

Н. Б. Семенюк, Г. Д. Дудок, Х. В. Кисіль, Т. В. Скорохода, Ю. О. Парфьонов
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології і переробки пластмас
nataliia.b.semeniuk@lpnu.ua

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ГЛІЦЕРИНОМ ПОЛЛАКТИДНИХ ПЛІВОК

<https://doi.org/10.23939/ctas2022.01.199>

Досліджено структуру та властивості модифікованих полілактидних плівок, придатних для використання як пакувальні матеріали та для ламінування паперу. Здійснено модифікування полілактидів різного ступеня кристалічності гліцерином. Досліджено вплив умов формування плівок, кількості пластифікатора гліцерину, природи полілактиду на структуру, морфологію поверхні й фізико-механічні властивості модифікованих полілактидних матеріалів. Модифіковані плівкові матеріали можна рекомендувати для застосування у пакувальній індустрії та ламінуванні паперу.

Ключові слова: полілактид; модифіковані плівки; гліцерин; хлороформ; композити.

Вступ

Покриття і плівкові матеріали на основі полілактидів (ПЛА) ефективно використовуються у харчовій промисловості, пакувальній індустрії та ламінуванні паперу, сільському господарстві, медицині, біотехнології тощо. Такі матеріали належать до біодеградабельних полімерів, які здатні розкладатись в умовах навколишнього середовища упродовж невеликого часу.

Однак не завжди ПЛА характеризуються властивостями, які задовольняють усі необхідні технологічні та експлуатаційні вимоги до них. Властивості ПЛА можна покращити або взагалі змінити за допомогою створення полімерних сумішей або застосування різних наповнювачів. Ефективним способом покращення механічних властивостей, зміни реологічних та теплових показників є створення композитів ПЛА із наповнювачами різної природи. Як наповнювачі використовують нанорозмірні частинки різної природи (графен [1], нанокристали та нановолокна целюлози [2], монтморилоніт [3], гідроксіапатит [4], біоактивне скло [5] тощо), й утворюються (нано)композити із кращими властивостями порівняно зі звичайними полімерними матеріалами внаслідок кращої адгезії між полімерною матрицею і наповнювачем та більшою площею поверхні розділу фаз.

Для зміни властивостей полілактиду можна використовувати добавки (пластифікатори, модифікатори) [6]. Після введення до ПЛА пластифікаторів (низькомолекулярний поліетиленгліколь [7], лактидний мономер, естери, цитрати, зокрема ацетилтрибутилцитрат та триетилцитрат [8]) спостерігається незначне покращення гнучкості та пластичної деформації полілактиду, але істотно погіршуються модуль пружності та міцність під час розтягування.

Модифікатори використовують для підвищення ударної в'язкості полілактиду, але водночас може погіршуватись здатність ПЛА до компостування [9]. Представниками хімічних модифікаторів є ангідриди [10], епоксиди [11], діізоціанати [12] тощо. Їхні функційні групи здатні реагувати з гідроксильними та карбоксильними групами полілактиду із розгалуженням або розширенням ланцюга. У результаті збільшується молекулярна маса ПЛА і зростає в'язкість розплаву [13].

Змінити та/або покращити властивості полілактиду можна за допомогою змішування його з іншими полімерами. Так можна змінити технологічні, теплофізичні та реологічні властивості ПЛА.

Змішуючи ПЛА із полігідроксіалканом, можна істотно покращити такі показники, як модуль пружності та ударна міцність, не погіршуючи екологічних показників ПЛА. Якщо ж змішати ПЛА з полікапролактоном, то

можна покращити міцнісні характеристики полілактиду [14].

Під час змішування полікапролактону із ПЛА можливе макрофазове розділення через погану адгезію між двома полімерами. Через це механічні властивості суміші можуть погіршуватись. Тому для поліпшення адгезії до суміші вводять поліізоціанат. Із введенням поліізоціанату до суміші збільшуються її міцність та модуль пружності, температура склування зростає, а швидкість кристалізації зменшується [15].

Для покращення властивостей полілактид змішують із термопластичним крохмалем, попередньо модифікувавши його малеїновим ангідридом. Утворюються суміші з підвищеною еластичністю [16].

