

С. А. Суберляк¹, Р. О. Петріна¹, О. М. Гриценко², О. В. Федорова¹

Національний університет “Львівська політехніка”,

¹кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології,²кафедра хімічної технології перероблення пластмас

romanna.o.petrina@lpnu.ua

АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ГІДРОГЕЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КОПОЛІМЕРІВ ПОЛІВІНІЛПРОЛІДОНУ В КОМПЛЕКСІ З ЕКСТРАКТАМИ *CALENDULA OFFICINALIS* І *ARNICA MONTANA*

<https://doi.org/>

Встановлено можливість використання гідрогелів на основі кополімерів полівініл-піролідону з 2-гідроксиетилметакрилатом для насичення їх рослинними екстрактами. Одержано гідрогелеві матеріали з екстрактами *Calendula officinalis* і *Arnica montana*. Визначено сорбційну здатність гідрогелів щодо рослинних екстрактів та вміст флавоноїдів у них. Досліджено бактерицидну та фунгіцидну активність одержаних гідрогельних матеріалів з екстрактами *Calendula officinalis* і *Arnica montana* щодо бактерій *Escherichiacoli*, *Staphylococcus aureus* та грибів *Candida tenuis*, *Aspergillus niger*.

Ключові слова: гідрогелі, екстракт, флавоноїди, антибактеріальна та фунгіцидна активності, *Calendula officinalis*, *Arnica montana*.

Вступ

Calendula officinalis L. та *Arnica montana* і екстракти на їх основі володіють протизапальними, ранозагоювальними та антибактеріальними властивостями, використовуються в косметології для чутливої або подразненої шкіри. Лікувальні властивості обумовлені наявністю в сировині комплексу біологічно активних речовин, а саме каротиноїдів, флавоноїдів, тритерпенових сапонінів і цілої низки супутніх речовин [1, 2]. Косметичні засоби, в яких використовуються екстракти цих рослин – це креми, лосьйони, маски, настоянки, пінки для вмивання, рідке мило, гелі. Маски для обличчя сьогодні є найпоширенішими косметичними засобами, що використовуються для догляду за шкірою [3]. Це суміш натуральних та синтетичних складників у вигляді крему, гелю, пасти чи порошку із вмістом функціональних добавок рослинного або мінерального походження відповідно до призначення (зволоження, підсушування, знежирювання, тонізування, вибілювання, загоювання, пом'якшення, очищення, ліфтингу тощо) [4].

Сьогодні як природні, так і синтетичні гідрогелі набувають широкого використання як

матеріали для виготовлення різних косметичних засобів [5]. Причиною широкого та різноманітного використання полімерних гідрогелів є їх унікальна пориста структура у поєднанні з присутністю гідрофільних функціональних груп, які забезпечують набрякання полімерної матриці у воді й інших полярних розчинниках, що зумовлює високу їх проникність для розчинених низькомолекулярних речовин [6]. Через здатність поглинати та утримувати вологу, еластичність та стабільність форми у водному середовищі, гідрогелі є сумісними з різними біологічними системами, завдяки чому широко використовуються як різні імпланти, матеріали для контактних лінз, пов'язок для лікування ран та опіків, контрольованого вивільнення лікарських засобів тощо [7]. Маски на основі гідрогелю зараз дуже популярні в Кореї і Японії, проте на нашому ринку вони відсутні. Їх головна функція – інтенсивне зволоження шкіри, в результаті чого вона миттєво стає більш шовковистою і ніжною. Така маска підтримує оптимальний гідроліпідний рівень епідермісу, перешкоджає процесам випаровування вологи, володіє гігієнічною та ліку-

вально-косметичною дією. Залежно від складу матеріалу та його наповнення гідрогелеві маски можуть мати різне призначення.

Матеріали, які придатні для використання як косметичні маски, повинні характеризуватися здатністю набрякати у воді та спиртових розчинах, високою проникністю для речовин екстрактів, високою міцністю та еластичністю. Враховуючи щоденне використання, особливо на чутливих зонах обличчя, гідрогелеві косметичні засоби, насамперед, повинні бути нетоксичними та не викликати алергії. Однак під час виготовлення таких матеріалів враховується одна, максимум дві, вказані експлуатаційні характеристики. Водночас необхідно зважати на технологічні особливості одержання гідрогелю та формування плівкового виробу на його основі.

Попередніми дослідженнями встановлена перспективність використання в біомедичній галузі матеріалів на основі кополімерів полівінілпіролідону (ПВП) з 2-гідроксиетил-метакрилатом (ГЕМА) [8–9], що є можливим завдяки їх високій сорбційній здатності, еластичності, стабільності форми у розчинниках та біотолерантності. Такі характеристики забезпечують можливість насичення кополімерів ГЕМА з ПВП (пГЕМА-пр-ПВП) лікарськими екстрактами рослин та одержання матеріалів, які можна використовувати для пролонгованого збагачення шкіри біологічно активними компонентами. Використання екстрактів *C. officinalis* та *A. montana* дасть змогу розробити гідрогелеві косметичні маски з антиоксидантними, антимікробними, протипухлинними, протизапальними властивостями для підтримання здоров'я шкіри або лікування при подразненнях, запаленнях чи певних захворюваннях.

