

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН З УПАКОВКИ

У роботі представлені дослідження зі встановлення рівнів міграції шкідливих речовин з паперової та металічної упаковок, які використовують для пакування харчових продуктів. Для оцінки рівнів міграції використано широкий спектр методик (фізико-хімічні методи та біотестування на *Chlorella vulgaris* Beijer, *Triticum L.*, *Avena sativa L.*, *Hordeum vulgare*), що дозволяє в комплексі проаналізувати властивості обраних матеріалів. Оцінка та аналіз екологічної безпеки проводили за такими критеріями: токсична кратність розведення, порогове (*Lim R*) та ефективне розведення (*ER50*) і допустима кількість міграції.

Ключові слова: паперова, комбінована металічна упаковка, біотестування, токсична кратність розведення, порогове та ефективне розведення, допустима кількість міграції.

T.V. IVANISHENA, O.O. IVANISHENA

Khmelnitsky National University

RESEARCH OF THE SAFETY OF POLYMERIC PACKAGING MATERIALS

The purpose of research is to study the levels of migration of harmful substances from paper and metal packaging used for food packaging. A wide range of techniques (physicochemical methods and biotesting on *Chlorella vulgaris* Beijer, *Triticum L.*, *Avena sativa L.*, *Hordeum vulgare*) was used to evaluate the migration levels, which allows the complex to analyze the properties of the selected materials. The assessment and analysis of environmental safety was carried out according to the following criteria: toxic reproduction multiplicity, threshold (*Lim R*) and effective dilution (*ER50*) and permissible amount of migration. By biotesting method it was established that the relative difference of optical density for selected paper based packaging materials is 3.70%, and for metal packaging materials it is more in the package of white tin (4.17%), which does not exceed the criteria of toxicity. With the help of the phytotesting method, it was found that for packing with Tetra Pak there is a greater phytoeffect, it is 58.23%. Among the metal packaging, the largest phytoeffect in aluminum packaging is 26.50%. According to the toxicity criterion, packing materials are classified in class 4. Physico-chemical methods have shown that the sum of the ratios of the concentration of the found substance in aqueous extracts to the values of DCM is higher in the cured foil, equal to 2.73, and with the metal packaging more in the aluminum packaging - 3.437. In addition, in metal packaging materials, the concentration of lead in an aqueous extractor from aluminum packaging and white gum exceeds the DCM.

Keywords: packaging materials, biotesting, toxic multiplicity of breeding, threshold and effective dilution, allowable amount of migration

Постановка проблеми

Виробництво упаковок для харчової і промислової продукції в Україні останнім часом розвивається швидкими темпами. Традиційні пакувальні матеріали вдосконалюються, створюються більш сучасні та високоякісні, застосовуються наукові та технологічні досягнення з покращення їхніх властивостей, що дає можливість зменшити вагу упаковки, створити тару багаторазового використання [1]. У той самий час кожний розуміє вагомість екологічної проблеми, яка так чи інакше пов'язана з упаковкою. Безпека упаковки означає, що в ній містяться шкідливі для організму речовини, які можуть перейти в товар, безпосередньо дотичний з упаковкою. Найбільш безпечна скляна і тканинна тара, найменш – металева і полімерна. Абсолютно безпечних для навколишнього середовища видів упаковки немає, так як при утилізації різних видів упаковки в навколишнє середовище виділяються різноманітні речовини, що відрізняються різним ступенем впливу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

При виробництві продуктів харчування не можливо виключати перехід в харчовий продукт небезпечних речовин з пакувальних матеріалів. Існують норми допустимих кількостей переходу речовин в продукти.

Залежно від способу міграції, пакувальні матеріали поділяють на три класи:

1. Клас 1. Упаковка, яка не проявляє міграції. Ця ідеальна ситуація можлива для різних типів упаковки за умови, що температура і природа упакованого продукту належним чином узгоджені. Ідеальні умови нульової міграції можуть реалізуватися для твердих (сухих) продуктів (борошно, цукор, кава, сіль, сушені фрукти і овочі і т.д.), що знаходяться в контакт з інертними матеріалами (скло, жерсть, папір) в безводному середовищі. Деякі пластики, такі як нейлон і, до певної міри, поліетилен і поліефіри, епоксиди (для покриття банок) і плівки целюлози, можна включити в цей клас при їх використанні для упаковки твердих сухих продуктів, що не містять масел.

