

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-66>

УДК 338.439.4

ПЕЛИК ЛЕСЯ

Львівський торговельно-економічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3365-0312>e-mail: lpelyk@gmail.com**РЕПЕТА ВЯЧЕСЛАВ**

НУ «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0003-3204-1512>e-mail: viacheslav.b.repeta@lpnu.ua

ВПЛИВ ДРУКАРСЬКИХ ФАРБ НА БЕЗПЕЧНІСТЬ ПАКОВАНЬ ДЛЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

У статті розглянуто проблему впливу друкарських фарб на безпечність паперових і картонних пакувань для борошняних кондитерських виробів. Досліджено можливість міграції низькомолекулярних компонентів фарб (коалесцентів, пластифікаторів, мінеральних олів тощо) у харчові продукти під час зберігання та експлуатації пакувань. Проаналізовано міжнародні та національні нормативні підходи до регулювання складу пакувальних матеріалів і друкарських фарб (регламенти ЄС, рекомендації EuPIA, практика Nestlé). Наведено приклади розрахунків часу дифузії для різних речовин залежно від їхньої молекулярної маси та структури пакувального матеріалу. Охарактеризовано потенційні ризики використання вододисперсійних флексографічних і олійних офсетних фарб, зокрема появу залишкового запаху, відшарування фарбового шару, а також міграцію хімічних сполук у продукт. Показано характеристики пластифікаторів і коалесцентів, які найбільш часто використовуються при виробництві друкарських фарб і зазначено їх можливості щодо леткості та міграції. Проведено модельний розрахунок впливу товщини картону і молекулярної маси пластифікатора і коалесцента на їх здатність до дифузії. Зокрема показано, що час дифузії поліетиленгліколя марки PEG-200 у середньому у 6,6 разів більший, ніж у бутилгліколю, а збільшення товщини картонного бар'єру додатково подовжує процес проникнення речовин. Для мінімізації небезпеки рекомендується застосування фарб зі зниженою міграційною здатністю, використання пластифікаторів з високою молекулярною масою, відмова від мінеральних олів на користь рослинних естерів, а також посилення контролю відповідно до вимог управління безпечністю харчових продуктів (HACCP). У цих рамках встановлено необхідність таких заходів, як прогнозування бар'єрних властивостей картону, шляхом врахування його товщини, контроль сушіння друкарських відбитків, дотримання умов зберігання майбутнього пакування тощо.

Ключові слова: харчові продукти, друкарська фарба, безпечність пакувань, кондитерські вироби.

PELYK LESYA

Lviv University of Trade and Economics

REPETA VIACHESLAV

Lviv Polytechnic National University

THE IMPACT OF PRINTING INKS ON THE SAFETY OF PACKAGING FOR FLOUR-BASED CONFECTIONERY PRODUCTS

The article addresses the problem of the impact of printing inks on the safety of paper and cardboard packaging for flour-based confectionery products. The potential migration of low-molecular-weight components of inks (coalescents, plasticizers, mineral oils, etc.) into food products during the storage and use of packaging was investigated. International and national regulatory approaches to controlling the composition of packaging materials and printing inks (EU regulations, EuPIA recommendations, Nestlé practices) were analyzed. Examples of diffusion time calculations for various substances are presented, depending on their molecular weight and the structure of the packaging material. The potential risks of using water-based flexographic inks and oil-based offset inks are characterized, including the occurrence of residual odor, delamination of the ink layer, and migration of chemical compounds into the product. Characteristics of plasticizers and coalescents most commonly used in the production of printing inks are provided, with emphasis on their volatility and migration potential. A model calculation of the influence of cardboard thickness and the molecular weight of plasticizers and coalescents on their diffusion ability was conducted. It was shown, in particular, that the diffusion time of polyethylene glycol PEG-200 is on average 6.6 times longer than that of butyl glycol, while an increase in cardboard barrier thickness additionally prolongs the penetration process. To minimize risks, the use of inks with reduced migration potential, plasticizers with high molecular weight, replacement of mineral oils with vegetable esters, and stricter control in accordance with food safety management requirements (HACCP) are recommended. Within this framework, the need for measures such as predicting the barrier properties of cardboard by accounting for its thickness, monitoring the drying of printed sheets, and adhering to appropriate storage conditions of the packaging has been established.

Keywords: food products, printing ink, packaging safety, confectionery products.

Стаття надійшла до редакції / Received 15.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 29.05.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасна харчова промисловість, зокрема виробництво кондитерських виробів, неможлива без використання пакувальних матеріалів, що забезпечують збереження якості та привабливий зовнішній вигляд продукції. Одним із важливих елементів пакування є наявність шару друкарської фарби, які

застосовуються для нанесення текстової та графічної інформації, брендування та створення маркетингової привабливості.