Покращити властивості ПЛА також можливо за допомогою змішування його з 1,4-дисполізопреном, основним компонентом натурального каучуку, у кількості 5 % мас. Суміш проявляє вищу пластичність, збільшується ударна міцність та міцність на розрив до 80 % [17].

Тому дослідження модифікації ПЛА, зокрема фізичної, які пов'язані із введенням до полімеру пластифікатора, є актуальними. **Мета роботи** – здійснити модифікацію полілактидних плівкових матеріалів гліцерином і дослідити структуру та властивості модифікованих матеріалів. Такі матеріали мають перспективу застосування для пакувальної індустрії та ламінування паперу.

Матеріали та методи досліджень

Для досліджень використано полілактиди марок INGEO 3001D, INGEO 2500HP, Luminy LX175, а також гліцерин і розчинники хлороформ, дихлоретан, діоксан марки ХЧ.

5 % розчини ПЛА у хлороформі готували у скляних бюксах із пришліфованими кришками, перемішуючи протягом 2–4 год за кімнатної температури. Як розчинники для порівняння використовували дихлоретан, діоксан. До одержаних розчинів додавали гліцерин у кількості від 5 до 20 мас. % і перемішували ще 5 хв. Формування плівок на основі ПЛА різної природи, зокрема аморфного полі-D,L-лактиду Luminy LX 175, аморфно-кристалічного полі-L-лактиду INGEO 2500HP та 96 % полі-L-лактиду INGEO 3001 D, здійснено методом поливу із розчину, який

полягає у нанесенні розчину на скляну поверхню, вирівнювання за допомогою спеціального аплікатора і випаровування з нього основної маси розчинника за різних температур (18–50°C) у повітряному термостаті за неоднакової тривалості процесу [18]. Товщину отриманих плівок регулювали, змінюючи кількості та концентрації формувального розчину. Термооброблення плівок здійснювали у сухоповітряному термостаті за температури 110 °C протягом 5 хв.

ІЧ-спектри реєстрували на спектрометрі Thermo Nicolet Nexus 870 (Медісон, США), оснащеному охолодженим азотом телуридкадмій-ртутним детектором.

Морфологію плівок вивчали за допомогою сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) Vega Plus TS 5135. Зразок покривали тонким шаром вуглецю за допомогою пристрою вакуумного випаровування JEE-4C (JEOL, Японія), щоб мінімізувати зарядження електронно-променевим зарядом і пошкодження зразка.

Термогравіметричний аналіз (TGA) виконували за допомогою аналізатора PerkinElmer TGA7 (Норуолк, США) на повітрі в інтервалі температур від 35 °C до 500 °C. Швидкість нагрівання 5 °C/хв.

Фізико-механічні властивості плівок досліджували на розривній машині RT-602 згідно із ГОСТ 14236. Для випробувань готували зразки плівок без дефектів прямокутної форми завдовжки 95 мм і завширшки 15 мм.

Результати досліджень та їх обговорення

Структура плівкового полімеру дуже чутлива до властивостей полімерних розчинів, з яких формується плівка. Попередньо дослідивши процес розчинення полімерів, з метою одержання вихідних робочих розчинів для формування ПЛА плівок як ефективний розчинник був вибраний хлороформ [18].

Для спрямованого впливу на властивості полілактидних плівкових матеріалів, їх структуру і морфологію здійснено модифікування ПЛА гліцерином у кількості 5–20 мас. %, а також термообробленням одержаних полілактидних матеріалів.

Плівки з полі-L-лактиду INGEO 2500HP, а також його суміші з гліцерином досліджено методом ІЧ-спектроскопії.

