

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АНТИМІКОТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК
МОДИФІКОВАНИХ ЕКСТРАКТОМ ВЕРБИ**¹Івано-Франківський національний медичний університет (м. Івано-Франківськ, Україна)²Ліцей №5 м. Івано-Франківськ (м. Івано-Франківськ, Україна)

mkarpets1@gmail.com

Використання полімерних плівок у медицині є перспективним напрямком сьогодення. Серед широкого різноманіття полімерних матеріалів для виготовлення біосумісних полімерних плівок ми зупинили свій вибір на полівініловому спирті (ПВС), адже плівки виготовлені з нього є еластичними, гнучкими, міцними, біорозкладними. В якості зшиваючого агента використовували молочну кислоту, яка знижує рН середовища для знищення патогенних мікроорганізмів. Для надання плівці лікувальних властивостей застосовували спиртовий екстракт верби (*Salix sp.*), який володіє значними фармакологічними властивостями, а для нашого дослідження важливими є антимікробні та протигрибкові властивості. Оцінка якості полімерної основи залежить перш за все від мети, яку має забезпечувати лікарська плівка – забезпечення цілеспрямованої та пролонгованої дії лікарського засобу. Практичне застосування наших плівок – проти мікозів стоп, які є одними з найпоширеніших захворювань людей у світі, особливо ця проблема є актуальною для військовослужбовців. Мета: розробити технологію виготовлення біосумісних полімерних плівок з ПВС та спиртового екстракту верби з пролонгованою протигрибковою дією для лікування мікозів стоп. Об'єкт дослідження – дослідити фізико-хімічні та антимікробні властивості полімерної матриці. Полімерні плівки одержували методом поліконденсації лінійного полімеру просторовим зшиванням реакцією за функціональними групами різних природних компонентів, що приводить до утворення сітчатого полімеру, а наявність гідрофільних груп робить його здатним до поглинання великої кількості води, яку можна виявити показником ступеня набрякання. Мікробіологічне дослідження проводили методом дифузії в агар Kirby-Bauer. Аналіз експериментальних результатів виконано за допомогою непараметричного тесту Kruskal–Wallis. Одержані плівки добре поглинають вологу і їх можна використовувати проти мікозів стоп з пролонгованим ефектом дії.

Ключові слова: полімерні антимікозні плівки, протигрибкові властивості, екстракт верби, полівініловий спирт, молочна кислота.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконано в межах ініціативної теми без державної реєстрації.

Вступ.

Полімерні плівки є одним з найбільш популярних матеріалів у сучасному світі, завдяки своїй хімічній стабільності, міцності, низькій вартості [1]. Крім харчового та промислового пакування (приблизно 50% світового ринку), медична галузь має найвищі вимоги до полімерів (біосумісність, стерильність, гіпоалергенність) [2].

За основу плівки ми обрали полівініловий спирт, який є синтетичним полімером, тому він позбавлений багатьох недоліків біополімерів і має низку унікальних фізико-хімічних переваг. Полівініловий спирт (ПВС) легко піддається термопластичній переробці, хімічному або фізичному зшиванню, що дозволяє регулювати пористість плівки та швидкість її розчинення [3–6]. Крім того, його матриця ідеально підходить для включення будь-яких лікарських засобів [7–9]. Сам по собі ПВС є інертним. Він не стимулює регенерацію клітин і не пригнічує інфекції, тому його обов'язково потрібно комбінувати з антибіотиками, антисептиками, наночастинками срібла або природними лікарськими речовинами [10, 11]. ПВС є водорозчинним полімером, а в композиції із зшиваючими агентами, плівки стають стійкими і у воді не розкладаються протягом місяця. Таким зшиваючим агентом в нашій системі виступає молочна кислота. Завдяки