2. Клас 2. Упаковка, що створює “незалежну” міграцію, тобто ту міграцію, яка не викликається упакованим продуктом. Більшість термопластичних полімерів, що використовуються для упаковки, відносяться до цього класу. Мігрантами є легкі компоненти, найчастіше це мономери.

Міграція цих компонентів здійснюється шляхом дифузії. Молекули мігрантів дифундують до пластика і випаровуються у повітря. В силу їх можливої токсичності (наприклад, вінілхлорид, стирол) або можливих змін органолептичних властивостей упакованих продуктів ці міграції повинні бути обмежені.

3. Клас 3. Упаковка, в якій відбувається “залежна” міграція, яка викликана вмістом упаковки. Такі явища обміну мають місце у випадках більшості упакованих товарів: “залежна” міграція визначається

контактом з рідким середовищем і, меншою мірою, температурою. Міграція залежить від фізико-хімічних властивостей обох контактуючих елементів – від типу упаковки і природи упакованого продукту.

Жерсть і алюміній при контакті з кислотними або лужними водними середовищами піддаються корозії, в результаті якої іони металу переходять в розчин. Присутність іонів металу викликає зміну смаку і може привести до отруєння [2].

Міграція шкідливих речовин з упаковки обумовлюється складом матеріалів для її виготовлення та процесами обробки.

Для оцінки міграції речовин використовують показники інтегральної токсичності для визначення яких поряд з методами хімічного аналізу застосовуються методи біотестування.

Біотестування дає змогу за відповідною реакцією тест-організму отримати інтегральну інформацію за всією сукупністю впливових (токсичних) агентів, які чинять вплив на тест-об'єкт. Завдяки простоті, оперативності та доступності, біотестування отримало широке визнання у всьому світі [3].

Застосування біотестування має ряд переваг перед фізико-хімічним аналізом, засобами якого часто не вдається виявити нестійкі сполуки або кількісно визначити малі концентрації екотоксикантів. Доволі частими є випадки, коли виконаний сучасними засобами хімічний аналіз не показує наявності токсикантів, тоді як використання біологічних тест-об'єктів свідчить про їх присутність в досліджуваному середовищі. Біотестування дає можливість швидкого отримання інтегральної оцінки токсичності, що робить вельми привабливим його застосування при скринінгових дослідженнях [4]. Фітотестування рекомендовано для оцінки фітотоксичної дії хімічних речовин при обґрунтуванні їх ГДК [5].

Мета і завдання досліджень

Метою дослідження є встановлення рівня міграції забруднюючих речовин з упаковки, виготовленої з різної сировини. Для цього необхідно вирішити ряд завдань:

- 1) проаналізувати склад сучасних пакувальних матеріалів;
- 2) підібрати методику по визначенню кількісних показників, які характеризують рівень міграції речовин з упаковки;
- 3) провести експериментальні дослідження екстрактів пакувальних матеріалів на вміст шкідливих речовин;
- 4) визначити показники інтегральної токсичності упаковки;
- 5) порівняти сучасні пакувальні матеріали щодо безпечності для здоров'я людини за рівнем міграції з них шкідливих речовин..

Виклад основного матеріалу

Для проведення досліджень у якості об'єктів були обрані дві групи пакувальних матеріалів:

- картонно-паперова упаковка – кашована фольга (комбінований матеріал) та упаковка Tetra-Pak;
- металева упаковка – алюмінієва банка та банка з білої жерсті.

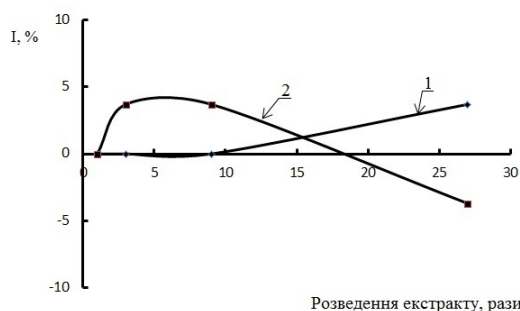
Витяжку з картонно-паперових пакувальних матеріалів готували шляхом змішування зразків упаковки розміром 10x10 мм в колбі зі шліфом, і 100 мл води та настоюванні протягом 1 год. при температурі від 20 до 25°C струшуючи через кожні 10–15 хв [6].

