

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2026.1.3>Received: 17.03.2026
Revised: 08.04.2026
Accepted: 23.04.2026

УДК 628.35:678.012

Олена ЩЕНКО, Дарія КУЧИНСЬКА, Роман МОСКАЛЬ
Київський національний університет технологій та дизайну, Україна**АЕРОБНА БІОРОЗКЛАДНІСТЬ ПЛІВКОВИХ
ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КРОХМАЛЮ
ТА ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ЯК ЕКОЛОГІЧНО
БЕЗПЕЧНОЇ АЛЬТЕРНАТИВИ ДЛЯ ПАКУВАЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

Мета. Метою роботи є експериментальне визначення ступеня кінцевої аеробної біологічної розкладності плівкового полімерного матеріалу на основі суміші крохмалю та полівінілового спирту (ПВС) у масовому співвідношенні 25:75 у водному середовищі методом закритого респірометра відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14851:1999.

Методика. Дослідження проводились методом закритого манометричного респірометра Sapromat D12 (Voith, Німеччина) відповідно до ISO 14851:1999 (EN ISO 14851:2004). Загальна тривалість тесту - 99 діб; аналіз проводиться на проміжному етапі (43-тя доба). Реакційні флакони об'ємом 510 мл з об'ємом рідкої фази 164 мл інкубувались при температурі 30°C та атмосферному тиску 1010 гПа. Активний мул міської станції біологічного очищення стічних вод використали як інокулюм. Тест включав 12 флаконів: 2 контрольних (бланк, F₂), 2 флакони з еталонним матеріалом (мікрокристалічна целюлоза, F₃), 8 дослідних флаконів із тестовим матеріалом (F₉). Теоретичну потребу в кисні (ThOD) розраховували з елементного складу компонентів за формулою, наведеною у Додатку А до ISO 14851:1999.

Результати. Розраховані значення ThOD: для крохмалю (C₆H₁₀O₅)_n – 1185 мг/г, для ПВС (C₂H₄O)_n – 1818 мг/г, для суміші 25:75 – 1660 мг/г. Середнє значення для бланку на 43-ту добу склало 8,3 мг/л, що є прийнятним відповідно до вимог п. 10 стандарту. Еталонний матеріал (целюлоза) показав ступінь біорозкладності 61–68%, що підтверджує валідність тесту. Тестовий матеріал (крохмаль/ПВС 25:75) продемонстрував ступінь аеробної біодеградації від 38,4% до 55,7% для основної групи зразків (флакони 5, 6, 9–12). Лаг-фаза для тестового матеріалу становила близько 1,4 доби, що суттєво коротше порівняно з целюлозою (~7–8 діб).

Наукова новизна. Вперше виконано кількісну оцінку аеробної біорозкладності плівкового полімерного матеріалу на основі суміші крохмаль/ПВС 25:75 методом закритого респірометра (ISO 14851) у повному 99-добовому тесті. Визначено кінетичні характеристики біодеградації, зокрема тривалість лаг-фази, фази інтенсивної деградації та плато для кожного типу зразків.

Практична значимість. Отримані дані підтверджують суттєвий рівень аеробної біорозкладності матеріалу на основі суміші крохмаль/ПВС, що обґрунтовує перспективність його застосування як екологічно безпечного пакувального матеріалу відповідно до вимог сучасного екологічного законодавства Європейського Союзу та принципів циркулярної економіки.

Ключові слова: аеробна біорозкладність; крохмаль; полівініловий спирт; закритий респірометр; ISO 14851; пакувальні матеріали.

Вступ. Щорічно у світі виробляється понад 430 млн тонн пластику, близько двох третин якого після першого використання стає відходами. Пакувальна галузь залишається найбільшим споживачем синтетичних полімерів – переважно поліетилену (ПЕ), поліпропілену (ПП), полістиролу (ПС) та полівінілхлориду (ПВХ). Ці матеріали практично не піддаються аеробному мікробному розкладанню в природних умовах, накопичуючись у навколишньому середовищі на сотні років [1, 2].

На тлі зростаючого регуляторного тиску – зокрема Директиви ЄС 2019/904 щодо одноразових пластиків та Регламенту (ЄС) 2022/1616 про вимоги до пакувальних матеріалів – у промисловому та науковому середовищі різко зріс інтерес до біорозкладних пакувальних матеріалів [3, 4]. Одним із найперспективніших напрямів є розробка полімерних композитів

на основі натуральних та синтетичних полімерів, зокрема крохмалю та полівінілового спирту (ПВС) [5].