малим розмірам та високій полярності молекул, вона легко дифундує в полімер. Важлива її роль полягає у зниженні рН середовища, також вона пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів та грибів та виконує функції кератолітика. Вона є природним метаболітом людського організму та є біосумісною. Основним завданням нашого дослідження є створення екологічної, гнучкої плівки, яка володіє протимікробними властивостями проти мікозів стоп. Проблема грибового ураження стоп є актуальною у світі. За даними ВООЗ, кожний п'ятий житель Землі інфікований грибами, а кожний десятий має виражені клінічні прояви. Частота інфікованості населення європейських країн мікозами стоп становить 20–70% [12]. Особливого значення це питання набуває в контексті медичного забезпечення військовослужбовців: тривале носіння закритого взуття, підвищена вологість та постійне фізичне навантаження, створюють ідеальне середовище для розвитку патогенної мікрофлори, що робить військових однією з найбільш вразливих груп ризику.

Здорова шкіра людини має слабкокисло реакцію (рН=4,7–5,7), що забезпечується так званою кислотною мантією Маркіоніні [13]. При мікозах стоп цей бар'єр завжди зруйнований, а рН зміщений у лужний бік, що робить шкіру беззахисною [14]. Опортуністичні дріжджоподібні гриби (роду *Candida*), які є головними збудниками мікозів стоп, адаптовані до нейтрального або слабколужного середовища (рН 6,0–7,5). Саме такий рівень кислотності часто форму-

ється при тривалому носінні закритого взуття та розкладанні поту бактеріями [15].

Для надання плівці лікувальних властивостей, використовували спиртовий екстракт молодих гілочок верби. Вони багаті на природні саліцилати, флавоноїди та фенольні сполуки [16]. Вербу ще називають «природним аспірином». Якщо нанести на шкіру спиртову настойку, або інші відомі в фармації протигрибкові спреї, креми, то вони матимуть тимчасовий ефект, який потребує частого нанесення. Застосування екстракту у вигляді плівки має пролонгований ефект.

Вивільнення лікарських речовин з полімерної матриці – це складний фізико-хімічний процес. Коли така плівка контактує з поверхнею стопи, тоді відбуваються процеси набрякання, дифузії та розчинення.

Мета дослідження.

Розробити технологію виготовлення біосумісних полімерних плівок з ПВС та спиртового екстракту верби з пролонгованою протигрибковою дією для лікування мікозів стоп.

Об'єкт і методи дослідження.

Для дослідження використовували ПВС (В1-Н), молочну кислоту, як основу полімерної плівки із застосування методу термічної активації в мікрохвильовому полі для хімічного зшивання полімерних ланцюгів. Нагрівання проводили у делікатному імпульсному режимі (400 Вт) короткими циклами по 10–30 секунд з перервами.

Для формування стабільної еластичної структури плівки, яка б володіла протимікробними властивостями, до основи додавали спиртовий екстракт молодих пагонів верби. Для отримання робочого екстракту 2 г, ретельно подрібнених гілочок, розчиняли у 20 мл етилового спирту. Процес екстракції тривав упродовж 48 годин для досягнення максимального виходу біологічно активних речовин у розчин. Отриманий спиртовий екстракт додавали до попередньо підготовленої суміші полівінілового спирту, води та молочної кислоти, яка пройшла етап термічної активації в мікрохвильовому полі. Після ретельного гомогенізування суміш виливали на гідрофобну поверхню для формування рівномірного шару. Через 24 години у процесі випаровування розчинника формувалася еластична прозора плівка, яку надалі зберігали у герметичній упаковці.

Значення рівня рН є одним із критичних факторів при розробці та застосуванні антимікотичних препаратів. Водневий показник ми вимірювали переносним рН-метром (Hanna), занурюючи прилад у воду, в якій розчинялася плівка протягом 24 годин.

Противирибкову активність синтезованих плівок вивчали на 5 штаммах дріжджових і міцеліальних грибів. Використано культуру колекційного штамму *Candida albicans* ATCC 885-65 та клінічні штами *Candida tropicalis*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Geotrichum candidum*, *Aspergillus flavus* і *Aspergillus niger*, виділені від пацієнтів з опортуністичними мікозами ротової порожнини, респіраторного тракту та шкіри. Для

кожної тест-культури проведено 40 біохімічних тестів за допомогою системи VITEK 2 із використанням VITEK 2 YST ID card (Biomérieux, Франція). Тест-штами грибів культивували та підтримували на бульйоні YPD (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India) та агарі Сабуро (ТОВ «Фармактив», Україна).

