

Сергій Павлюк¹, Тетяна Філінська², Ірина Суха³, Антоніна Філінська⁴

¹аспірант кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції
Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: serpik07@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7615-963X>

²кандидат технічних наук,

доцент кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції
Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: f111nskaya@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7921-1989>

³кандидат технічних наук,

доцент кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції
Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: irinasuha3@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-2047>

⁴старший викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції
Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: antoniyafilin@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6975-6186>

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕТ ПЛЯШОК ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

У харчовій промисловості для пакування продукції використовують різні види тари. Вагоме місце посідає полімерна тара, яка має низьку перевагу і зручностей у застосуванні, але як одноразова створює високі екологічні ризики забруднення навколишнього середовища. Сучасні тенденції до зниження залежності від одноразової тари супроводжуються впровадженням новітніх технологій, які дозволяють використовувати при виготовленні полімерної тари не лише первинну сировину в чистому вигляді, але і її суміші із вторинною в різних пропорціях. Кількість вторинної сировини може досягати 70 %, а іноді й більше, що, безперечно, знижує негативний вплив полімерних відходів на стан навколишнього середовища і здоров'я людей. У статті наведено результати дослідження безпечності використання пляшок, виготовлених повністю з вторинного поліетилентерефталату, для пакування молока 2,5%-вої жирності, спиртовмісної продукції з вмістом спирту 5% і 40%, а також водних розчинів оцтової і молочної кислоти різної концентрації. Визначені показники міграції у досліджувані середовища ацетальдегіду, ацетону, бутанолу, ізопропанолу, метанолу, етилбензолу, диметилтерефталату та інших токсичних компонентів відповідають встановленим гігієнічним нормативам і не перевищують допустимої кількості міграції. Пляшки, виготовлені повністю з вторинної сировини, відповідають вимогам до тари, що контактує з харчовими продуктами, і можуть бути рекомендовані для пакування досліджуваних типів продукції.

Ключові слова: поліетилентерефталат; тара; харчові продукти; молоко; оцтова кислота; молочна кислота; розчини спирту; токсичні речовини.

Табл.: 2. Бібл.: 19.

Актуальність теми дослідження. Для пакування харчової продукції використовують тару, виготовлену з різноманітної сировини: скла, паперу, фольги, полімерних і комбінованих матеріалів. Спеціалістами виконуються дослідження різних типів пакувань з метою оцінювання їхнього ризику та негативного впливу на організм людини [1]. Використання полімерної тари, у тому числі з поліетилентерефталату (ПЕТ), призводить до великої кількості відходів. Питанням їх утилізації і перероблення приділяється велика увага як з екологічного, так і з економічного погляду [2; 3]. Серед широкого переліку продукції, яку виготовляють із вторинного ПЕТ матеріалу, є пляшки харчового призначення. Вони, як й інші види тари, слугують потенційним джерелом забруднення, з них у харчові продукти можуть мігрувати шкідливі речовини [4]. Тому актуальним питанням сьогодення є дослідження безпечності використання полімерних матеріалів, виготовлених з вторинної ПЕТ сировини для пакування харчової продукції на предмет міграції з них токсичних компонентів.