Крохмаль є одним з найпоширеніших природних полімерів і легко піддається мікробній деградації завдяки наявності α -глікозидних зв'язків [6]. Проте у чистому вигляді крохмальні плівки мають недостатню механічну міцність та підвищену гігроскопічність. Введення ПВС у полімерну матрицю значно покращує фізико-механічні властивості матеріалу – міцність на розрив, еластичність та бар'єрні характеристики при збереженні певного рівня біорозкладності [7, 8]. Питання про реальний ступінь аеробної біорозкладності таких композитів у водному середовищі потребує стандартизованих кількісних досліджень.

Метод закритого респірометра (ISO 14851:1999) серед методів кількісної оцінки біорозкладності пластиків є одним з найбільш інформативних: він дозволяє безперервно реєструвати споживання кисню мікроорганізмами в аеробних умовах і на цій основі розраховувати ступінь мінералізації тестованого матеріалу [9]. Метод широко застосовується для оцінки компостованих і водорозчинних полімерів та прийнятий як нормативний у країнах ЄС і Японії [10].

Незважаючи на значну кількість публікацій щодо фізико-механічних властивостей плівок крохмаль/ПВС, результати стандартизованих 99-добових випробувань їх аеробної біорозкладності методом закритого респірометра у відкритій літературі практично відсутні. Більшість доступних даних стосується методів ґрунтової інкубації або скорочених протоколів [5-8]. Це зумовлює актуальність проведення повноцінного випробування за ISO 14851 і виявляє наукову прогалину, якій присвячена дана стаття.

Постановка завдання. Метою статті є визначення ступеня кінцевої аеробної біорозкладності плівкового матеріалу на основі суміші крохмаль/ПВС у масовому співвідношенні 25:75 за результатами 43-добового (проміжного) відрізка 99-добового стандартного тесту методом закритого респірометра відповідно до ISO 14851:1999, а також: розрахунок теоретичної потреби в кисні (ThOD) для компонентів суміші та їх поєднання; оцінка кінетики біодеградації (лаг-фази, активної деградації та плато); верифікація тесту за еталонним матеріалом; аналіз відтворюваності результатів між паралельними зразками.

Результати дослідження.

Умови проведення тесту. Тест проводився з використанням закритого манометричного респірометра Sapromat D12 (Voith, Німеччина) з автоматичною реєстрацією споживання кисню. Основні параметри тестування наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Умови та параметри проведення респірометричного тесту (ISO 14851:1999)

Параметр	Значення
Метод	Закритий манометричний респірометр
Стандарт	ISO 14851:1999 / EN ISO 14851:2004
Дата початку / стану	21.02.2024 / 05.04.2024 (43-тя доба)
Загальна тривалість тесту	99 діб
Температура інкубації	30 ± 1 °C
Атмосферний тиск	1010 гПа
Об'єм флакона / рідкої фази	510 / 164 мл
Вимірювальний діапазон приладу	413 мг/л
Кількість флаконів (бланк / целюлоза / зразок)	2 / 2 / 8
Розчин інокулу	Активний мул міської станції очищення стічних вод
Еталонний матеріал	Мікрокристалічна целюлоза (F ₃)

Розрахунок теоретичної потреби в кисні (ThOD). ThOD розраховувався за формулою (1) Додатку А до ISO 14851:1999 для речовини $C_hH_nCl_lN_nS_pNa_{na}O$ з молярною масою M_r :

$$\text{ThOD} = 16 \times [2c + 0,5(h - cl - 3n) + 3s + 2,5p + 0,5na - o] / M_r, \quad (1)$$

де c, h, o, n, s, p, na, cl – кількість атомів відповідних елементів у формулі речовини;
 M_r – молярна маса (г/моль).

Для крохмалю $(C_6H_{10}O_5)_n$ ($M_r = 162$ г/моль; $c = 6, h = 10, o = 5$):

$$\text{ThOD}_{\text{mknah} \leftarrow \text{nonna}} = 16 \times [2 \times 6 + 0,5 \times 10 - 5] / 162 = 1185 \text{ мг/г.}$$

Для полівінілового спирту $(C_2H_4O)_n$ ($M_r = 44$ г/моль; $c = 2, h = 4, o = 1$):

$$\text{ThOD}_{\text{PV}} = 16 \times [2 \times 2 + 0,5 \times 4 - 1] / 44 = 1818 \text{ мг/г.}$$

Для суміші крохмаль/ПВС у масовому співвідношенні 25:75:

$$\text{ThOD}_{\text{nt}}^{\text{cl}} = 0,25 \times 1185 + 0,75 \times 1818 = 1660 \text{ мг/г.}$$

Розраховані значення ThOD узагальнено в табл. 2.