Визначення протигрибкової активності плівок проводили методом дифузії в агар Kirby-Bauer. На поверхню агару Сабуро, рівномірно засіяного стандартизованими суспензіями тест-культур грибів (концентрації 1×10^6 КУО/мл) наносили диски діаметром $6,0 \pm 0,3$ мм, виготовлені із досліджуваних зразків плівок. Посіви інкубували впродовж доби у термостаті при температурі 37°C . Одержували цифрові зображення посівів на чашках, обробку яких здійснювали за допомогою програми UTHSCSA ImageTool 2.0. Визначали діаметри зон затримки росту мікроорганізмів навколо досліджуваних дисків. Для культур міцеліальних грибів результати експерименту фіксували тричі: через добу культивування в термостаті (оцінювали проростання спор) та після додаткової експозиції при кімнатній температурі впродовж 1 доби (міцеліальний ріст) та 3 діб (дозрівання повітряних спор).

Досліди з кожним мікробним штамом виконували тричі. Дані подано як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення (SD). Аналіз експериментальних результатів виконано за допомогою непараметричного тесту Kruskal–Wallis з пост-хок аналізом Данна (корекція Холма) у програмі R версії 4.5.1 (2025). Рівень значущості $p < 0,05$ вважався статистично значущим.

Результати дослідження та їх обговорення.

Визначення ступеня набрякання (α , %) проводили за загальноприйнятою методикою, згідно з якою наважку синтезованої плівки зважували на аналітичній вазі (m_0), занурювали у воду. Через певні проміжки часу наважки діставали з води, висушували фільтрувальним папером і зважували (m). Розрахунок проводили за формулою:

$$\alpha = (m - m_0) / m_0 \cdot 100\%$$

де m_0 – маса вихідного полімеру; m – маса полімеру, який набряк.

На рис. 1 представлено графік залежності ступеня набрякання полімерних плівок від часу. Як видно, з одержаних даних ступінь набрякання зростає протягом 3 годин, що зумовлено високою гідрофільністю матриці та дифузією молекул води у вільний об'єм між макромолекулярними ланцюгами полімеру, що

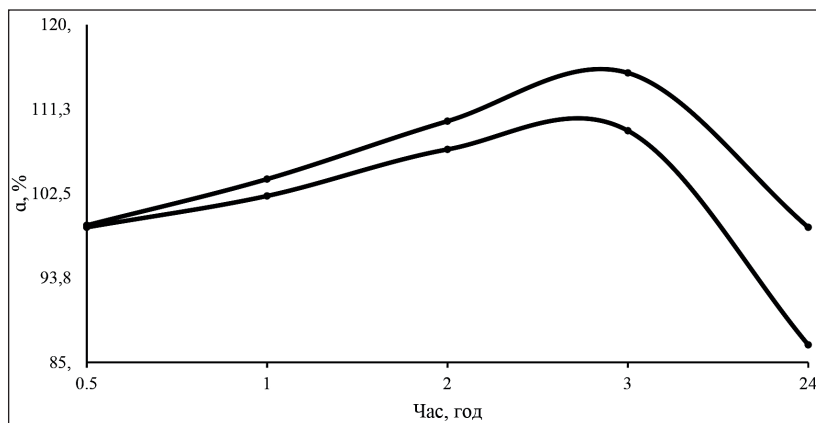


Рисунок 1 – Залежність ступеня набрякання від часу та складу плівки: 1 – основа, 2 – основа+екстракт верби.