Постановка проблеми. Тара для харчових продуктів, виготовлена з додаванням відпрацьованих і перероблених ПЕТ пляшок, викликає побоювання щодо якості й безпечності пакованого продукту та потребує відповідних досліджень. Для ПЕТ пляшок харчового призначення мають виконуватися токсикологічні дослідження, визначатися показники міграції хімічних речовин, які виділяються з тари. Вказані показники не повинні перевищувати величину допустимої кількості міграції (ДКМ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. ПЕТ тару широко використовують у харчовій промисловості для пакування алкогольних і безалкогольних напоїв, питної води, харчових олій, молочної та інших видів продукції [5]. Вона значно легша за скляну тару, стійка до руйнування, її зручно використовувати на лініях розливу. Значні переваги має ПЕТ тара в порівнянні з іншими пакувальними матеріалами при транспортуванні і зберіганні продукції. Незважаючи на тенденцію з 2019 року до зниження виробництва ПЕТ виробів в Україні, кількість відходів залишається високою і потребує перероблення та повторного використання. Світові виробники споживчих товарів, серед яких Nestle, PepsiCo, Mondelez, Danone, представили інтернет-платформу Loop щодо зниження залежності від одноразової упаковки. Пропонується до впровадження модель циклічної економіки, яка закриває цикл виробництва полімерного матеріалу й заохочує інновації до його повторного використання. На сьогодні вітчизняні виробники ПЕТ пляшок також зорієнтовані на безпеку й екологічність своєї продукції [6]. Новітні технології дозволяють використовувати при виготовленні тари з ПЕТ не тільки первинну сировину в чистому вигляді, але і її суміші із вторинною в різних пропорціях. Кількість вторинної сировини може досягати 70 %, а іноді й більше, що безперечно знижує негативний вплив полімерних відходів на стан навколишнього середовища і здоров'я людей.

Питанням визначення токсичних інгредієнтів ПЕТ тари, яка використовується для харчових продуктів, приділяється особлива увага. Для визначення її відповідності вимогам харчової безпеки виконують органолептичні й санітарно-хімічні дослідження, контролюється рівень міграції хімічних речовин у досліджуване середовище [7].

Для пакування харчових продуктів і напоїв на водній основі можна використовувати ПЕТ пляшки, виготовлені як з первинної, так і з вторинної (100%-вої переробленої) сировини. Такого висновку дійшли порівнюючи для обох видів тари показники міграції у воду низки хімічних речовин, серед яких: ацетальдегід, ацетон, бутанол, свинець, хром, цинк, кадмій та ін. За результатами досліджень вони не перевищують відповідні допустимі значення ДКМ [8].

Виробники широко використовують ПЕТ пляшки для пакування рослинних олій. Досліджено безпечність використання ПЕТ пляшок для пакування пресової соняшникової олії. Встановлено, що після зберігання олії в ПЕТ пляшках з первинної і 100%-вої вторинної сировини вміст у них шкідливих компонентів відповідає вимогам ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови» [9].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх публікацій показав, що питанням дослідження безпечності використання полімерних пакувальних матеріалів, виготовлених із вторинної ПЕТ сировини приділяється значна увага. Досліджено можливість безпечного використання пляшок із вторинної ПЕТ тари для пакування води і рослинної олії. Проте потребують дослідження міграції токсичних компонентів з ПЕТ пляшок також в інші харчові середовища.

Метою статті є дослідження міграції токсичних речовин з ПЕТ пляшок, виготовлених з вторинної сировини, у молоко коров'яче питне пастеризоване, водно-спиртові розчини, водні розчини оцтової і молочної кислоти різних концентрацій, які є об'єктами дослідження.

Виклад основного матеріалу. Досліджувані об'єкти були паковані у ПЕТ пляшки, виготовлені з вторинної сировини (виробник ТОВ «ПРО П.Е.Т.») [10]. Визначення вмісту токсичних речовин у зразках виконувалися за відповідними методиками [11-15] і порівнювалися з гігієнічними нормативами [16; 17].

Молоко є базовим харчовим продуктом, а молочна продукція належить до щоденних товарів у споживчому кошику, на яку припадає вагомий відсоток витрат населення [18]. Молоко пакують у різну тару, в тому числі й ПЕТ пляшки. Використання останніх, особливо

виготовлених із вторинної сировини, потребує підтвердження їх безпечності. Для дослідження обрано молоко коров'яче питне пастеризоване 2,5%-вої жирності. Після його зберігання впродовж терміну придатності (7 діб) визначено вміст свинцю, кадмію, міді й цинку. Дослідження зразків молока виконувалися у випробувальному центрі державної установи «Житомирський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України» з використанням наступного обладнання: атомно-абсорбційного спектрофотометра AAScontr 800D, атомно-абсорбційного спектрофотометра «Сатурн-ЗП-1», аналізатора концентрації ртуті «Юлія-2» та ін. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вміст токсичних елементів у молоці, пакованому в ПЕТ пляшки із вторинної сировини