Разом з тим, друкарські фарби є складними багатокомпонентними системами, що містять природні і синтетичні плівкоутворювачі, розчинники, пігменти та інші допоміжні речовини. У випадку їх неповідного висихання або за недотримання технологічних режимів їх нанесення можливе явище міграції хімічних речовин з фарбового шару крізь пакувальний матеріал у харчовий продукт. Це становить потенційну небезпеку для здоров'я споживачів, особливо дітей, які є основною цільовою аудиторією багатьох кондитерських виробів.

Зазвичай на виробництві для паперового та картонного пакування борошняних кондитерських виробів найчастіше використовують флексографічні на водяній фарби і олійні (аркушеві) офсетні фарби. Для зниження ризиків міграції та забезпечення відповідності законодавчим нормам необхідним є впровадження системи контролю безпечності продукції, так як контроль безпечності друкарських фарб та пакувальних матеріалів для кондитерських виробів є невід'ємною складовою сучасної системи управління якістю та безпечністю харчових продуктів (НАССР), що дозволяє не лише виконати регуляторні вимоги, але й гарантувати високу якість та безпечність готової продукції для кінцевого споживача. Серед низки заходів система включає оцінку складу фарб і контроль технологічних параметрів друку та твердіння друкарських фарб.

Аналіз досліджень та публікацій

У технологічному процесі друку та виготовлення пакувань, а також під час їх експлуатації можливі такі варіанти міграції компонентів друкарської фарби: контакт лицьової та зворотної сторін відбитків, випаровування та дифузія [1]. Регулювання використання матеріалів, призначених для прямого та непрямого контакту з харчовою продукцією, здійснюється низкою міжнародних та національних нормативних документів. Першим значущим документом у цій сфері став Регламент ЄС 2004 року, який закріпив вимоги до безпеки пакувальних матеріалів та компонентів друкарських фарб. Компанія Nestle виділяється як лідер у практичному впровадженні стандартів безпечності пакувань та контролі складових фарб [2]. Для підтримки поліграфічного виробництва практичними рекомендаціями щодо застосування хімічних компонентів керується асоціація EuPIA (European Printing Ink Association) [3], забезпечуючи відповідність виробництву актуальним нормам безпеки.

У роботі [4] розглянуто проблему потенційної небезпеки поліграфічних УФ-фарб із радикальним механізмом фотоініційованої полімеризації під час друку та експлуатації пакувань для харчової та фармацевтичної продукції. Автори проаналізували фактори, що призводять до відмови від використання певних типів олігомерів, мономерів і фотоініціаторів при створенні УФ-фарб. Зокрема, звернено увагу на те, що непрореаговані залишки компонентів можуть дифундувати й мігрувати з матеріалу пакування, а їхня токсична чи канцерогенна дія на живі організми залежить від хімічної структури відповідних сполук.

Міграцію нових офсетних фарб із низьким рівнем міграції, розроблених на основі естеру жирної кислоти досліджено у роботі [5]. При цьому випробування за DIN EN 14338:2003 із використанням імітатора Tenax® та харчових продуктів (м'ясо, шоколад, кондитерські вироби) підтвердили міграцію розчинника. Рівні забруднення становили 5-80 мкг/кг, при цьому значення в харчових зразках були нижчими, ніж при симуляції.

У дослідженні [6] проаналізовано, як ароматичні вуглеводні мінеральних олій (МОАН) можуть переходити з картонного пакування у сухі харчові продукти. Як модель використали 16 різних сполук із різними розмірами та структурами молекул. Дослідження показали, що міграція сильно залежить від леткості сполук, харчової матриці, температури та часу контакту. Найбільш леткі та важкі молекули мігрували по-різному, що має значення для оцінки безпечності пакувань.

Необхідність впровадження системи управління безпекою харчових продуктів обґрунтовано у статті [7], адже зазначена система допоможе запобігти потраплянню небезпечних харчових продуктів до споживача, а також харчовим отруєнням.

Формулювання цілей статті

Метою статті є дослідження проблеми застосування друкарських фарб для виробництва паперового та картонного пакування, яке використовується для пакування борошняних кондитерських виробів. Саме відповідність встановленим вимогам складу друкарських фарб та експлуатаційні параметри пакувань і визначають необхідність даного дослідження.