Структура та властивості модифікованих гліцирином полілактидних плівок

Для полілактиду характерні смуги поглинання з найбільшою інтенсивністю в області $1050\text{--}1200\text{ см}^{-1}$, які належать валентним коливанням – симетричним і асиметричним – естерної групи ($-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$) (рис. 1). Також на ІЧ-спектрах зразків плівок полі-L-лактиду INGEO 2500HP наявні смуги поглинання, що відповідають валентним симетричним і асиметричним коливанням таких зв'язків, як $\text{C}-\text{H}$ в області $2900\text{--}3100\text{ см}^{-1}$, та коливанням $-\text{CH}$, $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$ груп в

областях $1380\text{--}1400\text{ см}^{-1}$ і $1450\text{--}1470\text{ см}^{-1}$. Крім того, підтверджено наявність смуг поглинання в області 1750 см^{-1} , що відповідає $-\text{O}-\text{C}=\text{O}$ групи ПЛА. Зауважимо, що для ПЛА, який зазнав впливу термооброблення за температури $110\text{ }^\circ\text{C}$, не спостерігається зсуву інтенсивності коливань цієї смуги порівняно із вихідним полілактидом.

Спектри сумішей полілактиду із гліцирином підтверджують наявність $-\text{OH}$ групи в області $3100\text{--}3450\text{ см}^{-1}$ (рис. 2).

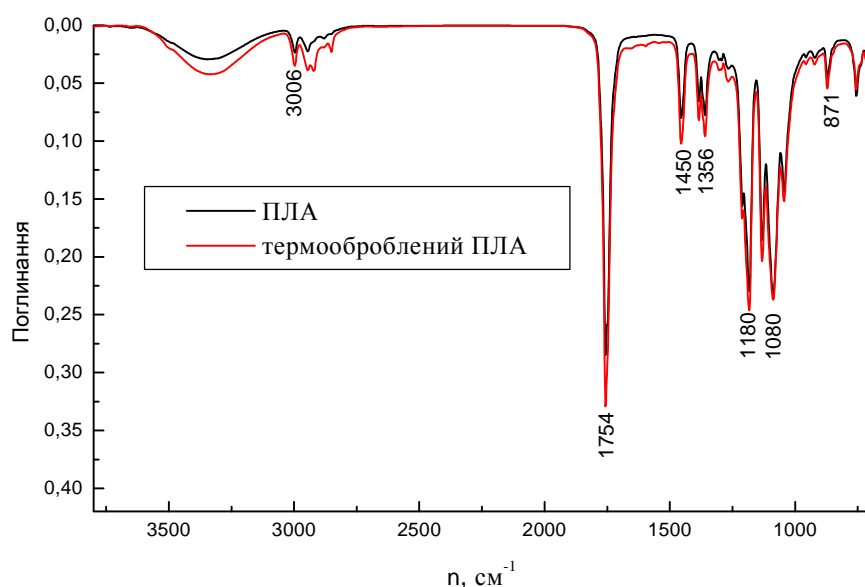


Рис. 1. ІЧ-спектри поглинання плівок на основі сумішей ПЛА Ingeo 2500 HP з гліцирином (5 мас. %), одержаних за температури $50\text{ }^\circ\text{C}$: без термооброблення та із термообробленням за $110\text{ }^\circ\text{C}$

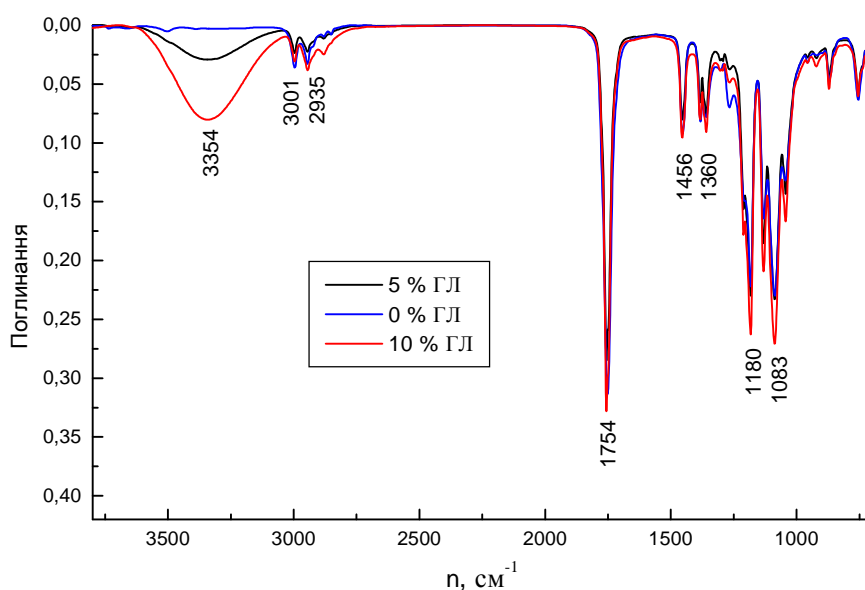


Рис. 2. ІЧ-спектри поглинання плівок на основі сумішей ПЛА Ingeo 2500 HP із гліцирином (ГЛ), одержаних за температури $50\text{ }^\circ\text{C}$