Назва показника	Результати випробувань, мг/кг	Гігієнічний норматив, мг/кг
Вміст свинцю	0,02	не більше за 0,02
Вміст кадмію	0,007	не більше за 0,03
Вміст міді	0,32	не більше за 1,0
Вміст цинку	3,45	не більше за 5,0
Вміст ртуті	0,0005	не більше за 0,005
Вміст миш'яку	0,005	не більше за 0,05

Як видно з наведених результатів досліджуваний зразок молока, який зберігався протягом усього терміну придатності у ПЕТ пляшках, виготовлених із вторинної сировини, за вмістом токсичних елементів відповідає ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні вимоги», що дає підстави зробити висновок безпечності використання такої тари для пакування молока.

ПЕТ пляшки використовують також для пакування алкогольних і слабоалкогольних напоїв, вміст спирту у яких коливається у широкому діапазоні. Для дослідження показників міграції шкідливих речовин у водно-спиртове середовище обрано розчини з вмістом етилового спирту 5 і 40 %, які паковані у пляшки, також виготовлені з вторинної ПЕТ сировини. Визначені показники міграції ацетону, ацетальдегіду, метанолу, диметилтерефталату, формальдегіду та інших шкідливих компонентів наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Вміст токсичних речовин у водних розчинах спирту 5%-вої і 40%-вої концентрації, пакованих у пляшки з вторинної ПЕТ сировини

Назва показника	Визначена величина показника, мг/дм ³		Гігієнічний норматив, мг/дм ³
	5%-вий розчин етилового спирту	40%-вий розчин етилового спирту	
Ацетон	0,05	0,05	0,1
Ацетальдегід	0,060-0,068	0,088-0,094	0,2
Метанол	0,05	0,05	0,2
Ізопропанол	0,05	0,05	0,1
Бутанол	0,05	0,05	0,5
Ізобутанол	0,05	0,05	0,5
Етилбензол	0,01	0,01	0,01
Диметилтерефталат	0,5	0,5	1,5
Формальдегід	0,059-0,065	0,061-0,063	0,1
Свинець	0,01	0,01	0,03
Кадмій	0,001	0,001	0,001
Цинк	0,005	0,005	1,0
Мідь	0,005	0,005	1,0
Нікель	0,01	0,01	0,1
Марганець	0,01	0,01	0,1

У харчовій промисловості широко використовують органічні і неорганічні кислоти. Харчова оцтова кислота виготовляється концентрацією 3, 6, 9, 50, 70 та 80 %, її одержують із кислоти оцтової синтетичної харчової шляхом розведення питною водою до необхідної концентрації. Присутні в торговельних мережах 6%-ва і 9%-ва оцтова кислоти найчастіше паковані у ПЕТ пляшки. Молочна кислота присутня у складі кефіру, пахти, йогуртів, соусів, маринадів та іншої харчової продукції. Вона використовується як консервант, антиоксидант та регулятор кислотності під кодом харчової добавки E270 і є важливим компонентом харчових продуктів [19]. Харчові кислоти мають відповідати обов'язковим вимогам щодо їх безпечності для життя та здоров'я споживачів.

Як об'єкт дослідження обрано харчову оцтову кислоту 6%-вої і 9%-вої концентрації, а також водні розчини молочної кислоти концентрацією 0,5 % і 3,0 %. Усі зразки паковані у пляшки (безбарвні, синього і коричневого кольору), виготовлені з вторинної ПЕТ сировини. Дослідження розчинів спирту, оцтової і молочної кислоти виконувалися у Випробувальній лабораторії (ЦНДЛ та лабораторія промислової токсикології) Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. Невизначеність вимірювання на рівні 15%. Результати випробувань рівнів міграції хімічних речовин у розчини оцтової і молочної кислоти не перевищують гігієнічний норматив. За визначеними показниками пляшки ПЕТ з вторинної сировини (безбарвні, синього й коричневого кольору) відповідають вимогам за допустимими кількостями міграції хімічних речовин, які виділяються з полімерних та інших матеріалів, що контактують із харчовими продуктами.