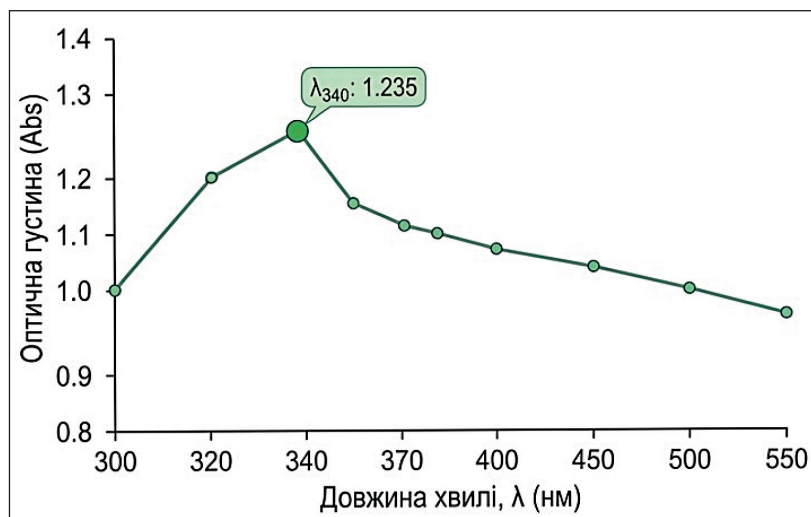


Рисунок 2 – Залежність оптичної густини розчину екстракту верби від довжини хвилі.

приводить до збільшення загальної маси зразка. Після досягнення 1 доби ступінь набрякання зменшується, що пов'язане із процесами часткової деструкції полімерної сітки.

Ступінь набрякання полімерної плівки з вербою менший у порівнянні з основою, тому що компоненти екстракту (особливо таніни та поліфеноли) утворюють міцну сітку водневих зв'язків із гідроксильними групами полівінілового спирту.

Використання наших лікувальних плівок дасть змогу знизити рН та інактивувати гриби. Значення рН полімерної плівки з основи 5,3; а з екстрактом верби становить 3,11. Плівка з фізіологічно оптимізованим кислим рН працює як екзогенний регулятор. Вона штучно повертає пошкоджену ділянку епідермісу до природного рівня кислотності.

Проведено спектрофотометричне дослідження спиртового екстракту верби при розведенні у воді за співвідношення 1:10 на спектрофотометрі Specord M 40 (рис. 2).

Як видно з одержаних даних, крива оптичної густини має максимум при довжині хвилі $\lambda=340$ нм. Пікове значення при $\lambda_{340}=1,235$ Abs використано як референсне для калібрування обладнання та подальшого кількісного визначення концентрації активних речовин у розведенні 1:10.

Під час дослідження ступеня набрякання, відбирали проби води, в якій були занурені плівки для визначення вивільнення лікарських речовин з плівок. Оскільки відомо, що настойка верби містить фенольні сполуки та флавоноїди, то для їх дослідження до 1 мл водного витягу додавали 2-3 краплі 1% розчину FeCl_3 . Одержали буро-зелене забарвлення розчину. Довжина хвилі 340 нм якраз відповідає зоні поглинання багатьох фенольних компонентів або флавоноїдних комплексів рослинних екстрактів, тому при цій довжині хвилі проводили дослідження відібраних проб.

Для оцінки пролонгованої дії синтезованої плівки було досліджено кінетику вивільнення фенольних сполук та флавоноїдів екстракту верби у водне середовище через певні проміжки часу. Результати занесено в таблицю.

У перші 30 хв спостерігаємо високе значення оптичної густини, що зумовлено вивільненням фенольних сполук з поверхні плівки. Потім відбувається зниження поглинання до мінімуму, що може бути пов'язане з набряканням полімерної матриці, після 3 годин починається дифузія активних речовин з внутрішніх шарів плівки. Отже, проведені дослідження підтверджують здатність до пролонгованої дії активних речовин екстракту верби.

Таблиця – Зміна оптичної густини (A_{340}) досліджуваних проб з часом

Номер проби	Час, год	Оптична густина
1	0,5	0,830
2	1	0,740
3	2	0,716
4	3	0,746
5	24	0,750

У результаті проведення мікробіологічних дослідження встановлено, що плівки виготовлені з основи проявляють антимікробні властивості проти грибів роду *Candida albicans* (зона затримки росту $21,11 \pm 0,54$ мм) та *Rhodotorula mucilaginosa* ($27,02 \pm 0,88$ мм). Плівки, які містять екстракт верби, проявляють протигрибковий ефект проти *Aspergillus flavus* (пророст спор $30,05 \pm 1,23$ мм та ріст міцелію $28,81 \pm 0,45$ мм, *Aspergillus niger* (пророст спор $39,7 \pm 0,49$ мм).