Для отримання витяжки з металевих пакувальних матеріалів металеву упаковку поміщали в ємність, заповнену дистильованою водою та витримували у сушильній шафі протягом 1 год при температурі 121°C, після чого залишали відстоюватися протягом 10 діб при кімнатній температурі [7].

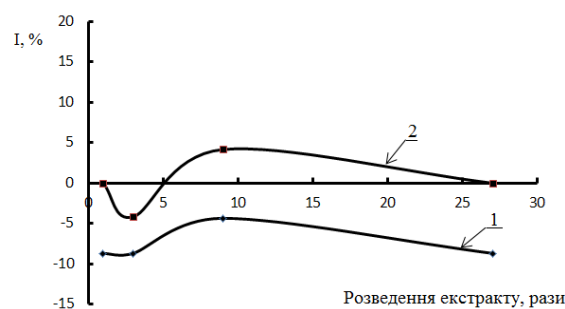
Рівень міграції визначали за показниками інтегральної токсичності, визначеними методами біотестування. У якості тест-об'єктів обрано водорості *Chlorella vulgaris* Beijer та насіння *Triticum L.*, *Avena satia L.*, *Hordeum vulgare*.

При проведенні біотестування за допомогою *Chlorella vulgaris* Beijer отриманні залежності зміни оптичної густини витяжок пакувальних матеріалів від розведення екстрактів.

В експериментах з визначення гострої токсичної дії встановлюють токсичну концентрацію окремих речовин або токсичну кратність розведення води і водних витяжок, що містять суміші речовин, що викликають зниження на 20% і більше або збільшення на 30% і більше величини оптичної густини тест-культури водорості в порівнянні з контролем за 72 години світлової експозиції.



1 – упаковка Tetra Pak; 2 – упаковка з кашованої фольги
Рис. 1. Залежність відносної різниці величини оптичної густини I від розведення екстракту паперової упаковки



1 – алюмінієва упаковка; 2 – упаковка з білої жерсті
Рис. 2. Залежність відносної різниці величини оптичної густини I від розведення екстракту металевих пакувальних матеріалів

Для спостереження за зміною значення відносної різниці величини оптичної густини I в залежності від розведення екстракту побудовано графіки (рисунок 1 та рисунок 2).

На рисунку видно, що упаковка з кашованої фольги проявляє невисокий стимулюючий ефект на *Chlorella vulgaris* Beijer. Такий ефект може бути викликаний наявністю мікроелементів цинку у невеликих концентраціях, які стимулюють ріст і розвиток *Chlorella vulgaris* Beijer. Ці мікроелементи знаходяться у сплаві алюмінію з якого виготовляється алюмінієва фольга для упаковки Tetra Pak та кашована фольга для упаковки масла.

На основі експериментальних даних встановили середню ефективну концентрацію токсичності речовин EK_{25} , що містяться у водних витяжках.

$$EK_{25} = 10^{2.08} = 112,21 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

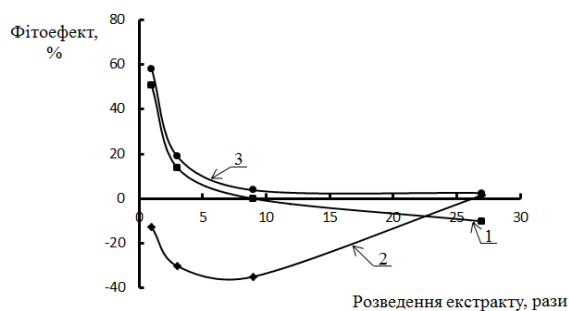
Тобто, для того, щоб викликати токсикологічний ефект у 25% *Chlorella vulgaris* Beijer, необхідно, щоб концентрація становила $112,21 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$.

Відносна різниця оптичної густини для металевих упаковок не перевищує вказані показники токсичності, тому можна припустити, що водні витяжки таких матеріалів не містять речовини, здатні викликати токсикологічний ефект у *Chlorella vulgaris* Beijer