Висновки. На підставі проведених досліджень визначені рівні міграції токсичних речовин з ПЕТ пляшок, виготовлених з вторинної сировини, у різні харчові середовища - молоко, розчини спирту, за концентрацією подібні до алкогольних і слабоалкогольних напоїв, а також у водні розчини оцтової і молочної кислот різних концентрацій. Визначено, що показники міграції з тари у досліджувані середовища ацетальдегіду, ацетону, бутанолу, ізопропанолу, метанолу, етилбензолу, диметилтерефталату та інших токсичних компонентів відповідають встановленим гігієнічним нормативам і не перевищують допустимої кількості міграції. Пляшки, виготовлені повністю з вторинної сировини, відповідають вимогам до тари, що контактує з харчовими продуктами, і можуть бути рекомендовані для пакування досліджуваних типів продукції. Враховуючи те, що харчові продукти являють собою складні, багатокомпонентні системи, у яких у процесі зберігання відбуваються певні перетворення, виконання аналогічних дослідних робіт потребує продовження і розширення переліку досліджуваних харчових середовищ.

Список використаних джерел

1. Оцінка ризиків для здоров'я людини пакувальних матеріалів для харчових продуктів і шляхи їх запобігання / Л. В. Горцева, Т. В. Шутова, О. С. Мартинова, В. В. Завальна, Т. П. Костюченко // Український журнал сучасних проблем токсикології. – 2018. – № 4(84). – С. 59-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.33273/2663-4570-2018-84-4-59-62>.
2. Polyolefins and Polyethylene Terephthalate Package Wastes: Recycling and Use in Composites / H. Jones, F. Saffar, V. Koutsos, D. Ray // *Energies*. – 2021. – № 14. – P. 7306. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14217306>.
3. Lupinos, A. Analysis of trends of development of enterprise activity in the field of polymeric waste utilization in Ukraine / A. Lupinos, N. Hurzhii // *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*. – 2018. – № 2(04). – P. 55-63. DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-1566-2018-2/04-06>.
4. Іванішена, Т. В. Порівняльний аналіз безпечності пакувальних матеріалів для харчової промисловості / Т. В. Іванішена, О. О. Іванішина // *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. – 2019. – № 5. – С. 142-146.
5. Куник, О. М. Дослідження впливу виду пакування на термін придатності питного пастеризованого молока / О. М. Куник, О. М. Морозова, Д. Г. Сарібєкова // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2020. – № 3. – С. 34-43.