Розроблена композиція з екстрактом верби проявляє прямий фунгіцидний ефект проти дріжджових тест-культур (*Candida*, *Rhodotorula*) та потужний антиспоруляційний і бар'єрний ефект проти пліснявих штамів (*Aspergillus*).

Висновки.

Нами розроблено антимікотичні полімерні біосумісні плівки, на основі полімерів, що вже схвалені для використання в медицині з пролонгованим ефектом дії. Розраховано ступінь набрякання плівок. Встановлено, що синтезовані плівки добре поглинають вологу, що є важливим для сучасних матеріалів у лікуванні мікозів стоп. Доведено протимікробні властивості плівок відносно опортуністичних грибів.

Перспективи подальших досліджень.

Наступним етапом буде проведення дерматологічних досліджень для оцінки біосумісності та відсутності подразнювального ефекту на шкіру.

Література

- Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci Adv. 2017;3(7):e1700782. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Maitz MF. Applications of polymers for biomaterials. Biosurf Biotribol. 2015;1(3):161-176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bsbt.2015.08.002>
- Shekaryar H, Norouzbahari S. A review on versatile applications of polyvinyl alcohol thin films, specifically as sensor devices. Polym Eng Sci. 2024;64(2):455-468. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.26569>
- Tijani AT, Ayodele T, Liadi M, Sarker NC, Hammed A. Mechanical and thermal characteristics of films from glycerol mixed emulsified carnauba wax/polyvinyl alcohol. Polymers. 2024;16(21):3024. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16213024>

5. Teleky BE, Mitrea L, Plamada D, Nemes SA, Călinoiu LF, Pascuta MS, et al. Development of pectin and poly(vinyl alcohol)-based active packaging enriched with itaconic acid and apple pomace-derived antioxidants. *Antioxidants*. 2022;11(9):1729. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11091729>
6. Sreedevi T, Ducos F, George JS, Parameswaranpillai J, Bhanu AVA, Vahabi H, et al. Chemical and microstructure correlation towards optimisation of thermal behaviour of boric acid crosslinked PVA-cellulose nanofiber composite. *Polymer*. 2026;348:129654. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2026.129654>
7. Kenessova ZA, Mun GA, Urkimbayeva PI, Toktabayeva AK, Rakhmetullayeva RK, Yermukhambetova BB, et al. Development and characterization of polymer blends based on polyvinyl alcohol for application as pharmaceutical dosage form. *Polymers (Basel)*. 2025;17(16):2203. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym17162203>
8. Tazehabadi MJM, Ansari MA. Review of pH-responsive poly(vinyl alcohol)-poly(acrylic acid)-based hydrogels in colon-targeted drug delivery applications. *Ann Biomed Eng*. 2026;54(9):2873-2896. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10439-026-04017-9>
9. Protsiuk VV. Antifungal activity of 1-(4-r-phenyl)-3-((1h-[1,2,4]-triazole-5-yl)thio)pyrrolidine-2,5-diones against the main pathogens of opportunistic mycoses. *Art Med*. 2024;30(2):86-95. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2024.2.30.86>
10. Ayyanar CB, Jaibharathraj N, Prasaath KS, Bal T. Development and comprehensive evaluation of Centella asiatica loaded polyvinyl alcohol films for enhanced wound healing applications. *Mater Chem Phys*. 2026;354:132109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2026.132109>
11. Nandhini R, Karthick K, Sivasenthil E. Biogenic silver nanoparticles containing PVA/PEG film against antibacterial, antioxidant and cytotoxicity on human breast cancer cells. *J Chem Res*. 2026;50(1). DOI: <https://doi.org/10.1177/17475198251409911>
12. Chanyachailert P, Leeyaphan C, Bunyaratavej S. Cutaneous Fungal Infections Caused by Dermatophytes and Non-Dermatophytes: An Updated Comprehensive Review of Epidemiology, Clinical Presentations, and Diagnostic Testing. *J Fungi*. 2023;9(6):669. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof9060669>
13. Kumar P, Das A. Acid mantle: What we need to know. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2022;89(5):729-732. DOI: <https://doi.org/10.25259/ijdv.153.2022>
14. Cornet M, Gaillardin C. pH signaling in human fungal pathogens: a new target for antifungal strategies. *Eukaryot Cell*. 2014;13(3):342-352. DOI: <https://doi.org/10.1128/ec.00313-13>
15. Ciurea CN, Kosovski IB, Mare AD, Toma F, Pinte-Simon IA, Man A. Candida and candidiasis-opportunism versus pathogenicity: a review of the virulence traits. *Microorganisms*. 2020;8(6):857. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060857>
16. Tienaho J, Reshamwala D, Sarjala T, Kilpeläinen P, Liimatainen J, Dou J, et al. Salix spp. Bark Hot Water Extracts Show Antiviral, Antibacterial, and Antioxidant Activities-The Bioactive Properties of 16 Clones. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021;9:797939. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.797939>