Досліджено вплив складу суміші ПЛА із гліцерином на поверхневу морфологію плівок, отриманих із 5 % розчинів ПЛА у хлороформі (рис. 3). На мікрофотографії плівки з ПЛА Luminy LX175 (рис. 3, п. 1) видно невеликі утворення різної форми, частково сферичної, із паралельною орієнтацією.

Полілактидні плівки, одержані у присутності 10 мас. % гліцерину (рис. 3, п. 3), мають пористу структуру із середнім розміром пор 0,5 мкм. Такий характер морфології не є типовим для плівок із полімерних сумішей, в яких одна із фаз є неперервною, а інша утворює дисперсну фазу. Під час випаровування розчинника відбувається кристалізація ПЛА з подальшим утворенням пор у структурі композиту. Якщо зменшувати концентрацію гліцерину в суміші, порис-

тість практично не виражена і зосереджується переважно в приповерхневих областях плівки, де кристалізація завершується швидше.

Досліджено теплофізичні властивості плівок на основі ПЛА. Маса аналізованих зразків коливалася від 5 до 10 мг. Визначено температуру, з якої розпочалася термічна деструкція (T_d), і зміну маси як функцію температури. Отримані диференціальні термогравіметричні криві (ДТГ) використовували для визначення температури, за якої деструкція була максимальною ($T_{d,мак.}$).

На рис. 4 подано криві ТГА та їх похідні для ПЛА матеріалів. Ці криві показують зміну маси (%) та похідної від втрати маси (ДТГА) як функції температури. Усі криві ТГ, наведені на цих рисунках, відображають втрату маси, пов'язану із процесом деструкції.

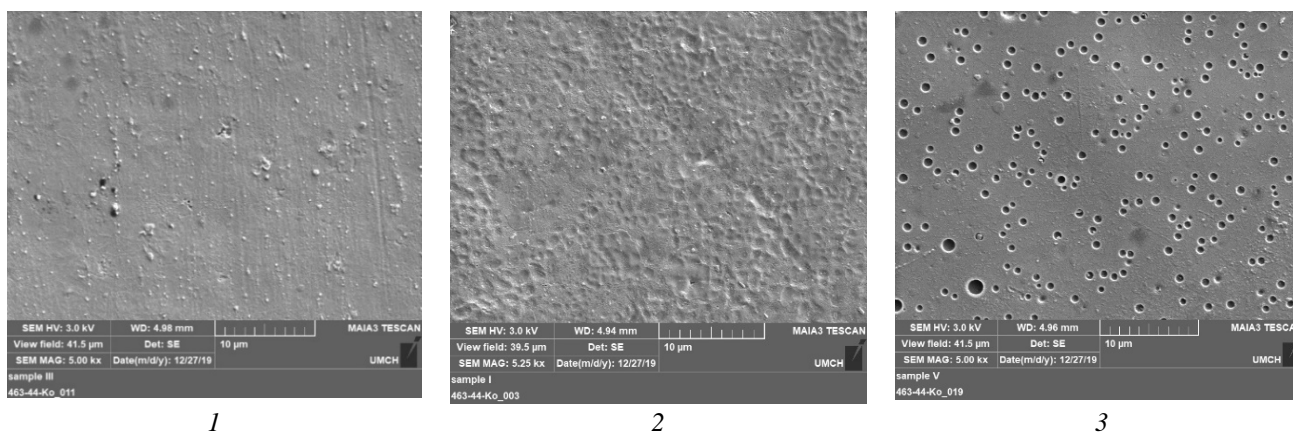


Рис. 3. SEM фотографії зразків плівок ПЛА Luminy LX175 із вмістом гліцерину, мас. %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10. Температура формування 50 °С