6. Аналіз ринку ПЕТ для харчової промисловості в Україні. 2021 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-pet-dlya-pishevoj-promyshlennosti-v-ukraine-2021-god>.
7. Горцева, Л. В. До питання визначення токсичних інгредієнтів поліетилентерефталату, який використовується для упаковки харчових продуктів / Л. В. Горцева, Т. В. Шутова, Т. П. Костюченко // Єдине здоров'я та проблеми харчування України. – 2013. – № 1 (38). – С. 52-54.
8. Павлюк С. К. ПЕТ тара з вторинної сировини для пакування харчових продуктів / С. К. Павлюк, Т. Г. Філінська, А. О. Філінська // Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials : book of abstracts (Lviv, October 7-9, 2020). – Lviv, 2020. – С. 15.
9. Павлюк С. К. Перероблена ПЕТ тара для пакування рослинних олій / С. К. Павлюк, Т. Г. Філінська, А. О. Філінська // Інноваційний розвиток харчової індустрії : зб. наук. праць за матеріалами VIII Міжнар. наук.-практ. конф. / Інститут продовольчих ресурсів НААН (23 грудня 2021 р. , м. Київ). – Київ, 2021. – С. 80-81.
10. ТУ У 22.2-45123779-001:2023. Преформи та пляшки полімерні марки ПЕТФ.
11. ДСТУ EN 14082:2019 Продукти харчові. Визначення вмісту свинцю, кадмію, цинку, міді, заліза та хрому методом атомно-абсорбційної спектроскопії (AAS) після сухого озолення (EN 14082:2003, IDT).
12. Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого, навколишнього середовища і біологічних матеріалах. МВ 10.1-115-2005. – Київ, 2005. – 48 с.
13. МУ 5178-90 Методические указания по обнаружению и определению содержания общей ртути в пищевых продуктах методом беспламенной атомной абсорбции. – Москва, 1990.
14. МУК 4.1.3166-14 Газохроматографическое определение гексана, гептана, ацетальдегида, ацетона, метилацетата, этилацетата, метанола, изопропанола, акрилонитрила, н-пропанола, н-пропилацетата, бутилацетата, изобутанола, н-бутанола, бензола, толуола, этилбензола, м-, о- и п-ксилолов, изопропилбензола, стирола, α-метилстирола в воде и водных вытяжках из материалов различного состава.
15. ISO 8288. Качество воды. Определение кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия и свинца. Пламенные атомно-абсорбционные спектрометрические методы. – 1987. – 18 с.
16. Про затвердження гігієнічних нормативів якості води, водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [Електронний ресурс] : Наказ МОЗ України № 721 від 02.05.2022 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>.
17. СанПиН 42-123-4240-86 Допустимые количества миграции (ДКМ) химических веществ, выделяющихся из полимерных и других материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и методы их определения [Электронный ресурс]. – Режим доступу: https://zakononline.com.ua/documents/show/158062__158062.
18. Рахман, М. С. Аналіз ринку молока та молочної продукції України / М. С. Рахман, Д. А. Гризо // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна». – 2021. – № 101. – Р. 59-67. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-06>.
19. Давидович, О. Я. Методи визначення концентрації молочної кислоти у харчових продуктах / О. Я. Давидович, Х. Р. Спринь // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. – 2022. – № 30. – С.45-52. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-06>.

References

1. Hortseva, L.V., Shutova, T.V., Martynova, O.S., Zavalna, V.V., Kostiuchenko, T.P. (2018). Otsinka ryzykiv dlia zdorovia liudyny pakuvalnykh materialiv dlia kharchovykh produktiv i shliakhy yikh zapobihannia [Assessment of risks to human health of packaging materials for food products and ways to prevent them]. *Ukrainskyi zhurnal suchasnykh problem toksykologii – Ukrainian journal of modern problems of toxicology*, 4(84), 59-62. <http://dx.doi.org/10.33273/2663-4570-2018-84-4-59-62>.
2. Jones, H., Saffar, F., Koutsos, V., Ray, D. (2021). Polyolefins and Polyethylene Terephthalate Package Wastes: Recycling and Use in Composites. *Energies*, 14, 7306. <https://doi.org/10.3390/en14217306>.
3. Lupinos, A., Hurzhii, N. (2018). Analysis of trends of development of enterprise activity in the field of polymeric waste utilization in Ukraine. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*, 2(04), 55-63. <https://doi.org/10.26661/2522-1566-2018-2/04-06>.