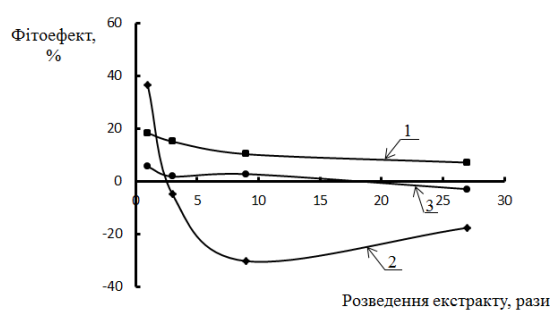
На графіку видно, що водна витяжка з алюмінієвої упаковки проявляє стимулюючий ефект на *Chlorella vulgaris* Beijer. Це пов'язано з наявністю у водній витяжці мікроелементів алюмінію та цинку, який покращують ріст і розвиток *Chlorella vulgaris* Beijer. Алюміній та цинк використовуються для алюмінієвого сплаву, з якого потім виготовляється металева упаковка. Водна витяжка з білої жерсті має спадаючий характер, спостерігається зростання, але у межах похибки.

Метод фітотестування призначений для встановлення сумарної токсичності і класу небезпеки по фітотоксичній дії (фіто ефекту), спостерігається при інгібуванні (гальмуванні) росту коренів насіння на 20% і більше в порівнянні з контролем. Фіто ефект, що виявляється у вигляді пригнічення росту, наводяться зі знаком (+), а його стимуляції – із знаком (-).

Результати фітотестування витяжок з пакувальних матеріалів на основі паперу за допомогою фіто тест-об'єктів *Triticum L.*, *Avena satia L.*, *Hordeum vulgare* наведені на рис. 3, 4.



1 – *Triticum L.*; 2 – *Avena satia L.*; 3 – *Hordeum vulgare*
Рис. 3. Залежність фіто ефекту від розведення екстракту упаковки Tetra Pak



1 – *Triticum L.*; 2 – *Avena satia L.*; 3 – *Hordeum vulgare*
Рис. 4. Залежність фіто ефекту від розведення екстракту упаковки з кашованої фольги

Нерозведена водна витяжка упаковки Tetra Pak проявляє інгібуючий ефект на *Triticum L.*, для інших розведень та для упаковки з кашованої фольги фітотоксична дія відсутня.

Стимулююча дія водних витяжок на довжину коренів *Avena satia L.* проявилася майже на усіх варіантах. Тільки у нерозведеній водній витяжці упаковки з кашованої фольги спостерігається фітотоксична дія.

Нерозведена витяжка упаковки Tetra Pak проявляє інгібуючий ефект на *Hordeum vulgare*., для інших розведень та упаковки з кашованої фольги інгібуючий ефект відсутній.

Можливо, фітотоксична дія на тест-об'єкти пов'язана з підвищеним вмістом важких металів у пакувальних матеріалах, які негативно впливають на життєздатність тест-рослин: проростання та довжину коренів.

З проведених досліджень встановлено, що фітотест-об'єкт *Triticum L.* є найбільш чутливий до наявності шкідливих речовин у водних витяжках незалежно від концентрацій. Найменші відсотки проростання у *Avena satia L.*, що вказує на те, що тест-об'єкт менш чутливий до шкідливих речовин у водних витяжках.

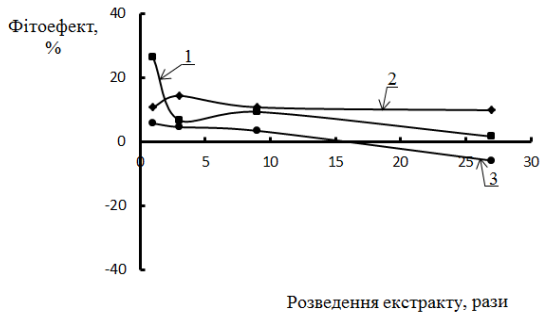
На рисунку 3 видно, що значення фіто ефектів для *Triticum L.* та *Hordeum vulgare* поступово зменшуються, що пов'язано з розведенням водних витяжок та, можливо, зменшення у них кількості алюмінію. Для *Avena satia L.* спостерігається стимулююча дія водної витяжки упаковки Tetra Pak, яка пов'язана з наявністю у водній витяжці мікроелементів у невеликих концентраціях.