Таблиця 2

Теоретична потреба в кисні (ThOD) для компонентів та суміші

Матеріал	Молекулярна формула	M_r , г/моль	ThOD, мг/г	Частка у суміші
Крохмаль	$(C_6H_{10}O_5)_n$	162	1 185	25%
Полівініловий спирт (ПВС)	$(C_2H_4O)_n$	44	1 818	75%
Суміш крохмаль/ПВС 25:75	–	–	1 660	100%

Кінетика споживання кисню. Криві кінетики біохімічного споживання кисню (БСК) для усіх флаконів наведено на рис. 1. Кількість вимірювань – 159; інтервал реєстрації – 396 хв (~6,6 год).

Тест включав 12 флаконів трьох типів: бланк (F_2 , флакони 1–2) – лише мінеральне середовище з інокулом без тестового матеріалу; еталонний матеріал (F_3 , флакони 3–4) – мікрокристалічна целюлоза в мінеральному середовищі з інокулом; тестовий матеріал (F_9 , флакони 5–12) – суміш крохмаль/ПВС у масовому співвідношенні 25:75 у мінеральному середовищі з інокулом.

Бланк (F_2). Середнє значення БСК у флаконах-бланках на кінець 43-добового спостереження склало 8,3 мг/л (флакон 1 – 4,5 мг/л, флакон 2 – 12,2 мг/л). Відповідно до вимог п. 10 ISO 14851:1999, це значення є прийнятним (не перевищує допустиму верхню межу для інокулу з концентрацією 30 мг/л сухої речовини – близько 60 мг/л). Споживання кисню бланком відображає ендогенне дихання мікроорганізмів і використовується для поправки при розрахунку BOD_s .

Еталонний матеріал – целюлоза (F_3). Флакони 3 та 4 з еталонним матеріалом показали чітко виражену S-подібну криву біодеградації: незначне споживання кисню протягом 7–8 діб (lag-фаза), потім різке зростання БСК з ~27-ї доби до ~35-ї доби (фаза активної деградації) та фазу плато (стабілізація на рівні 440–490 мг/л). Подібна кінетика є типовою для целюлози в присутності адаптованого активного мулу [9, 10].

Тестовий матеріал – суміш крохмаль/ПВС (F_9). Основна група флаконів (5, 6, 9–12) демонструє значно коротшу lag-фазу (~1,4 доби) порівняно з еталонною целюлозою, що свідчить про легкодоступність субстрату для мікроорганізмів, насамперед завдяки крохмальній компоненті. Впродовж 5-10-тої доби споживання кисню досягало 300–500 мг/л, а до 30-ї доби більшість флаконів вийшла на фазу плато.

Флакони 7 та 8 показали аномальну кінетику: флакон 7 – різке початкове зростання БСК до 179 мг/л за перші 2,5 доби із подальшим зниженням до рівня 60–110 мг/л; флакон 8 – зростання до 350 мг/л (до 22-ї доби) із подальшим зниженням до ~220 мг/л. Оскільки зафіксовані БСК є кумулятивними і фізично не можуть зменшуватись у закритій системі без зовнішнього впливу, вірогідними причинами аномалії є мікротечії у з'єднаннях флакону або нестабільність роботи манометричної головки. Ці флакони виключені з розрахунку середнього ступеня біодеградації.