Мета дослідження

Дослідити фізико-механічні властивості пГЕМА-пр-ПВП кополімерів, одержати на їх основі гідрогельні матеріали з екстрактами рослин *C. officinalis* та *A. montana* та вивчити їх антимікробну та фунгіцидну активність.

Матеріали та методи досліджень

Для одержання гідрогелевої матриці використано: 2-гідроксиетилметакрилат (SigmaAldrich), очищений перегонкою у вакуумі ($T_{\text{кип.}} = 351\text{ K}$ /

130 Н/м²); полівінілпіролідон (AppliChemGmbH) високої очистки з ММ 12000 перед вико ристанням сушили при 338 К у вакуумі 2–3 год.

Кополімеризацію ГЕМА з ПВП здійснювали за допомогою ферум сульфату (II) за кімнатної температури протягом 0,3–1,0 год (залежно від складу композиції) [10]. Згідно з заданою рецептурою зважували розраховану кількість ПВП, FeSO₄, об'ємним методом дозували ГЕМА та дистильовану воду. В ГЕМА розчиняли необхідну кількість ПВП. Перемішування ПВП здійснювали за кімнатної температури до його повного розчинення з утворенням гомогенної, без нерозчинних агломератів і механічних включень суміші. Окремо готували водний розчин феруму сульфату (II), який змішували з одержаною сумішшю.

Плівки на основі пГЕМА-пр-ПВП кополімерів товщиною 0,5–1,5 мм одержували методом відцентрового формування [11], промили у дистильованій воді до повного видалення непрореагованого ГЕМА та ПВП і висушували за кімнатної температури протягом 1 доби.

З одержаних плівок вирізали зразки у вигляді дисків з $d = 1$ см, які насичували етанольно-водними рослинними екстрактами: екстракційне співвідношення гідрогельна плівка:екстракт – 1:5 (за масою). Як контроль використовували 70 %-ий розчин етанолу.

Екстракти *C. officinalis* та *A. montana* отримували методом настоювання за кімнатної температури протягом 7 діб у темному місці [12, 13]. Як екстрагент використовували 70 %-ий розчин етанолу. Зважували 5 г сухої подрібненої сировини і додавали 100 мл розчину етанолу, витримували 7 діб. Одержані екстракти відфільтровували через складчастий фільтр для виключення частин рослин. Готові екстракти зберігали при 3–4 °С у темному посуді.

Дослідження фізико-механічних властивостей гідрогелів здійснювали за такими параметрами: твердість, пружність, пластичність, водовміст, ступінь набрякання, сорбційна здатність, кінетика виходу екстракту (за флавоноїдами). Твердість, пружність та пластичність набряклих зразків визначали за методикою, описаною у [10], та характеризували числом твердості (Н, МПа), числом пружності (Е, %) та числом пластичності (Р, %) відповідно.

Водовміст (W , %) досліджували ваговим методом за різницею маси сухого (m_0 , г) та набряклого до рівноважного стану (m_1 , г) зразків, коефіцієнт набрякання (k) – за зміною розмірів сухого (d_c , мм) та набряклого (d_n , мм) зразків:

$$W = (m_1 - m_0) \cdot 100 / m_1; \quad (1)$$

$$k = d_n / d_c \quad (2)$$

Діаметр зразка в сухому і гідратованому стані вимірювали за допомогою катетометра КМ-8. Точність вимірювань – $\pm 0,01$ мм. За аналогічною методикою досліджували сорбційну здатність гідрогелів щодо етанольно-водних екстрактів.

Кінетику набрякання та висушування досліджували за зміною ступеня водопоглинання α , $g(H_2O)/g(p)$ та ступеня висушування D , $g(H_2O)/g(p)$. α та D у момент часу t визначали за відношенням, відповідно, маси поглинутої полімером рідини під час набрякання та маси втраченої полімером рідини під час висушування до маси сухого полімеру (m_0):

$$\alpha_t = (m_{t(n)} - m_0) / m_0; \quad (3)$$

$$D_t = (m_{t(c)} - m_0) / m_0, \quad (4)$$

де $m_{t(n)}$ – маса набряклого зразка в момент часу t , г; $m_{t(c)}$ – маса висушеного зразка в момент часу t , г;

Загальну пористість гідрогельних матеріалів Π , % визначали за формулою:

$$\Pi = (m_1 - m_0) / V_n \cdot \rho_{H_2O}, \quad (5)$$

де V_n – об'єм набряклого зразка; ρ_{H_2O} – густина розчинника (води).