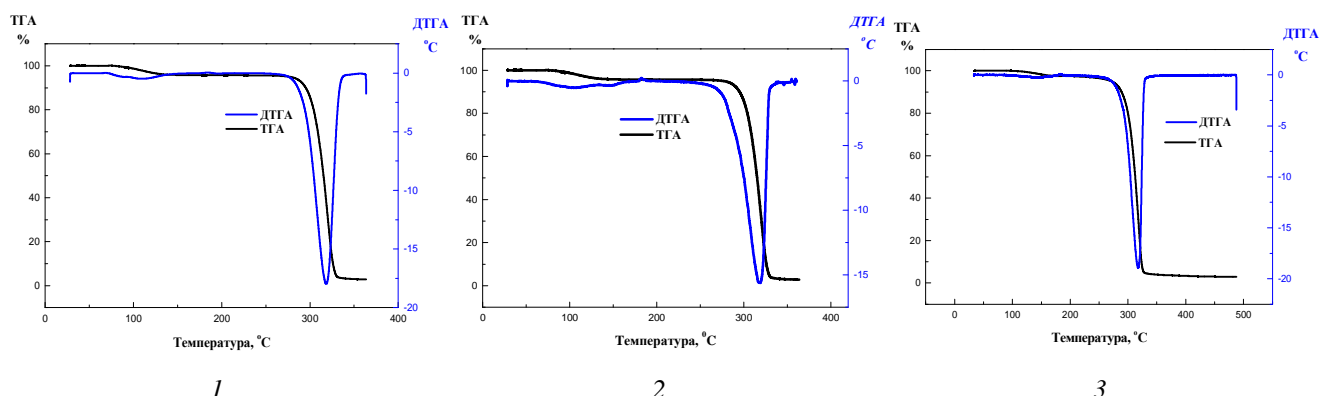


Рис. 4. ТГА та ДТГА криві плівок на основі суміші ПЛА Ingeo2500 HP з гліцерином (0 мас. %) (1), (5 мас. %) (2, 3); 3 – термооброблена плівка

На першій стадії термолізу відбувається плавлення ПЛА. Цей процес супроводжується

появою незначного ендотермічного ефекту на кривій ДТГА із максимумом T_{nl} за температури

без втрати маси. На температуру плавлення впливає концентрація гліцерину в сумішах і процес термооброблення плівок.

Результати аналізів ТГ для ПЛА плівок подано в табл. 1. Значення $T_{он}$ і $T_{ок}$ (температури,

за яких втрата маси відповідно починається і закінчується) отримано із кривих ТГ разом з результатами для $T_{омак}$ (температура максимальних втрат маси) для кривих ДТГ відповідних полімерних матеріалів.

Таблиця 1

Теплофізичні властивості плівкових матеріалів на основі ПЛА та сумішей ПЛА

ПЛА	Гліцерин, мас. %	$T_{форм}$, °C	Втрата маси, %	$T_{пл}$, °C	$T_{он}$, °C	$T_{омак}$, °C	$T_{ок}$, °C
Luminy LX175	5	18	93	88	279	318	332
Ingeo 2500 HP	5	18	95	92	284	321	334
	0	50	96	105	283	318	332
	5	50	96	105	284	318	332
	5*	50	98	131	268	315	328
	10	50	90	142	262	308	325

* Плівкові матеріали на основі сумішей ПЛА, термооброблені за температури 110 °C

На другій стадії термолізу в зразках плівок починаються термоокисні та деструктивні процеси. Вони супроводжуються втратою маси зразка та появою екзотермічного ефекту на кривій ДТГА, з максимумом за $T_{омак}$. Менша втрата маси спостерігається у плівок на основі сумішей ПЛА Luminy LX175 з 5 мас. % гліцерину порівняно із плівками на основі сумішей ПЛА Ingeo 2500 HP. На втрату маси впливає і кількість пластифікатора гліцерину.

