваннями або оцінкою.

СУБХП – система управління безпечністю харчової продукції.

НД – нормативна документація.

ДП – документована процедура.

4.ПРОЦЕС РОЗКРИВАННЯ УПАКОВКИ

4.1. Підготовка до роботи

1. Огляд робочого місця

Перед початком роботи необхідно переконатися, що робоча поверхня, на якій буде відбуватися розкривання упаковки, є чистою та сухою. Поверхня повинна бути виготовлена з матеріалу, що легко піддається очищенню (наприклад, з нержавіючої сталі), щоб запобігти накопиченню забруднень, включаючи мікропластик, та забезпечити належний рівень гігієни.

2. Підготовка інструментів

- Використовувати лише гострі інструменти: ножі з фіксованим лезом або спеціальні промислові ножиці з нержавіючої сталі. Це знижує ймовірність утворення дрібних часток пластика, оскільки тупі інструменти можуть розривати упаковку, створюючи більшу кількість мікрочасток.
- Перевірте стан інструментів перед роботою: вони мають бути чистими, без залишків пластика або інших забруднень, що можуть потрапити у продукт.

3. Огляд упаковки

- Переконайтеся, що упаковка, яку ви збираєтесь розкривати, не має тріщин, порізів чи інших механічних пошкоджень, які можуть призвести до виникнення часток мікропластику.
- Перш ніж покласти мішок на стіл, очистьте його зовнішню поверхню від пилу або бруду. Для цього можна використовувати вакуумний очищувач або серветки, щоб уникнути перенесення бруду на робочу поверхню.

4. Підготовка захисних засобів

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту:

- Гумові рукавички для захисту рук від контакту з упаковкою та потенційними забрудненнями.
- Захисні окуляри для захисту очей від можливих летючих часток упаковки під час її розрізання.
- Спецодяг, що відповідає вимогам підприємства, для забезпечення гігієни та запобігання контакту з забрудненими поверхнями.

5. Навчання працівників

Перед початком роботи необхідно провести інструктаж для всіх працівників, які займаються розкриванням упаковок. Тренінги повинні включати:

- Правила безпечного поводження з упаковкою.
- Методи розкривання упаковки, що мінімізують утворення часток мікропластику.
- Важливість дотримання техніки безпеки та контролю за чистотою робочого місця.

6. Перевірка стану упаковки і інструментів

Переконайтеся, що упаковка не має дефектів, а інструменти для її розкриття в хорошому стані:

- Упаковка повинна бути неушкодженою, без видимих дефектів, що можуть спричинити забруднення продукту.

- Інструменти повинні бути в хорошому стані, гострими і чистими.

4.2. Техніка розкриття упаковки

1. Позичювання упаковки на робочій поверхні

- Покладіть упаковку на стіл так, щоб вона лежала плазом (плоскою стороною вниз). Це дозволяє зберегти контроль за процесом розкривання та зменшити ризик попадання часток мікропластику в продукт.
- **Не розрізати упаковку безпосередньо над ємністю з продуктом.** Розрізання упаковки над ємністю може спричинити потрапляння часток мікропластику безпосередньо в продукт. Рекомендується розрізати упаковку на відстані від ємності з харчовим продуктом.

2. Виконання розрізу

- Виконуйте **один рівний, безперервний розріз** уздовж верхньої частини упаковки, щоб уникнути розривів та утворення зайвих часток. Рекомендується зробити один рух ножем без зайвого натискання, щоб зменшити ймовірність пошкодження упаковки і утворення пилу.
- **Уникайте пилоподібних рухів ножем («туди-сюди»).** Ці рухи можуть призвести до того, що частинки пластика відділяються від упаковки у вигляді дрібних мікрочасток.
- Якщо упаковка багат шарова, будьте уважні, щоб **внутрішній поліетиленовий шар не затягувався під лезо разом із зовнішнім.** У разі багат шарової упаковки кожен шар повинен бути розрізаний окремо, щоб уникнути застрягання або розриву матеріалу.

3. Визначення напрямку розрізу

- Розріз робіть в напрямку, де ймовірність контакту з харчовим продуктом зменшена, щоб знизити ризик забруднення продукту мікропластиком.
- Для цього, розташовуйте упаковку так, щоб розріз був зроблений в зоні, де можливий контакт з продуктом є мінімальним.

4. Візуальний контроль після розрізу

- Після того як упаковка розрізана, потрібно перевірити краї розрізу на наявність дрібних пластикових часток, ниток або залишків упаковки.
- Якщо на місці розрізу є звисаючі нитки або частинки плівки, необхідно їх акуратно видалити, щоб уникнути потрапляння цих часток у продукт.