Виклад основного матеріалу

Якщо говорити про компонентний склад друкарських фарб, то застосовані в'язучі речовини являють собою висомолекулярні сполуки природного або штучного походження, які утворюють полімерну фарбову плівку і не здатні до міграції. Загалом, слід зазначити, що далі йде мова про друкарські фарби, які не призначені для прямого контакту з харчовими продуктами. Іншими компонентами друкарських фарб на водяній основі є низькомолекулярні сполуки: амоній, коалесценти, пластифікатори, поверхнево-активні речовини і розчинники. Якщо амоній і розчинники при дотриманні режиму сушіння у процесі друкування можна видалити, то коалесценти і пластифікатори, концентрація яких у фарбі становить близько 5%, у фарбових полімерних дисперсіях не утворюють міцних зв'язків із частинками полімеру та залишаються "вільними" всередині плівки, тобто можуть

дифундувати назовні. Папір і картон, як пористі пакувальні матеріали, можуть забезпечити тільки короточасне сповільнення дифузії через збільшення шляху проходження молекул низькомолекулярних сполук. У таблиці 1 наведені деякі типи коалесцентів і пластифікаторів, які використовуються для виробництва флексографічних фарб на водяній основі.

Таблиця 1

Характеристика коалесцентів і пластифікаторів для фарб на водяній основі

№	Речовина	Молекулярна маса, г/моль	Характеристика
Коалесцент			
1	Бутилгліколь	118	Низькомолекулярний, добре розчиняється у воді, висока міграційна здатність
2	Бутил-ацетат	116	Леткий, мігрує у харчові продукти при контакті
3	Пропіленглікольметилетерацетат	132	Висока леткість, середня міграція
4	Дипропіленгліколь	134	Менш леткий, міграція обмежена
Пластифікатор			
5	Гліцерол	~92	Плинність, стабілізація дисперсії, висока міграційна здатність
6	Сорбітол	~182	Плинність, зволожувач, стабілізатор, середня міграційна здатність
7	n-пропіл лактат	~118	Покращення адгезії, пластифікація, висока міграційна здатність
8	Поліетиленгліколь (PEG 200–400)	200–400	Еластичність, контроль тріщиноутворення, низька міграційна здатність
9	Поліетиленгліколь (PEG 1000–1500)	1000–1500	Еластичність, стабільність фарби, низька міграційна здатність

У таблиці 2 показано результати модельного розрахунку впливу молекулярної маси і товщини картону на час дифузії бутилгліколя і поліетиленгліколя 200 (PEG 200). За основу для розрахунків взято пакувальний картон з товщиною 330 і 500 мкм. Коефіцієнти дифузії були розраховані шляхом інтерполяції даних за результатами дослідження дифузії низькомолекулярних речовин [8]. Час проникнення рідин через картон визначали за рівнянням Ейнштейна-Смолуховського [9].

Таблиця 2

Час дифузії бутилгліколя і поліетиленгліколя 200 через картон різної товщини

Речовина	D, м²/с	Час дифузії через картон	
		Товщина, 330 мкм	Товщина, 500 мкм
Бутилгліколь	$5,94 \times 10^{-13}$	50,9 год. = 2,1 днів	116,9 год. = 4,9 днів
PEG-200	$9,04 \times 10^{-14}$	334,6 год. = 13,9 днів	768,1 год. = 32,0 днів

Розрахунки (табл. 2) наочно показали, що час дифузії залежить як від молекулярної маси речовини, так і від товщини пакувального матеріалу. Для бутилгліколю, який має меншу молекулярну масу та вищий коефіцієнт дифузії, проникнення через картон відбувається значно швидше: близько 51 години для товщини 330 мкм та майже 117 годин (приблизно 5 діб) для товщини 500 мкм. Натомість для PEG-200, молекулярна маса якого є вищою, а коефіцієнт дифузії нижчим, міграція відбувається набагато повільніше: понад 334 години (майже 14 діб) для картону товщиною 330 мкм та понад 768 годин (близько 32 діб) для картону 500 мкм. Таким чином, зі збільшенням молекулярної маси коалесцента і пластифікатора час міграції різко зростає, а додаткова товщина картонного бар'єру ще більше подовжує цей процес.