На третій стадії термолізу, в температурному інтервалі $T_{он}-T_{ок}$, в зразку відбуваються глибокі деструктивні процеси, які супроводжуються інтенсивною втратою маси зразка (98 %), появою глибокого ендотермічного ефекту на кривій ТГА. Збільшення кількості гліцерину в суміші ПЛА дещо зменшує максимальну температуру деструкції.

Отже, за даними термічного аналізу усі досліджені зразки на основі ПЛА та їх сумішей з гліцерином відзначаються високою теплостійкістю

та термостійкістю. Початок інтенсивної втрати маси зразків, спричиненої глибокими деструктивними та термоокисними процесами, зміщений в область високих температур (265 °C і вище).

Міцність плівок є характеристикою, що визначає можливість їх використання як пакувальних матеріалів або для ламінування паперу. Зміни міцності та видовження під час розриву композиційних матеріалів у разі зміни складу плівки надають інформацію про особливості морфології матеріалу.

Досліджено вплив умов формування плівок, кількості пластифікатора гліцерину, природи ПЛА на фізико-механічні властивості плівок.

Встановлено, що умови формування плівок, зокрема тривалість випаровування розчинника, незначно впливають на міцність під час розривання і не впливають на відносне видовження. Якщо як розчинник використати діоксан та дихлоретан, то формуються менш міцні плівки, порівняно із плівками з хлороформу (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність фізико-механічних властивостей плівок з ПЛА INGEО 2500HP від часу випаровування і природи розчинника (температура випаровування 50 °С)

Час випаровування розчинника, хв	Міцність під час розтягування, МПа	Відносне видовження під час розриву, %
15	17,6	3,1
30	20,2/6,6*/10,7**	3,1/3,1*/1,5**
60	22,5	3,1
120	21,7	3,1

* – Діоксан. ** – Дихлоретан; в інших випадках – хлороформ.

Під час формування плівок методом поливу з розчину на основі суміші ПЛА з пластифікатором можливе утворення гетерогенної структури, тому міцність плівок на їх основі визначається полімером, який утворює неперервну фазу. Встановлено, що збільшення кількості гліцерину призводить до зменшення міцності та незначного зростання еластичності плівок (табл. 3), що узгоджується із літературними даними щодо впливу пластифікатора на фізико-механічні властивості плівок [19].

Для встановлення впливу термооброблення на фізико-механічні властивості плівок на основі сумішей ПЛА здійснювали термічне оброблення плівки протягом 5 хв у повітряному термостаті за температури 120 °С. Встановлено, що міцність і відносне видовження під час розриву зростають зі збільшенням кількості гліцерину в розчині, із максимумом за вмісту гліцерину 10 мас. %. За

вмісту гліцерину 20 мас. % міцнісні характеристики дещо погіршуються (табл. 3). Термооброблення збільшує міцність плівок і практично не впливає на відносне видовження.

Фізико-механічні властивості плівок, які одержані методом поливу із розчинника, значною мірою залежать від природи ПЛА (табл. 4). Найміцніші плівки вдалося сформувати, використавши Luminy LX175, який є аморфним полілактидом, найменше значення міцності під час розтягування мали плівки, одержані з INGEО 3001D аморфно-кристалічної структури. Плівки з INGEО 3001D характеризуються найбільшим значенням відносного видовження. Вплив пластифікатора є аналогічним, як у попередніх дослідженнях, а саме додавання до композиції гліцерину в кількості 5 мас. % знижує міцність плівок, хоч еластичність плівок дещо зростає.

Таблиця 3

Залежність фізико-механічних властивостей плівок із сумішей ПЛА INGEО 2500HP з гліце­рином від концентрації гліцерину ($T_{\text{випар}} = 19$ °С)

Вміст гліцерину, %	Міцність під час розтягування, МПа	Відносне видовження під час розриву, %
0	-/12,9	-/4,4
5	17,4/18,3	4,6/6,7
10	15,6/45,5	6,9/6,7
20	11,1/13,3	9,2/6,7

Примітка. У знаменнику – для термооброблених плівок.