4. Ivanishena, T.V., Ivanishyna, O.O. (2019). Porivnialnyi analiz bezpechnosti pakuvalnykh materialiv dlia kharchovoi promyslovosti [Comparative analysis of the safety of packaging materials for the food industry]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Khmelnytsky National University. Technical sciences*, (5), 142-146.
5. Kunyk, O.M., Morozova, O.M., Saribiekova, D.H. (2020). Doslidzhennia vplyvu vydu pakuvannia na termin prydatnosti pytnoho pasteryzovanoho moloka [Study of the influence of the type of packaging on the shelf life of drinking pasteurized milk]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of the Khmelnytsky National University*, (3), 34-43.
6. Analiz rynku PET dlia kharchovoi promyslovosti v UKRAINI. 2021 rik [Analysis of the PET market for the food industry in Ukraine. 2021 year]. (2021). <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-pet-dlya-pishevoj-promyshlennosti-v-ukraine-2021-god>.
7. Hortseva, L.V., Shutova, T.V., Kostiuchenko, T.P. (2013). Do pytannia vyznachennia toksychnykh inhrediiientiv polietylentereftalatu, yakyi vykorystovuietsia dlia upakovky kharchovykh produktiv [To the question of determining the toxic ingredients of polyethylene terephthalate, which is used for food packaging]. *Yednye zdorovia ta problemy kharchuvannia Ukrainy – Unified health and nutrition problems of Ukraine*, (1(38)), 52-54.
8. Pavliuk, S.K., Filinska, T.H., Filinska, A.O. (2020). PET tara z vtorynnoi syrovyny dlia pakuvannia kharchovykh produktiv [PET containers from secondary raw materials for food packaging]. *Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials: book of abstracts* (p. 15).
9. Pavliuk, S.K., Filinska, T.H., Filinska, A.O. (2021). Pereroblena PET tara dlia pakuvannia roslynnykh olii [Recycled PET container for packaging vegetable oils]. *Innovatsiyni rozvytok kharchovoi industrii: zb. nauk. prats za materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Innovative development of the food industry: coll. of science works based on the materials of VIII International science and practice conf.* (pp. 80-81).
10. TU U 22.2-45123779-001:2023. Preformy ta pliashyky polimerni marky PETF [PET polymer preforms and bottles].
11. DSTU EN 14082:2019 Produkty kharchovi. Vyznachennia vmistu svyntsiu, kadmiu, tsynku, midi, zaliza ta khromu metodom atomno-absorbtsiinoi spektrometrii (AAS) pislia sukhooho ozolennia [Food products. Determination of the content of lead, cadmium, zinc, copper, iron and chromium by the method of atomic absorption spectrometry (AAS) after dry ashing](EN 14082:2003, IDT).
12. Vyznachennia vmistu rtuti v ob'ekтах vyrobnychoho, navkolyshnoho seredovyshcha i biolohichnykh materialakh [Determination of mercury content in industrial objects, environment and biological materials]. MV 10.1-115-2005. (2005).
13. MU 5178-90 «Metodicheskie ukazaniya po obnaruzheniyu i opredeleniyu sodержaniya obshchei rtuti v pishchevikh produktakh metodom besplamennoi atomnoi absorbtsii» [Methodical guidelines for the detection and determination of total mercury content in food products by the flameless atomic absorption method]. (1990).
14. MUK 4.1.3166-14 Gazokhromatograficheskoe opredelenie geksana, geptana, atsetaldegida, atsetona, metilatsetata, etilatsetata, metanola, izopropanola, akrilonitrila, n-propanola, n-propilatsetata, butilatsetata, izobutanola, n-butanola, benzola, toluola, etilbenzola, m-, o- i p-ksilolov, izopropilbenzola, stirola, α-metilstirola v vode i vodnikh vityazhkakh iz materialov razlichnogo sostava: Metodicheskie ukazaniya [Gas chromatographic determination of hexane, heptane, acetaldehyde, acetone, methyl acetate, ethyl acetate, methanol, isopropanol, acrylonitrile, n-propanol, n-propyl acetate, butyl acetate, isobutanol, n-butanol, benzene, toluene, ethylbenzene, m-, o- and n- xylene, isopropylbenzene, styrene, α-methylstyrene in water and aqueous extracts from materials of different composition: Methodical instructions.].
15. ISO 8288. Opredelenie kobalta, nikelya, medi, tsinka, kadmiya i svintsa. [Determination of cobalt, nickel, copper, zinc, cadmium and lead.]. (1987).
16. Pro zatverdzhennia hiiienichnykh normatyviv yakosti ody, vodnykh ob'ektiv dlia zadovolennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naseleння» [On the approval of hygienic standards for the quality of water, water bodies to meet the drinking, household and other needs of the population], Order of the Ministry of Health of Ukraine № 721 (02.05.2022).
17. SanPiN 42-123-4240-86 «Dopustimie kolichestva migratsii (DKM) khimicheskikh veshchestv, vilyayushchikhsya iz polimernikh i drugikh materialov, kontaktiruyushchikh s pishchevimi produktami i metodi ikh opredeleniya» [SanPiN 42-123-4240-86 «Permissible amounts of migration (AQM) of chemical substances released from polymeric and other materials in contact with food products and methods for their determination»].