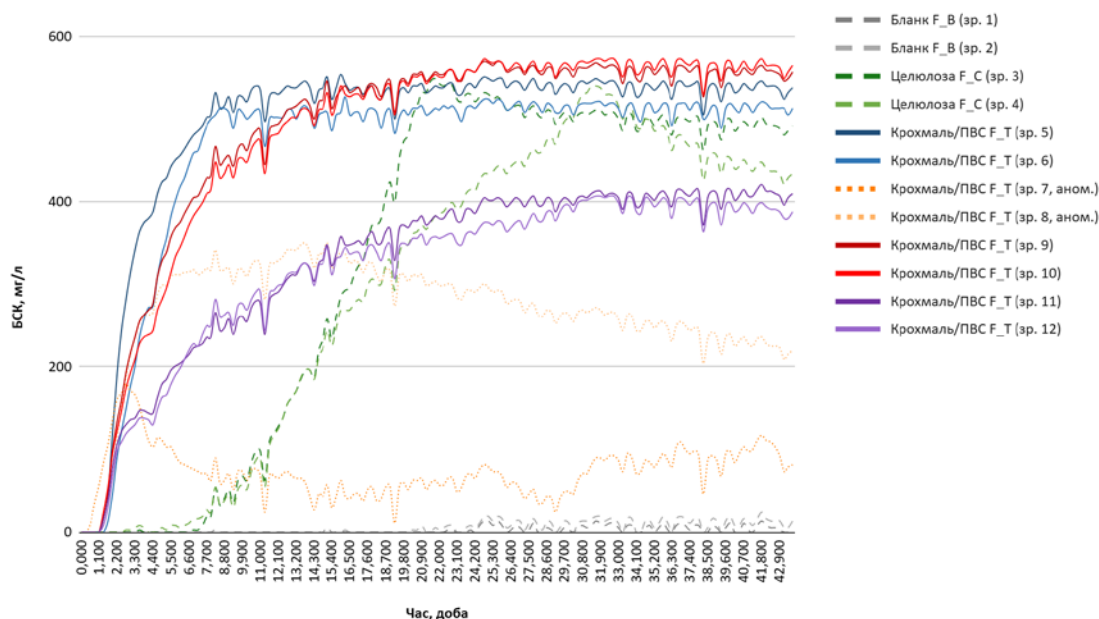


Рис. 1. Кінетичні криві споживання кисню (БСК, мг/л) у флаконах з тестовим матеріалом (крохмаль/ПВС 25:75, F₉), еталонною целюлозою (F₃) та бланком (F₂) за 43-добовий період спостереження (ISO 14851:1999)

Розрахунок ступеня біодеградації. Ступінь аеробної біорозкладності D_t розраховується відповідно до рівнянь (2) та (3) ISO 14851:1999:

$$BOD_s = (BOD_t - BODB) / \rho_t^c, \quad (2)$$

$$D_t = (BOD_s / ThOD) \times 100\%, \quad (3)$$

де BOD_s – питоме БСК тестового матеріалу (мг O_2 / мг матеріалу); BOD_t – БСК у флаконі F₉ на момент t , мг/л; $BODB$ – БСК бланку F₂ на той самий момент, мг/л; ρ_t^c – концентрація тестового матеріалу у реакційному флаконі за органічним вуглецем, мг/л; $ThOD$ – теоретична потреба в кисні, мг/г.

Концентрацію тестового матеріалу у флаконах (600 мг/л за органічним вуглецем) визначено розрахунковим методом на підставі поведінки еталонного матеріалу (целюлоза, $ThOD = 1185$ мг/г) за умови $D_0 \sim 65\%$.

Підставляючи значення для 43-ї доби тесту, отримано результати, наведені у табл. 3.

Для основної групи валідних зразків тестового матеріалу (флакони 5, 6, 9–12) середній ступінь аеробної біорозкладності на 43-тю добу склав 48,8% (діапазон: 38,4–55,7%). Оскільки тест не завершено (залишається ще 56 діб), кінцеве значення може перевищити отримані проміжні показники. Ступінь біодеградації еталонного матеріалу (целюлоза, F₃) склав 61–68%, що задовольняє критерій валідності тесту за п. 10 стандарту ISO 14851:1999 (вимога: $D \geq 60\%$).

Характерною особливістю кінетики тестового матеріалу є коротка lag-фаза (~1,4 доби) порівняно з целюлозою (~7–8 діб). Це підтверджує, що крохмальна складова суміші є легкодоступним субстратом для мікробного консорціуму активного мулу. ПВС-матриця, попри більш складну структуру, також піддається аеробній деградації завдяки специфічним ферментам (ПВА-оксидазам та вторинним спиртовим дегідрогеназам бактерій роду *Pseudomonas*, *Bacillus* та ін.) [7, 8].