Фізико-механічні властивості плівок на основі ПЛА різної природи

Марка ПЛА	Міцність під час розтягування, МПа	Відносне видовження під час розриву, %
INGEO 2500HP	20,2/17,4	3,1/4,6
INGEO 3001D	10,6/7,5	6,1/9,2
Luminy LX175	26,7/14,3	4,6/4,6

Примітка. У знаменнику 5 мас. % гліцерину

На підставі досліджень деформаційно-міцнісних характеристик можна зробити висновок, що плівки на основі ПЛА та сумішей ПЛА із гліцерином мають доволі високі фізико-механічні характеристики, що зумовлює перспективу їх використання як матеріалів для ламінування і у пакувальній галузі.

Отже, можна зробити висновок, що зміною умов формування складом композиції та природою ПЛА можна спрямовано регулювати структуру і властивості плівок, які формуються методом поливу з розчину.

На підставі досліджень технологічних та експлуатаційних характеристик плівок на основі сумішей ПЛА із гліцерином їх можна рекомендувати для використання як матеріалів для ламінування і у пакувальній галузі.

Висновки

Досліджено особливості формування плівкових матеріалів на основі ПЛА різних марок та їх сумішей із гліцерином методом поливу. Виявлено морфологічні особливості полілактидних плівок залежно від кількості пластифікатора. Встановлено, що зразки на основі ПЛА та сумішей ПЛА з гліцерином характеризуються високою теплостійкістю та термостійкістю. Початок інтенсивної втрати маси зразків, спричиненої глибокими деструктивними та термоокисними процесами, зміщений в область високих температур (265 °C і вище).

Досліджено вплив умов формування плівок, кількості пластифікатора гліцерину, природи ПЛА на фізико-механічні властивості модифікованих полілактидних матеріалів. Найміцніші плівки вдалося сформувати, використавши ПЛА Luminy LX175.

References

1. Caminero, M. Á., Chacón, J. M., García-Plaza, E., Núñez, P. J., Reverte, J. M., Becar, J. P. (2019). Additive Manufacturing of PLA-Based Composites Using Fused Filament Fabrication: Effect of Graphene Nanoplatelet Reinforcement on Mechanical Properties, Dimensional Accuracy and Texture. *Polymers*, 11, 799. DOI: 10.3390/polym11050799.
2. Wei, L., Luo, S., McDonald, A. G., Agarwal, U. P., Hirth, K. C. et al. (2017). Preparation and Characterization of the Nanocomposites from Chemically Modified Nanocellulose and Poly(lactic acid). *Journal of Renewable Materials*, 5(5), 410–422. DOI: 10.7569/JRM.2017.634144.
3. Pham, Le T. P., Opaprakasit, P. (2020). Preparation of Polylactide/Modified Clay Bio-composites Employing Quaternized Chitosan-Modified Montmorillonite Clays for Use as Packaging Films. *Chemical Engineering Transactions*, 78, 115–120. DOI:10.3303/CET2078020.
4. Pande, A. M., Constantinescu, A., Radu, I. C., Miculescu, F., Ioan Voicu, S., Ciocan, L. T. (2020). Synthesis and Characterization of PLA-Micro-structured Hydroxyapatite Composite Films. *Materials*, 13, 274. DOI: 10.3390/ma13020274.
5. Liu, A., Hong, Z., Zhuang, X., Chen, X., Cui, Y., Liu, Y., Jing, X. (2008). Surface modification of bioactive glass nanoparticles and the mechanical and biological properties of poly(L-lactide) composites. *Acta Biomater*, 4(4), 1005. DOI: 10.1016/j.actbio.2008.02.013.
6. Li, D., Jiang, Y., Lv, S., Liu, X., Gu, J., Chen, Q., et al. (2018). Preparation of plasticized poly (lactic acid) and its influence on the properties of composite materials. *PLoS ONE*, 13(3), e0193520. DOI: 10.1371/journal.pone.0193520.
7. Chieng, B. W., Ibrahim, N. A., Yunus, W. M. Z. W. and Hussein, M. Z. (2013). Plasticized poly(lactic acid) with low molecular weight poly(ethylene glycol): Mechanical, thermal, and morphology properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(6), 4576–4580. DOI: 10.1002/app.397427.
8. Maiza, M., Benaniba, M. T., Quintard, G., Massardier-Nageotte, V. (2015). Biobased additive