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АНТИМІКОТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК МОДИФІКОВАНИХ ЕКСТРАКТОМ ВЕРБИ

Карпець М. В., Грейда О. В.

Резюме. Полімерні плівки є затребуваними в медицині завдяки біосумісності та стабільності. Актуальною проблемою є лікування мікозів стоп (уражено 20–70% населення Європи), особливо у військовослужбовців через тривале носіння закритого взуття. При мікозах природний кислий рН шкіри (4,7–5,7) зміщується у лужний бік, що сприяє розвитку грибів (зокрема *Candida*). Мета: розробити технологію виготовлення біосумісних полімерних плівок з ПВС та спиртового екстракту верби з пролонгованою протигрибковою дією для лікування мікозів стоп.

Основою плівки став полівініловий спирт (ПВС), як зшиваючий агент використано молочну кислоту. Хімічне зшивання ланцюгів здійснювали методом термічної активації в мікрохвильовому полі (імпульсний режим, 400 Вт). Для надання лікувальних властивостей додавали 10% спиртовий екстракт молодих пагонів верби (джерело саліцилатів і поліфенолів). Кінетику вивільнення речовин вивчали спектрофотометрично ($\lambda=340$ нм). Протигрибкову активність оцінювали методом дифузії в агар Kirby-Bauer на 5 штаммах дріжджових і міцеліальних грибів (*Candida*, *Rhodotorula*, *Geotrichum*, *Aspergillus*). Статистичний аналіз виконано за допомогою тесту Kruskal–Wallis в програмі R 4.5.1 (2025).

Зшиті плівки демонструють стійкість у воді до 1 місяця. Ступінь набрякання (α , %) зростає протягом 3 годин завдяки гідрофільності матриці, а через добу зменшується через часткову деструкцію сітки. Додавання екстракту верби знижує набрякання порівняно з основою завдяки утворенню водневих зв'язків танінів та поліфенолів з ПВС. Введення екстракту верби знижує рН плівки з 5,3 до 3,11, що повертає епідерміс до кислих значень та інактивує гриби. Спектрофотометрія підтвердила пролонговану дію: після початкового вивільнення фенолів з поверхні (перші 30 хв, $A_{340}=0,830$) та набрякання матриці, з 3-ї години починається стабільна дифузія активних речовин з глибинних шарів ($A_{340}=0,746$ та $0,750$ через 24 год). Мікробіологічні тести показали, що плівка-основа пригнічує *Candida albicans* (зона затримки росту $21,11\pm0,54$ мм) та *Rhodotorula mucilaginosa* ($27,02\pm0,88$ мм). Плівки з екстрактом верби виявили потужний фунгіцидний, антиспоруляційний та бар'єрний ефект проти пліснявих штамів: *Aspergillus flavus* ($30,05\pm1,23$ мм) та *Aspergillus niger* ($39,7\pm0,49$ мм).