На рисунку 4 видно, що значення фіто ефекту для *Avena satia L.* перевищує 20%, але при наступних розведеннях водної витяжки спостерігається стимулюючий ефект на ріст корінців, що, можливо, вказує на

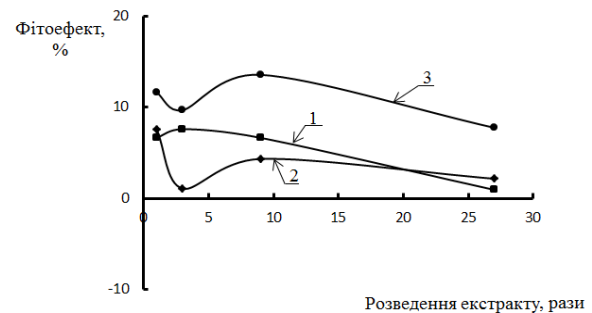
зменшення кількості важких металів у розведеннях. Для *Triticum L.* та *Hordeum vulgare* значення фітоефектів не перевищують 20% і поступово зменшуються у межах похибки.

Для *Avena satia L.* на обох графіках спостерігається різний характер кривих, на рис. 3 спостерігається зростання значень фітоефекту із збільшенням розведення, а на рис. 4 відбувається зменшення значень фітоефекту, тобто спостерігається залежність “розведення-ефект”. Такі відмінності можна пояснити тим, що *Avena satia L.* проявляє меншу чутливість до шкідливих речовин у водних витяжках.

Ідентично проведено фітотестування за допомогою фіто тест-об’єктів *Triticum L.*, *Avena satia L.*, *Hordeum vulgare* витяжок з пакувальних матеріалів на основі металу (рис. 5, 6).



1 – *Triticum L.*; 2 – *Avena satia L.*; 3 – *Hordeum vulgare*
Рис. 5. Залежність фітоефекту від розведення екстракту з алюмінієвої упаковки



1 – *Triticum L.*; 2 – *Avena satia L.*; 3 – *Hordeum vulgare*
Рис. 6. Залежність фітоефекту від розведення екстракту упаковки з білої жерсті

Фітотоксична дія спостерігається в *Triticum L.* у нерозведеній водній витяжці з алюмінієвої упаковки. У розчинах розведених дистильованою водою фітоефект менше 20%, тобто немає негативного впливу на тест-об’єкти.

На рисунках 5-6 спостерігається, що найбільш чутливим тест-об’єктом є *Triticum L.*, а найменше – *Avena satia L.* Чутливість тест-об’єктів до витяжок з різних видів пакувальних матеріалів є однаковою.

На графіках спостерігається зменшення ефекту гальмування в залежності від збільшення розведення водних витяжок металевих упаковок, спостерігається залежність “розведення-ефект”. На рис. 6 для кривої 2 присутнє зростання у межах похибки.

Для встановлення класу небезпеки та рівня нешкідливості паперової упаковки розраховано параметри фітотоксичності: середньоелективне і порогове розведення екстракту (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри фітотоксичності для паперової упаковки

Упаковка	Фітотест-об’єкти	Регресійне рівняння	Коефіцієнт кореляції	LimR	BR ₅₀	Клас небезпеки
Tetra Pak	<i>Triticum L.</i>	$y = -0,022 \cdot x + 1,0149$	0,9089	3,7575	0,8221	4
	<i>Avena satia L.</i>	$y = -0,0386 \cdot x - 0,5251$	0,9057	0,0505	0,0035	4
	<i>Hordeum vulgare</i>	$y = 0,0214 \cdot x - 1,1622$	0,820	0,1844	0,1087	4
Кашована фольга	<i>Triticum L.</i>	$y = -0,1231 \cdot x + 0,2902$	0,9924	0,6733	0,0001	4
	<i>Avena satia L.</i>	$y = -0,0178 \cdot x + 0,6445$	0,699	1,9431	0,5682	4
	<i>Hordeum vulgare</i>	$y = -0,1549 \cdot x + 1,0097$	0,8071	0,008	0,0000002	4
Алюмінієва упаковка	<i>Triticum L.</i>	$y = -0,035 \cdot x + 1,1785$	0,7174	3,0095	0,2682	4
	<i>Avena satia L.</i>	$y = -0,0711 \cdot x + 0,5936$	0,945	1,4846	0,0109	4
	<i>Hordeum vulgare</i>	$y = -0,1012 \cdot x + 0,921$	0,7669	0,0789	0,00007	4
Біла жерсть	<i>Triticum L.</i>	$y = -0,122 \cdot x + 0,1573$	0,8586	0,1358	0,00003	4
	<i>Avena satia L.</i>	$y = -0,2651 \cdot x + 2,042$	0,9946	0,0005	≈0	4
	<i>Hordeum vulgare</i>	$y = -0,3686 \cdot x + 4,2154$	0,9652	0,0007	≈0	4

LimR – це розведення при якому фітотоксичний ефект становитиме 20%. Значення для пакувальних матеріалів, які менші за 1 не шкідливі для людини. Як видно з таблиці 2 поріг фітотоксичності LimR перевищено для Triticum L. при дослідженні водної витяжки з упаковки Tetra Pak та для Avena sativa L. при дослідженні водної витяжки з кашованої фольги.