18. Rakhman, M.S., Hryzo, D.A. (2021). Analiz rynku moloka ta molochnoi produktsii Ukrainy [Analysis of the market of milk and dairy products of Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina seriya «Ekonomiczna» – Bulletin of the Kharkiv National University named after V. N. Karazin. "Economic" series*, (101), 59-67. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-06>.

19. Davydovych, O.Ya., Spryn, Kh.R. (2022). Metody vyznachennia kotsentratsii molochnoi kysloty u kharchovykh produktakh [Methods of determining the concentration of lactic acid in food products]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Lviv Trade and Economic University. Technical sciences*, (30), 45-52. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-06>.

Отримано 16.10.2023

UDC 664:878.5/7:621.798.1

Sergii Pavliuk¹, Tetiana Filinska², Iryna Sukha³, Antonina Filinska⁴

¹postgraduate of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products
Ukrainian State Chemical and Technological University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: serpik07@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7615-963X>

²PhD in Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers Fats and Food Products
Ukrainian State Chemical and Technological University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: f111nskaya@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7921-1989>

³PhD in Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products
Ukrainian State Chemical and Technological University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: irinasuha3@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-2047>

⁴senior lecturer of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products
Ukrainian State Chemical and Technological University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: antoniyafilin@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6975-6186>

RESEARCH ON THE SAFETY OF USING PET BOTTLES FROM SECONDARY RAW MATERIALS FOR FOOD PACKAGING

In the food industry, various materials are used for packaging, including polymeric ones. Containers made from them have a number of advantages and conveniences both during transportation and in the process of storing packaged products, but they create significant risks of environmental pollution. It is disposable and needs to be disposed of or recycled after use.

Packaging food products in containers made from secondary raw materials allows solving a number of environmental problems and reducing dependence on disposable containers. The introduction of innovative technologies using polymer waste of polyethylene terephthalate as a raw material for manufacturing, for example, bottles, also has economic feasibility.

Polymer packaging is a potential source of pollution, harmful substances can migrate from it into food products, and therefore research is needed on the safety of using polymer materials made from secondary raw materials for packaging food products with regard to the migration of toxic components from them. Milk, alcoholic and low-alcohol products, oil, drinking water, vinegar, etc. are packed in polyethylene terephthalate bottles.

The analysis of research and publications showed that special attention is paid to the safety of the use of secondary polymer containers in the food industry. To determine its compliance with food safety requirements, organoleptic and sanitary-chemical studies are performed, the level of migration of chemicals into the studied environment is monitored. The possibility of safe use of bottles made of secondary polyethylene terephthalate for packaging water and vegetable oil was investigated. But research on the migration of toxic components from bottles to other food environments is needed.

The purpose of the article is to study the migration of toxic substances from bottles made from secondary raw materials into drinking pasteurized cow's milk, water-alcohol solutions, aqueous solutions of acetic and lactic acid of various concentrations.

The article presents the results of a study of the safety of using bottles made entirely of secondary polyethylene terephthalate for packaging milk with a 2.5% fat content, alcohol-containing products with an alcohol content of 5% and 40%, as well as aqueous solutions of acetic and lactic acid of various concentrations. The determined indicators of migration of acetaldehyde, acetone, butanol, isopropanol, methanol, ethylbenzene, dimethyl terephthalate and other toxic components into the studied environment comply with the established hygienic standards and do not exceed the permissible amount of migration. Bottles made entirely from recycled materials meet the requirements for containers, which is in contact with food products, and can be recommended for packaging the studied types of products.

Keywords: polyethylene terephthalate; packaging; food products; milk; acetic acid; lactic acid; alcohol solutions; toxic substances.

Table: 2. References: 19.