5. Важливість акуратності розкривання упаковки

- Акуратне розкриття упаковки допомагає не тільки уникнути механічного пошкодження матеріалу, але й знижує ймовірність утворення часток мікропластику, що можуть забруднити харчовий продукт.
- Пам'ятайте, що навіть маленькі частинки пластику можуть бути шкідливими для здоров'я споживачів, тому кожен етап повинен бути максимально обережним.

4.3. Очищення робочих поверхонь та інструментів

1. Очищення робочої поверхні

Після розкриття упаковки важливо провести очищення робочої поверхні від можливих залишків упаковки, пластика та інших забруднень.

Для цього:

- Використовуйте спеціальні дезінфікуючі засоби або одноразові серветки для протирання робочих поверхонь. Вони повинні бути ефективними проти пластикових часток та інших забруднень.
- Переконайтесь, що поверхня чиста і суха перед тим, як використовувати її для подальших етапів роботи з продуктами.

2. Очищення інструментів

Після використання інструментів (ножів, ножиць тощо) для розкривання упаковки:

- Протріть або помийте інструменти від залишків упаковки та пластика. Використовуйте миючі засоби, що підходять для харчових виробництв і не спричиняють забруднення.
- У разі використання ножів з фіксованим лезом або ножиць, переконайтеся, що вони не містять залишків пластикових часток та є повністю чистими перед наступним використанням.

3. Обробка після кожного етапу розкриття упаковки

- Кожен інструмент, що контактував з упаковкою або харчовим продуктом, необхідно промити і очистити після кожного використання, щоб уникнути накопичення часток мікропластику.
- Використовуйте теплу воду та спеціалізовані мийні засоби, які дозволяють видалити навіть найдрібніші частки пластику. Після миття обов'язково просушуйте інструменти, щоб уникнути забруднень через вологу.

4. Чистота робочих зон

- Після розкриття упаковки і обробки інгредієнтів необхідно ретельно очищати і дефектувати робочі зони, де відбувався процес. Це включає не лише робочі столи, а й стіни, підлоги та інші поверхні, які можуть бути піддані забрудненню пластиковими частками.

5. Контроль якості очищення

- Після очищення всіх робочих поверхонь та інструментів необхідно перевірити наявність залишків пластикових часток за допомогою візуального огляду та спеціальних контрольних тестів (якщо застосовуються).
- У разі виявлення залишків пластика потрібно повторно провести очищення.

6. Система управління відходами

- Усі пластикові відходи, включаючи дрібні частки, що утворюються під час розкривання упаковки, повинні бути зібрані та вивезені в

спеціалізовані контейнери для утилізації. Це допоможе уникнути можливого забруднення інших робочих зон чи харчових продуктів.

5.ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

5.1. Загальні вимоги безпеки

- Всі працівники, які беруть участь у процесі розкривання упаковки, повинні пройти обов'язковий інструктаж з техніки безпеки перед початком робіт. Це забезпечить безпечне виконання завдань і мінімізує ризики травм чи забруднення продукту.
- Працівники повинні дотримуватись внутрішніх правил гігієни та санітарії, що включають вимоги до чистоти робочих поверхонь, інструментів та особистої гігієни.
- Під час роботи слід уникати швидких і різких рухів, щоб не пошкодити упаковку і не утворити зайвих мікрочасток пластика.

5.2. Засоби індивідуального захисту

Для безпеки працівників під час розкривання упаковок обов'язково використовуються такі засоби індивідуального захисту:

- Гумові рукавички: для запобігання контакту рук з упаковкою та пластиком, а також для захисту від можливих пошкоджень або забруднень.
- Захисні окуляри: для захисту очей від летючих пластикових часток, які можуть утворюватися під час розрізання упаковки.
- Спецодяг: одяг, що відповідає вимогам підприємства та забезпечує захист від забруднень. Спецодяг також допомагає підтримувати необхідний рівень гігієни на робочому місці.
- Захисні маски (за необхідності): у разі утворення дрібного пилу або часток, які можуть бути інгаляційно небезпечними, використання захисних масок може бути додатковою мірою безпеки.

5.3. Дії у разі надзвичайних ситуацій

У разі виникнення нещасних випадків або надзвичайних ситуацій на робочому місці, працівники повинні діяти відповідно до наступних процедур:

- Якщо стався інцидент із забрудненням продукту (попадання мікропластики або сторонніх часток в сировину чи готову продукцію), негайно повідомте керівництву для вжиття термінових заходів.
- При травмах або порізах (наприклад, від ножів або ножиць), працівник повинен негайно звернутися до медичного персоналу для надання першої допомоги.
- У разі контакту з хімічними засобами (дезінфікуючі засоби, мийні речовини), що можуть викликати подразнення шкіри або очей, слід негайно вмивати уражену ділянку водою та звертатися за медичною допомогою, якщо це необхідно.