ER₅₀ – це розведення при якому відбувається загибель 50% тест-об'єктів. Як видно з таблиці 2 значення для паперової упаковки низькі, це означає, що для отримання такого результату необхідно водні витяжки робити дуже концентрованими.

Середньоефективне розведення для усіх тест-об'єктів менші за 1 і фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту, а його розведення не мають впливу на тест-об'єкти (фітотоксичність менше 20%), тому упаковці з кашованої фольги присвоюється 4 клас небезпеки – малонебезпечні.

Середньоефективне розведення для усіх тест-об'єктів менші за 1 і фітотоксичний ефект зафіксований тільки при дії нативного екстракту, а його розведення не мають впливу на тест-об'єкти, тому металевій упаковці присвоюється 4 клас небезпеки – малонебезпечні.

Ще одним способом визначення екологічної токсичності пакувальних матеріалів є фізико-хімічні методи.

Кількісний вміст в модельних середовищах ідентифікованих речовин не повинен перевищувати встановлені для них значення ДКМ (допустима кількість міграції).

Таблиця 2

Концентрації шкідливих речовин, які містяться у паперовій упаковці

Упаковка	Речовина	Концентрація, мг/л	ДКМ, мг/л	$\frac{C}{ДКМ}$
Tetra Pak	етилацетат	0,016	0,1	0,16
	формальдегід	0,0009	0,1	0,009
	ацетон	0,036	0,1	0,36
	метиловий спирт	0,012	0,2	0,06
	ізопропіловий спирт	0,011	0,1	0,11
	бутиловий спирт	0,011	0,5	0,022
	ізобутиловий спирт	0,011	0,5	0,022
	свинець	0,022	0,03	0,73
	цинк	0,36	1,0	0,36
	миш'як	0,01	0,05	0,2
	алюміній	0,01	0,5	0,02
Разом:				2,13
Кашована фольга	етилацетат	0,028	0,1	0,28
	формальдегід	0,0006	0,1	0,006
	ацетон	0,075	0,1	0,75
	метиловий спирт	0,015	0,2	0,075
	бутиловий спирт	0,011	0,5	0,022
	свинець	0,027	0,03	0,9
	цинк	0,42	1,0	0,42
	миш'як	0,01	0,05	0,2
алюміній	0,01	0,5	0,02	
Разом:				2,73
Алюмінієва упаковка	формальдегід	0,0007	0,1	0,007
	фенол	0,001	0,05	0,02
	свинець	0,07	0,03	2,33
	цинк	0,84	1,0	0,84
	алюміній	0,02	0,5	0,04
	епіхлоргідрин	0,01	0,1	0,1
дифенілолпропан	0,001	0,01	0,1	
Разом:				3,437
Біла жерсть	формальдегід	0,0006	0,1	0,006
	фенол	0,001	0,05	0,02
	свинець	0,06	0,03	2,0
	цинк	0,92	1,0	0,92
	алюміній	0,02	0,5	0,04
	епіхлоргідрин	0,01	0,1	0,1
дифенілолпропан	0,001	0,01	0,1	
Разом:				3,186

У таблиці 2 наведено перелік речовин, які містяться у паперовій упаковці і були визначенні фізико-хімічними методами.

У пакувальних матеріалах на основі паперу знайдено шкідливі речовини, але їх концентрація менша за ДКМ, що відповідає основним вимогам, які висуваються до паперових пакувальних матеріалів. У пакувальних матеріалах на основі металу знайдено шкідливі речовини. Концентрація свинцю у водній витяжці з алюмінієвої упаковки та з білої жерсті перевищує ДКМ. Свинець шкідливий для здоров'я людини, підвищення вмісту свинцю в продуктах харчування обумовлює збільшення його концентрації в крові, що може викликати отруєння. Концентрація усіх інших речовин менша за ДКМ, що відповідає основним вимогам, які висуваються до пакувальних матеріалів.