- plasticizing Polylactic acid (PLA). *Polímeros*, 26(5), 581–590. DOI: 10.1590/0104-1428.1986.
9. Yu, L., Toikka, G., Dean, K., Bateman, S., Yuan, Q., Filippou, C., et al. (2013). Foaming Behaviour and Cell Structure of Poly(Lactic Acid) after Various Modifications. *Polymer International*, 62(5), 759–765. DOI: 10.1002/pi.4359.
10. Liu, J., Zhang, S., Zhang, L., & Yiqing, B. (2014). Preparation and rheological characterization of long chain branching polylactide. *Polymer*, 55, 2472–2480. DOI:10.1016/J.POLYMER.2014.02.024.
11. Corre, Y.-M.; Duchet, J.; Reignier, J.; Maazouz, A. (2011). Melt strengthening of poly (lactic acid) through reactive extrusion with epoxy-functionalized chains. *Rheologica Acta*, 50 (7-8), 613–629. DOI: 10.1007/s00397-011-0538-1.
12. Zhong, W., Ge, J., Gu, Z., Li, W., Chen, X., Zang, Y. and Yang, Y. (1999). Study on biodegradable polymer materials based on poly(lactic acid). I. Chain extending of low molecular weight poly(lactic acid) with methylenediphenyl diisocyanate. *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 2546–2551. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4628(19991205)74:10<2546::AID-APP24>3.0.CO;2-Z.
13. Liu, J., Lou, L., Yu, W., Liao, R., Li, R., Zhou, C. (2010). Long chain branching polylactide: Structures and properties. *Polymer*, 51, 5186–5197. DOI: 10.1016/j.polymer.2010.09.002.
14. Standau, T.; Zhao, C.; Murillo Castellón, S.; Bonten, C.; Altstädt, V. (2019). Chemical Modification and Foam Processing of Polylactide (PLA). *Polymers*, 11, 306. DOI:10.3390/polym11020306.
15. Tengfei, Sh., Mangeng, L., Liyan, L. (2013). Modification of the Properties of Polylactide/Polycaprolactone Blends by Incorporation of Blocked Polyisocyanate. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 50:5, 547–554.
16. Shakti, Ch., Raghu, N., Anand, R. (2021). Effect of maleic anhydride grafted polylactic acid concentration on mechanical and thermal properties of thermoplasticized starch filled polylactic acid blends. *Polymers and Polymer Composites*, 29 (9), S400–S410. DOI:10.1177%2F09673911211004194.
17. Kowalczyk, M., Piorkowska, E. (2012). Mechanisms of plastic deformation in biodegradable polylactide/poly(1,4-cis-isoprene) blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 124, 4579–4589. DOI: 10.1002/app.35489.
18. Semenyuk, N., Kysil, Kh., Shapoval, K., Dudok, G., Skorokhoda, V. (2021). Investigation of physical modification of poly(lactic acids). *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 4 (1), 198–205. DOI: 10.23939/ctas2021.01.198.
19. Rhim, J.-W., Mohanty, A. K., Singh, S. P. and Ng, P. K. W. (2006). Effect of the processing methods on the performance of polylactide films: Thermocompression versus solvent casting. *Journal of Applied Polymer Science*, 101, 3736–3742. DOI:10.1002/app.23403.

N. B. Semenyuk, G. D. Dudok, Kh. V. Kysil, T. V. Skorokhoda, Yu. O. Parfonov

Lviv Polytechnic National University,
Department of Chemical Technology and Plastics Processing
nataliia.b.semeniuk@lpnu.ua

STRUCTURE AND PROPERTIES OF GLYCERIN MODIFIED POLY(LACTIC ACIDS) FILMS

The structure and properties of modified poly(lactic acid) films suitable for use as packaging materials and paper lamination were studied. Modification of poly(lactic acid) of different degrees of crystallinity with glycerol was performed. The influence of film formation conditions, the amount of glycerin plasticizer, the nature of poly(lactic acid) on the structure, surface morphology and physical and mechanical properties of modified poly(lactic acid) materials was studied. Modified film materials can be recommended for use in the packaging industry and paper lamination.

Key words: poly(lactic acid); modified films; glycerol; chloroform; composites.