5.4. Евакуація та протипожежні заходи

У разі виникнення пожежі або надзвичайної ситуації (наприклад, витік хімічних речовин):

- Працівники повинні знати маршрути евакуації та способи безпечного виходу з приміщення.
- Потрібно мати доступ до вогнегасників і знати, як їх використовувати для гасіння початкових осередків вогню.
- Персонал повинен бути проінструктований, як діяти у випадку аварійних ситуацій, що включають спалах хімікатів або інші загрози для здоров'я.

5.5. Персональні медичні огляди

Всі працівники, які займаються розкриванням упаковок і маніпулюванням інгредієнтами, повинні регулярно проходити медичні огляди, щоб упевнитися в тому, що вони не мають захворювань або станів, що можуть впливати на їхню здатність працювати з харчовими продуктами.

6. МОНІТОРИНГ І КОНТРОЛЬ ЗАБРУДНЕННЯ МІКРОПЛАСТИКОМ

6.1. Проводити регулярні візуальні перевірки робочих поверхонь та інструментів на наявність часток мікропластику після кожного етапу роботи. Для цього використовуються лупи або спеціальні освітлювальні системи, що дозволяють виявити навіть дрібні частинки.

6.2. Відбирати зразки продуктів на кожному етапі виробничого процесу для перевірки на наявність часток мікропластику. Це дозволяє виявити забруднення на ранніх стадіях і зменшити ризик потрапляння мікропластику в кінцевий продукт.

6.3. Використовувати спеціалізовані засоби, такі як фільтри для відділення часток, спектрометри або мікроскопи, для детального вивчення продуктів і матеріалів на наявність часток мікропластику.

6.4. Регулярний контроль на всіх етапах

- Перед початком роботи: Проводити перевірку робочих місць і інструментів на наявність пластикових часток або бруду.
- Під час роботи: Встановити постійний контроль на кожному етапі процесу (розкривання упаковки, перенесення сировини, обробка інгредієнтів). Працівники повинні бути навчені звертати увагу на можливі джерела забруднення і регулярно перевіряти своє робоче місце.
- Після завершення роботи: Після кожного процесу розкривання упаковки і внесення інгредієнтів необхідно проводити фінальну перевірку на залишки мікропластикових часток на робочих поверхнях та інструментах.

6.5. Документування результатів моніторингу

- Всі результати перевірок на забруднення мікропластиком повинні бути документовані в журналах моніторингу. Включаючи дату перевірки, методи контролю, результати аналізів та заходи, що були вжиті.

- Важливо також фіксувати випадки виявлення мікропластичного забруднення, а також причини його виникнення та коригувальні заходи, що були здійснені.

6.6. Визначення критичних точок контролю

- У рамках системи НАССР необхідно визначити критичні точки, де найбільша ймовірність забруднення мікропластиком, і організувати посилений контроль в цих зонах. Це можуть бути точки розкривання упаковок, місця контакту сировини з робочими поверхнями або інструментами.

6.7. Зворотний зв'язок та удосконалення процесу

- Регулярний моніторинг та аналіз результатів контролю забруднення мікропластиком дозволяють визначити слабкі місця в процесі та удосконалити його.
- Рекомендується проводити регулярні огляди інструкцій та процедур для вдосконалення системи контролю забруднення та забезпечення високого рівня якості продукції.

7. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ

7.1. Всі пластикові відходи, що утворюються під час розкривання упаковки та інших виробничих процесів, повинні бути негайно зібрані в окремі контейнери, призначені для пластикових матеріалів, щоб уникнути їх потрапляння в харчову продукцію або на інші робочі поверхні.

7.2. Залишки упаковки, що містять частки мікропластику, повинні бути ізольовані та передані для спеціальної утилізації. Відходи мікропластика не повинні змішуватися з іншими відходами або залишками, що не містять пластика, щоб забезпечити ефективне їх видалення.

7.3. Всі пластикові відходи, що містять мікропластик, повинні бути передані для переробки у спеціалізовані установки. Це дозволяє мінімізувати

негативний вплив пластика на навколишнє середовище та зменшити кількість пластикових відходів, що потрапляють на звалища.

7.4. Якщо упаковка є біорозкладною та не містить токсичних матеріалів, її можна компостувати. Це має бути чітко визначено у внутрішніх регламентах підприємства.

7.5. Відходи, що містять мікропластик і не підлягають переробці, мають бути утилізовані в спеціалізованих полігонах або за допомогою технологій, що забезпечують мінімальний вплив на навколишнє середовище.

7.6. Усі пластикові відходи, що містять мікропластик, повинні бути зібрані в спеціально позначені контейнери для пластикових відходів, щоб уникнути їх змішування з іншими матеріалами.

7.7. Після збору відходи повинні бути передані для періодичної перевірки та контролю на відповідність вимогам екологічної безпеки та нормативним вимогам щодо переробки пластика.