Таблиця 3

Результати розрахунку ступеня аеробної біорозкладності (43-тя доба)

Флакони №	Роль у тесті	Плато БСК, мг/л	BOD ₁ (скор.), мг/л	BOD _s , мг/мг	D _t , %
1	Бланк (F ₂)	4,5	–	–	–
2	Бланк (F ₂)	12,2	–	–	–
3	Целюлоза (F ₃)	491,8	483,5	0,806	68,0
4	Целюлоза (F ₃)	442,4	434,0	0,723	61,0
5	Крохмаль/ПВС (F ₉)	537,0	528,7	0,881	53,1
6	Крохмаль/ПВС (F ₉)	512,2	503,9	0,840	50,6
7	Крохмаль/ПВС (F ₉)*	94,2	85,8	0,143	8,6*
8	Крохмаль/ПВС (F ₉)*	228,1	219,8	0,366	22,1*
9	Крохмаль/ПВС (F ₉)	556,0	547,7	0,913	55,0
10	Крохмаль/ПВС (F ₉)	562,9	554,6	0,924	55,7
11	Крохмаль/ПВС (F ₉)	408,8	400,4	0,667	40,2
12	Крохмаль/ПВС (F ₉)	390,9	382,6	0,638	38,4

* Флакони 7 та 8 виключено з розрахунку середнього значення внаслідок аномальної кінетики (ймовірна нецільність з'єднань або несправність манометричної головки).

Розбіжність між результатами флаконів однієї серії (наприклад, 5 та 6: D = 53,1% і 50,6%; 9 та 10: 55,0% і 55,7%) є незначною та знаходиться в межах природної варіабельності, характерної для тестів *in vitro* з використанням живих мікробних культур. Відносне стандартне відхилення між парами флаконів не перевищує 3%.

Висновки. У роботі проведено проміжну (43-тя доба з 99) кількісну оцінку аеробної біорозкладності плівкового полімерного матеріалу на основі суміші крохмаль/ПВС 25:75 методом закритого респірометра відповідно до ISO 14851:1999. Отримано такі основні результати:

1. Розраховані теоретичні потреби в кисні: ThOD(крохмаль) = 1185 мг/г, ThOD(ПВС) = 1 818 мг/г, ThOD(суміш 25:75) = 1660 мг/г.

2. Тест є валідним: ступінь біодеградації еталонної целюлози сягнув 61–68% (норма ≥ 60%), а БСК бланку залишилося в допустимих межах (8,3 мг/л).

3. Для основної групи валідних зразків тестового матеріалу (флакони 5, 6, 9–12) ступінь аеробної біодеградації суміші крохмаль/ПВС на 43-ту добу склав у середньому 48,8% (38,4–55,7%), що свідчить про суттєву біорозкладність матеріалу. Два зразки з тестовим матеріалом (флакони № 7 та № 8) виключені з аналізу через аномальну кінетику, ймовірно, спричинену несправністю обладнання.

4. Lag-фаза для тестового матеріалу (~1,4 доби) є значно коротшою порівняно з целюлозою (~7–8 діб), що підтверджує інтенсивне початкове мікробне засвоєння крохмальної складової.

5. Отримані результати науково обґрунтовують екологічну безпечність матеріалу на основі крохмаль/ПВС 25:75 з позиції аеробної біорозкладності та підтверджують перспективність його використання як пакувального матеріалу зниженого екологічного навантаження відповідно до вимог ЄС щодо сталого пакування.

Перспективами подальших досліджень є: завершення повного 99-добового тесту та визначення кінцевого ступеня мінералізації; розрахунок балансу вуглецю за методологією Додатку Е до ISO 14851; дослідження біодеградації при варіюванні температури та складу інокулу; оцінка механічних властивостей плівки після часткової деградації.

References

Література

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), Art. e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
- European Commission (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Brussels. COM(2018)28 final.
- Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. *Official Journal of the EU*. 2019. L 155, p. 1–19.
- Regulation (EU) 2022/1616 of the European Parliament and of the Council on recycled plastic materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the EU*. 2022. L 243.
- Pelissari, F. M., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2011). Extrusion parameters related to starch/chitosan active films properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(4), 702–710. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02533.x>.
- Tang, X., & Alavi, S. (2011). Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 7–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.030>.
- Chiellini, E., Corti, A., D'Antone, S., & Solaro, R. (2003). Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. *Progress in Polymer Science*, 28(6), 963–1014. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0079-6700\(02\)00149-1](https://doi.org/10.1016/s0079-6700(02)00149-1).
- Wang, J. L., Cheng, F., & Zhu, P. X. (2014). Structure and properties of urea-plasticized starch films with different urea contents. *Carbohydrate polymers*, 101, 1109–1115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.050>.
- ISO 14851:1999. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium – Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer. Geneva: ISO. 25 p.
- EN ISO 14851:2004. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium – Method by measuring the

oxygen demand in a closed respirometer. Brussels: CEN.

11. Żuchowska, D., Steller, R., & Meissner, W. (1998). Structure and properties of degradable polyolefin-starch blends. *Polymer Degradation and Stability*, 60(2–3), 471–480. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0141-3910\(97\)00110-9](https://doi.org/10.1016/s0141-3910(97)00110-9).