Розроблено еластичні антимікотичні плівки пролонгованої дії з високою вологопоглинаючою здатністю. Вони діють як екзогенний регулятор рН і мають виражену активність проти опортуністичних грибів. Наступним етапом дослідження є проведення дерматологічних тестів для оцінки безпеки та біосумісності плівок на шкірі.

Ключові слова: полімерні антимікозні плівки, протигрибкові властивості, екстракт верби, полівініловий спирт, молочна кислота.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ANTIMYCOTIC POLYMER FILMS MODIFIED WITH WILLOW EXTRACT

Karpets M. V., Greyda O. V.

Abstract. Polymer films are highly demanded in medicine due to their biocompatibility and stability. The treatment of tinea pedis (athlete's foot), affecting 20–70% of the European population, remains an urgent issue, particularly among military personnel due to the prolonged wearing of closed footwear. In mycoses, the natural acidic pH of the skin (4.7–5.7) shifts toward the alkaline side, which promotes fungal growth (specifically *Candida*). The study aims

to develop a biocompatible polymer film based on PVA and an ethanolic willow extract with prolonged antifungal activity for the treatment of tinea pedis.

Polyvinyl alcohol (PVA) served as the film base, with lactic acid used as a crosslinking agent. Chemical crosslinking of the chains was performed via thermal activation in a microwave field (pulsed mode, 400 W). To impart therapeutic properties, a 10% ethanolic extract of young willow shoots (a source of salicylates and polyphenols) was incorporated. The release kinetics of active substances were studied spectrophotometrically ($\lambda=340$ nm). Antifungal activity was evaluated using the Kirby-Bauer agar diffusion method against 5 strains of yeast and mycelial fungi (*Candida*, *Rhodotorula*, *Geotrichum*, *Aspergillus*). Statistical analysis was performed using the Kruskal–Wallis test in R 4.5.1 (2025).

The crosslinked films demonstrate water stability for up to 1 month. The degree of swelling (α , %) increases during the first 3 hours due to the hydrophilicity of the matrix, and decreases after 24 hours due to the partial degradation of the network. The addition of willow extract reduces swelling compared to the base film, owing to the formation of hydrogen bonds between tannins/polyphenols and PVA. The introduction of willow extract lowers the film's pH from 5.3 to 3.11, restoring the epidermis to acidic values and inactivating the fungi. Spectrophotometry confirmed a prolonged action: after an initial release of phenols from the surface (first 30 min, $A_{340}=0.830$) and matrix swelling, a stable diffusion of active substances from deeper layers begins from the 3rd hour ($A_{340}=0.746$ and 0.750 after 24 hours). Microbiological tests showed that the base film inhibits *Candida albicans* (zone of inhibition 21.11 ± 0.54 mm) and *Rhodotorula mucilaginosa* (27.02 ± 0.88 mm). Films with willow extract exhibited a potent fungicidal, anti-sporulation, and barrier effect against mold strains: *Aspergillus flavus* (30.05 ± 1.23 mm) and *Aspergillus niger* (39.7 ± 0.49).

Elastic antimycotic films with prolonged action and high moisture-absorbing capacity have been developed. They act as an exogenous pH regulator and possess pronounced activity against opportunistic fungi. The next phase of the study involves conducting dermatological tests to evaluate the safety and biocompatibility of the films on skin.

Key words: polymer antimycotic films, antifungal properties, willow extract, polyvinyl alcohol, lactic acid.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Karpets M. V.: <https://orcid.org/0009-0009-2784-3124>^{ADEF}

Greyda O. V.: <https://orcid.org/0009-0008-2181-7067>^{BC}

Конфлікт інтересів:

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Карпець Марія Василівна

Івано-Франківський національний медичний університет

Україна, 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Галицька 2

Тел.: 0976263085

E-mail: mkarpets1@gmail.com

A – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 21.05.2026 року

Стаття прийнята до друку 19.08.2026 року

Опубліковано 29.09.2026 року