Якщо говорити про традиційні офсетні аркушеві фарби, то їх основою є рослинні і мінеральні оливи. Серед інших компонентів фарби слід відмітити сикативи, які вводяться у композицію як солі у нафтових фракціях. Якщо рослинні оливи і смоли на їх основі разом з сикативами відповідають за проходження кисневої полімеризації фарбового шару, то мінеральні оливи (які є основним джерелом залишкового запаху) відповідають за першочергове закріплення нанесеного шару на відбитку за рахунок швидкого вбирання у пори картону чи паперу. При певних умовах експлуатації пакувань (температури, товщини матеріалу) такі компоненти можуть проникнути всередину матеріалу пакування і вступити в контакт зі вмістом. Основним рішенням при вироніцтві фарб зі зниженим залишковим запахом є заміна і зведення до мінімуму вмісту мінеральних олив [9]. Відомі розробки, у

яких використовують невисихаючі соєву, рисову, пальмову олив та естерів на їх основі, водонерозчинні естери полікарбованої кислоти з одноавтомними спиртами, у яких присутні не менше чотирьох атомів вуглецю (бутанол, трет-бутанол, пентанол, гексанол тощо) [10, 11]. Відповідно такими заходами і досягається мінімізація запаху друкованого пакування.

Враховуючи вище вказані проблеми на кожному виробництві харчової продукції, зокрема, які використовують картонне і паперове пакування слід проводити низку заходів, які зазначені у таблиці 3.

Таблиця 3

**Заходи щодо контролю безпечності друкарських фарб
для пакувань кондитерських виробів**

Тип фарб	Потенційна небезпека	Контроль	Коригувальна дія
Вододисперсійні флексографічні фарби	Можлива міграція коалесцентів, пластифікаторів, аміаку; залишковий запах; відшарування фарбового шару при високій вологості	Перевірка сертифікатів від постачальника і виробника фарби; Тест на запах та адгезію шару фарби; Контроль вологості та умов сушіння	Коригування параметрів сушіння; Заміна фарб низькоміграційні; Зміна умов зберігання (температура, вологість); Застосування картону відповідної товщини.
Олійні офсетні фарби	Залишковий запах і міграція мінеральних олив у харчовий продукт при зберіганні	Перевірка сертифікатів від постачальника і виробника фарби Періодичний лабораторний аналіз на вміст мінеральних олив Контроль умов зберігання готової упаковки	Перехід на рослинно-олійні фарби; Зміна умов зберігання (температура, вологість); Застосування картону відповідної товщини.

Зведені у таблиці 3 заходи показують, що для забезпечення друкованих пакувань для кондитерських виробів необхідно контролювати потенційні ризики, пов'язані з їх міграцією та залишковим запахом. Вододисперсійні флексографічні фарби можуть містити коалесценти, пластифікатори та аміак, тому проводять перевірку сертифікатів, тести на запах, а також контролюють умови сушіння і зберігання тощо. Олійні офсетні фарби також можуть залишати запах і мігрувати у харчові продукти, тому також підлягають відповідному контролю. Офсетні фарби на основі рослинних олив та естерів на їх основі, у контексті їх компонентного складу, є більш прогнозованими.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує, що друкарські фарби, які застосовуються для виготовлення паперових і картонних пакувань борошняних кондитерських виробів, можуть становити потенційну загрозу безпечності харчових продуктів через міграцію низькомолекулярних компонентів. Показано, що молекулярна маса цих сполук є визначальним фактором, який впливає на швидкість та інтенсивність їхньої дифузії: чим нижча молекулярна маса, тим вищим є ризик проникнення у харчовий продукт. Модельний розрахунок часу дифузії бутилгліколю та поліетиленгліколю (PEG-200) через картон різної товщини підтвердив, що для низькомолекулярних сполук процес проникнення може тривати кілька днів, тоді як для речовин із більшою молекулярною масою цей час зростає у декілька разів. Це свідчить про доцільність використання математичного моделювання як інструмента прогнозування міграційної здатності компонентів фарб та оптимізації вибору пакувальних матеріалів. Для мінімізації небезпеки рекомендується застосування фарб зі зниженою міграційною здатністю, використання пластифікаторів з високою молекулярною масою, відмова від мінеральних олив на користь рослинних ефірів, а також посилення контролю відповідно до вимог системи НАССР.

Перспективи подальших досліджень є вивчення комбінованого впливу складу фарби, структури пакувальних матеріалів, удосконаленні багатошарових матеріалів з підвищеним бар'єрним ефектом та дотримання умов зберігання продукції, що дозволить сформувати науково обґрунтовані рекомендації для виробників пакувань та харчової продукції.