Висновки

Методом біотестування встановлено, що відносна різниця оптичної густини для обраних пакувальних матеріалів на основі паперу однакова і становить 3,70%, а для металевих пакувальних матеріалів більша в упаковки з білої жерсті (4,17%), що не перевищує критерії токсичності.

За допомогою методу фітотестування встановлено, що для упаковки з Tetra Pak характерний більший фіто ефект, він становить 58,23%. За критерієм токсичності **BB₅₀** встановлено, що паперова упаковка відноситься до 4 класу небезпеки. Серед металеві упаковки найбільший фіто ефект у алюмінієвої упаковки, що дорівнює 26,50%. За критерієм токсичності встановлено, що металева упаковка також належить до 4 класу небезпеки.

Фізико-хімічні методи показали, що сума відношень концентрації знайденої речовини у водних витяжках до значень ДКМ більше у кашованій фольги, яке дорівнює 2,73, а з металеві упаковки більше у алюмінієвої упаковки – 3,437. До того ж у пакувальних матеріалах на основі металу концентрація свинцю у водній витяжці з алюмінієвої упаковки та з білої жерсті перевищує ДКМ.

Література

1. Сирохман І. В. Товарознавство пакувальних товарів і тари : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 616 с.
2. Локс Ф. Упаковка и экология : учебное пособие / Локс Франс ; пер. с англ. О.В. Наумовой ; под ред. В.А. Наумова. – М. : Изд-во МГУП, 1999. – 220 с.
3. Біотестування. Сучасний стан практичного використання [Електронний ресурс] : стаття. – Режим доступу : [www.kdu.edu.ua/statti/2006-6-1\(41\)/142.doc.html](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-6-1(41)/142.doc.html).
4. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию / В.А. Исидоров. – СПб : Химиздат, 1999. – 144 с.
5. Методические рекомендации по обоснованию класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности : МР 2.1.7.2297-07. – [Действует с 2007-28-10]. – М., 2007. – 9 с.
6. Целлюлоза, бумага, картон. Метод определения величины рН водной вытяжки : ГОСТ 12523 - 77. – [Введ. 1978–01–01]. – М. : Изд.-во стандартов, 1978. – IV, 6 с. : ил. ; 29 см.
7. Упаковка для пищевой продукции [Електронний ресурс] : стаття. – Режим доступу : http://tovaroveded.ru/upakovka-i-khranenie-pishchevykh-produktov/227-upakovka_dlya_pischevoj_produkcii.html.

References

1. Syrokhman I. V. Товарознавство pakuvalnykh tovariv i tary : pidruchnyk [dlia stud. vyshch. navch. zakl.] / I. V. Syrokhman, V. M. Zavhorodnia. – K. : Tsentr uchbovoi literatury, 2009. – 616 s.
2. Loks F. Upakovka u ekolohiia : uchebnoe posobyie / Loks Frans ; per. s anhl. O.V. Naumovoi ; pod red. V.A. Naumova. – M. : Yzd-vo MHUP, 1999. – 220 s.
3. Biotestuvannia. Suchasnyi stan praktychnoho vykorystannia [Elektronnyi resurs] : stattia. – Rezhym dostupu : [www.kdu.edu.ua/statti/2006-6-1\(41\)/142.doc.html](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-6-1(41)/142.doc.html).
4. Isidorov V.A. Vvedenie v himicheskuyu ekotoksikologiyu / V.A. Isidorov. – SPb : Himizdat, 1999. – 144 s.
5. Metodicheskie rekomendatsii po obosnovaniyu klassa opasnosti othodov proizvodstva i potrebleniya po fitotoksichnosti : MR 2.1.7.2297-07. – [Deystvuet s 2007-28-10]. – M., 2007. – 9 s.
6. TSellyuloza, bumaga, karton. Metod opredeleniya velichiny rN vodnoy vyityajki : GOST 12523 - 77. – [Vved. 1978–01–01]. – M. : Izd.-vo standartov, 1978. – IV, 6 s. : il. ; 29 sm.
7. Upakovka dlya pischevoy produktsii [Elektronnyi resurs] : stattia. – Rejim dostupu : http://tovaroveded.ru/upakovka-i-khranenie-pishchevykh-produktov/227-upakovka_dlya_pischevoj_produkcii.html.

Рецензія/Peer review : 26.10.2018 р.

Надрукована/Printed : 22.11.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Мандзюк І.А.