7.8. Спеціалізовані контейнери для збору пластикових часток повинні бути ізольовані та герметично закриті, щоб уникнути випадкового потрапляння мікропластика в інші частини підприємства або на робочі поверхні.

8.ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ

8.1. Для забезпечення високої якості роботи важливо регулярно оцінювати ефективність процесу розкривання упаковок і запобігання забрудненню мікропластиком. Оцінка проводиться шляхом:

- Вивчення результатів моніторингу на наявність часток мікропластику у харчовому продукті та на робочих поверхнях.
- Перевірки правильності виконання всіх етапів інструкції (від огляду упаковки до утилізації відходів).
- Збір та аналіз зворотного зв'язку від працівників про можливі проблеми, які можуть виникнути під час виконання завдань.

8.2. У разі виявлення порушень стандартів або несправностей на будь-якому етапі процесу, повинні бути вжиті відповідні коригувальні заходи. Це включає:

- Покращення техніки розкривання упаковки для зменшення ризику утворення мікрочасток.
- Виявлення причин забруднення мікропластиком та внесення змін у робочі процедури.
- Вдосконалення навчальних програм для працівників з метою підвищення рівня обізнаності про безпеку та гігієну.

8.3. Всі результати перевірок, моніторингу і оцінки ефективності процесу повинні документуватися. Це включає:

- Оформлення журналів перевірок, де фіксуються дані про моніторинг рівня забруднення мікропластиком на кожному етапі.
- Збереження звітів про виконання коригувальних заходів, якщо такі були вжиті, та результати змін після їх впровадження.
- Розробка звітів для керівництва з підсумками перевірок та пропозиціями щодо вдосконалення процесу.

8.4. Регулярні внутрішні аудити на підприємстві повинні бути організовані для перевірки дотримання інструкцій щодо запобігання забрудненню мікропластиком. Аудити включають:

- Оцінку правильності виконання етапів розкривання упаковки.
- Перевірку засобів індивідуального захисту та інструментів.
- Оцінку якості очищення робочих поверхонь та інструментів.

Перевірки мають бути виконані як в плановому, так і в позаплановому порядку, залежно від результатів попередніх оцінок та зовнішніх факторів.

8.5. Для постійного покращення процесу необхідно:

- Використовувати інноваційні методи та нові технології для зменшення мікропластикового забруднення.
- Залучати персонал до обміну досвідом та пропозицій щодо вдосконалення процесів.

- Переглядати та оновлювати інструкції, техніки і методи контролю на основі нових наукових досліджень та змін у законодавстві.

8.6. Всі працівники повинні регулярно проходити тренінги та інструктажі, що стосуються техніки безпеки, контролю якості та запобігання забрудненню мікропластиком. Навчання повинно включати:

- Оновлення знань щодо нових методів контролю якості.
- Освіту з управління відходами та безпечної утилізації часток мікропластику.
- Ознайомлення з останніми нормативними вимогами та рекомендаціями щодо гігієни і безпеки харчових продуктів.

9. ЗАТВЕРДЖЕННЯ ІНСТРУКЦІЇ

9.1. Інструкція щодо запобігання забрудненню мікропластику при розкриванні упаковки затверджується керівництвом підприємства та стає обов'язковою до виконання для всіх працівників, які займаються процесом розкриття упаковок та обробки сировини. Інструкція повинна бути переглянута та затверджена після кожного значного оновлення процедур або змін у законодавчих вимогах, що стосуються безпеки харчових продуктів і гігієни.

9.2. За виконання інструкції відповідають:

- Керівник підприємства — забезпечує затвердження та загальний контроль за виконанням інструкції.
- Керівники цехів/ділянок — відповідають за дотримання інструкції у своїх підрозділах, організовують навчання та інструктажі для працівників.
- Майстри зміни/оператори — забезпечують безпосереднє виконання процедур згідно з інструкцією, здійснюють контроль за дотриманням вимог щодо запобігання забрудненню мікропластиком.

9.3. В разі внесення змін у законодавство чи нормативно-правові акти, що стосуються гігієни, безпеки харчових продуктів або контролю забруднення мікропластиком.

- У разі впровадження нових технологічних процесів чи інструментів, що можуть вплинути на процес розкривання упаковок та запобігання забрудненню.
- У разі виявлення недоліків або неефективності існуючих процедур, що були виявлені під час моніторингу або внутрішніх аудитів.

9.4. Документування змін. Усі зміни та оновлення до інструкції повинні бути документовані:

- Оновлену версію інструкції повинна бути затверджено та підписано відповідною особою.
- Всі працівники повинні бути ознайомлені з новою редакцією інструкції шляхом інструктажів, підписанням документа про ознайомлення.

9.5. Інструкція набирає чинності з дати її затвердження та підписання керівництвом підприємства. Дата затвердження має бути зазначена на документі.