Література

1. INX International Ink Co. Low Migration Inks Coatings for Packaging Applications. – P. 2–3.
2. Nestle. Guidance Note on Packaging Inks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://napimtech.org/Regulatory/GetFileByNamePublic?name=nestle-guidance-note-on-packaging-inks-version.pdf>

3. EuPIA. Guideline on Printing Inks applied to Food Contact Materials. – May, 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.eupia.org/wp-content/uploads/2023/06/2023-05-18_EuPIA-Guideline-on-Printing-Inks-applied-to-Food-Contact-Materials.pdf
4. Repeta, V., Zhydetskyi, V., Cherednichenko, O., Liakh, I. Modeling with fuzzy logic the migration capacity of UV-ink components as a factor of potentially harmful pollution of packaging // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2021. – Vol. 2853 : *Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security with CEUR-WS* (Khmelnitskyi, Ukraine, March 24–26, 2021). – C. 83–89.
5. Richter, T., Gude, T., Simat, T. J. Migration of novel offset printing inks from cardboard packaging into food // *Food Additives & Contaminants Part A*. – 2009. – Vol. 26, № 12. – C. 1574–1580.
6. Roy, A. S., Bhattacharjee, M., Mondal, R., Ghosh, S. Development of mineral oil free offset printing ink using vegetable oil esters // *J. Oleo Sci.* – 2007. – Vol. 56, № 12. – C. 623–628. – doi: 10.5650/jos.56.623. – PMID: 17992002.
7. Лозова, Т. М. Застосування системи управління безпекою харчових продуктів (HACCP) [Електронний ресурс] // *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. – 2019. – Вип. 22. – С. 34–37. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vlteu_2019_22_8
8. Pocas, M. de F., Oliveira, J. C., Pereira, J. R., Brandsch, R., Hogg, T. Modelling migration from paper into a food simulant // *Food Control*. – 2011. – Vol. 22, № 2. – C. 303–312. – ISSN 0956-7135. – doi: 10.1016/j.foodcont.2010.07.028.
9. Flint Group. Flint Group removes mineral oil from Sheetfed Process Inks to support sustainability in Offset printing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imagingolution.in/flint-group-removes-mineral-oil-from-sheetfed-process-inks-to-support-sustainability-in-offset-printing/>
10. Miyamoto, S., Shimono, K. Molecular Modeling to Estimate the Diffusion Coefficients of Drugs and Other Small Molecules // *Molecules*. – 2020. – Vol. 25, № 22. – Article 5340. – doi: 10.3390/molecules25225340.
11. Patent US7833333B2. Low migration, low odor offset inks or varnishes. – Sun Chemical Corp. – Publ. 2008-01-31.

References

1. INX International Ink Co. (2024) *Low Migration Inks Coatings for Packaging Applications*, pp. 2–3.
2. Nestle (2014) *Guidance Note on Packaging Inks*. Available at: <https://napimtech.org/Regulatory/GetFileByNamePublic?name=nestle-guidance-note-on-packaging-inks-version.pdf>
3. EuPIA (2023) *Guideline on Printing Inks applied to Food Contact Materials*. Available at: https://www.eupia.org/wp-content/uploads/2023/06/2023-05-18_EuPIA-Guideline-on-Printing-Inks-applied-to-Food-Contact-Materials.pdf
4. Repeta, V., Zhydetskyi, V., Cherednichenko, O. and Liakh, I. (2021) 'Modeling with fuzzy logic the migration capacity of UV-ink components as a factor of potentially harmful pollution of packaging', *CEUR Workshop Proceedings*, 2853, pp. 83–89.
5. Richter, T., Gude, T. and Simat, T.J. (2009) 'Migration of novel offset printing inks from cardboard packaging into food', *Food Additives & Contaminants: Part A*, 26(12), pp. 1574–1580.
6. Roy, A.S., Bhattacharjee, M., Mondal, R. and Ghosh, S. (2007) 'Development of mineral oil free offset printing ink using vegetable oil esters', *Journal of Oleo Science*, 56(12), pp. 623–628. doi:10.5650/jos.56.623. PMID: 17992002.
7. Lozova, T.M. (2019) 'Zastosuvannya systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv (HACCP)', *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 22, pp. 34–37. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vlteu_2019_22_8
8. Pocas, M. de F., Oliveira, J.C., Pereira, J.R., Brandsch, R. and Hogg, T. (2011) 'Modelling migration from paper into a food simulant', *Food Control*, 22(2), pp. 303–312. doi:10.1016/j.foodcont.2010.07.028.
9. Flint Group (n.d.) *Flint Group removes mineral oil from Sheetfed Process Inks to support sustainability in Offset printing*. Available at: <https://imagingolution.in/flint-group-removes-mineral-oil-from-sheetfed-process-inks-to-support-sustainability-in-offset-printing/>
10. Miyamoto, S. and Shimono, K. (2020) 'Molecular Modeling to Estimate the Diffusion Coefficients of Drugs and Other Small Molecules', *Molecules*, 25(22), Article 5340. doi:10.3390/molecules25225340.
11. Sun Chemical Corp. (2008) *Patent US7833333B2. Low migration, low odor offset inks or varnishes*. Publ. 31 January 2008.