12. Kumar, A., Saranyadevi, S., Selva Kumar, T., Neupane, S., Pawde, S. V., Liu, S., Ali, S., & Wei, S. (2025). Starch based biodegradable packaging systems and their interactions with food components, shelf-life implications: a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, (13), 101067. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2025.101067>.

oxygen demand in a closed respirometer. Brussels: CEN, 2004.

11. Zuchowska D., Steller R., Meissner W. Structure and properties of degradable polyolefin–starch blends. *Polymer Degradation and Stability*. 1998. Vol. 60. P. 471–480. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0141-3910\(97\)00110-9](https://doi.org/10.1016/s0141-3910(97)00110-9).

12. Kumar A., Saranyadevi S., Selva Kumar T., Neupane S., Pawde S. V., Liu S., Ali S., Wei S. Starch based biodegradable packaging systems and their interactions with food components, shelf-life implications: a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 2025. Vol.13. Art. 101067. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2025.101067>.

ISHCHENKO OLENA

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Industrial Pharmacy,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-9510-6005>

Scopus Author ID: 57200013816

Researcher ID: GYV-0809-2022

E-mail: ishhenko.ov@knuud.edu.ua

KUCHYNSKA DARIA

PhD, Senior Researcher,
Department of Industrial Pharmacy,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0007-5928-6639>

Scopus Author ID: 59897040200

E-mail: kuchynska.da@knuud.edu.ua

MOSKAL ROMAN

Postgraduate Student,
Department of Chemical Technologies and Resource Saving,
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0006-1004-5917>

E-mail: roma.moskal95@gmail.com

Olena ISHCHENKO, Daria KUCHYNSKA, Roman MOSKAL

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

AEROBIC BIODEGRADABILITY OF FILM POLYMER MATERIALS BASED ON STARCH AND POLYVINYL ALCOHOL AS AN ECO-FRIENDLY ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL PACKAGING MATERIALS

Purpose. The aim of this study is the experimental determination of the degree of ultimate aerobic biodegradability of a film polymer material based on a starch/polyvinyl alcohol (PVA) blend in a 25:75 mass ratio in an aqueous medium, using the closed respirometer method in accordance with the requirements of international standard ISO 14851:1999.

Methodology. The study was conducted using a closed manometric respirometer Sapromat D12 (Voith, Germany) in accordance with ISO 14851:1999 (EN ISO 14851:2004). The total test duration was 99 days; interim analysis was performed at day 43. Reaction vessels of 510 mL with a liquid phase volume of 164 mL were incubated at 30°C and an atmospheric pressure of 1010 hPa. Activated sludge from a municipal biological wastewater treatment plant served as the inoculum. The test comprised 12 vessels: 2 control vessels (blank, F₂), 2 vessels with reference material (microcrystalline cellulose, F₃), and 8 test vessels containing the test material (F₉). The theoretical oxygen demand (ThOD) was calculated from the elemental composition of the components using the formula provided in Annex A of ISO 14851:1999.

Findings. The calculated ThOD values were as follows: for starch (C₆H₁₀O₅)_n – 1185 mg/g; for PVA (C₂H₄O)_n – 1818 mg/g; and for the 25:75 blend – 1660 mg/g. The mean blank value at day 43 was 8.3 mg/L, which is acceptable in accordance with the requirements of Clause 10 of the standard. The reference material

(cellulose) exhibited a biodegradability degree of 61–68%, confirming the validity of the test. The test material (starch/PVA 25:75) demonstrated a degree of aerobic biodegradation ranging from 38.4% to 55.7% for the primary sample group (vessels 5, 6, 9–12). The lag phase for the test material was approximately 1.4 days, which is substantially shorter than that observed for cellulose (~7–8 days).

Originality. For the first time, a quantitative assessment of the aerobic biodegradability of a film polymer material based on a starch/PVA 25:75 blend has been performed using the closed respirometer method (ISO 14851) in a complete 99-day test. The biodegradation kinetics characteristics were established, including the duration of the lag phase, the active degradation phase, and the plateau phase for each sample type.

Practical value. The data obtained confirm a substantial level of aerobic biodegradability of the starch/PVA blend-based material, which substantiates the potential of its application as an environmentally safe packaging material in accordance with the principles of the circular economy and the requirements of current European Union environmental legislation.

Keywords: aerobic biodegradability; starch; polyvinyl alcohol; closed respirometer; ISO 14851; packaging materials.