Загальний вміст флавоноїдів у етанольно-водних рослинних екстрактах визначали на основі утворення комплексу флавоноїдів з алюмінієм. До 0,5 мл 2 % етанольного розчину $AlCl_3$ додавали 0,5 мл розчину екстракту. Витримували 1 годину за кімнатної температури і вимірювали оптичну густину при 420 нм в кюветі з товщиною шару 10 мм на спектрофотометрі Ulab108UV. Паралельно вимірювали оптичну густину розчину стандартного зразка кварцетину на спектрофотометрі за тих самих умов. Жовтий колір досліджуваних розчинів вказував на те, що в екстрактах містяться флавоноїди, загальний вміст яких розраховували за концентрацією кварцетину ($mg \cdot g^{-1}$), використовуючи рівняння на основі калібрувальної кривої.

Антибактеріальну та фунгіцидну активності етанольно-водних екстрактів *S.officinalis* та *A.montana* визначали за допомогою методу лунок в агарі. Для гідрогельних матеріалів, насичених екстрактами цих рослин, застосовували диско-дифузійний метод. Для експерименту використовували бактерії *Escherichiacoli*, *Staphylococcus aureus* та гриби *Candidatenuis*, *Aspergillusniger*. Час і температура інкубації для бактеріальних і грибових штамів становила 24 і 48 год, 30 і 37 °С відповідно. Для бактерійних культур використовували як середовище м'ясо-пептонний агар, для грибових – сусло-агар. Використовуючи метод лунок в агарі, попередньо вносили культури в середовище; потім у кожен лунку додавали по 0,2 мл екстракту лікарської рослини або 0,2 мл 70 % етанолу для контролю. Під час використання диско-дифузійного методу на засіяне поживне середовище поміщали гідрогелеві полімерні диски $d = 1$ см, насичені екстрактами, та диски, насичені 70 % етанолом.

Результати досліджень та їх обговорення

Передумовою розроблення технології одержання косметичних засобів на основі пГЕМА-пр-ПВП кополімерів та їх гідрогелів з екстрактами рослин є висока реакційна здатність ГЕМА/ПВП композицій, можливість здійснення полімеризації у присутності розчинника з досягненням високої пористості полімерної матриці, яка забезпечує ідеальні умови для сорбції рослинних екстрактів. Кополімери пГЕМА-пр-ПВП характеризуються просторово зшитою структурою, утвореною блоками ГЕМА, прищепленого на ПВП, і містять гідрофільні групи: гідроксильну та карбонільну ГЕМА і амідну ПВП. Кількість таких груп у структурі кополімеру, а також пористість гідрогелю визначають його сорбційну здатність. Пориста структура сприяє швидкій сорбції розчинника завдяки капілярним силам, що обумовлює набрякання пГЕМА-пр-ПВП кополімерів.

Тривалість процесів набрякання та висушування є основними технологічними параметрами процесу одержання гідрогелевих косметичних масок, насичених рослинними екстрактами. Час набрякання – технологічна характеристика, яка впливає на продуктивність технологічного

процесу, а саме на стадію насичення гідрогелью рослинними екстрактами. Час висушування – характеристика, яка визначає тривалість експлуатації виробу.

На рис. 1. представлено зміну в часі ступеня водопоглинання та ступеня висушування пГЕМА-пр-ПВП кополімерів залежно від складу вихідної композиції. Для досліджень використовували зразки товщиною $1,3 \pm 0,1$ мм.

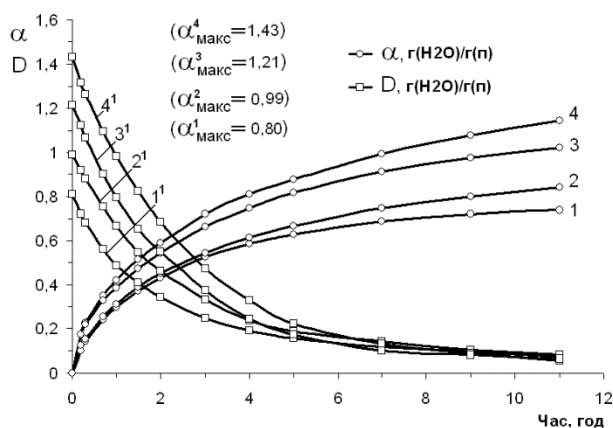


Рис. 1. Вплив складу вихідної композиції на кінетику зміни ступеня набрякання α (криві 1–4) та висушування D (криві 1¹ та кінетику зміни ступеня набрякання α (криві 1⁴) ПВП-ГЕМА кополімерів. $T = 298$ К. Склад композицій ГЕМА:ПВП, мас.ч.: 1, 1¹ – 90:10; 2, 2¹ – 80:20; 3, 3¹ – 70:30; 4, 4¹ – 60:40

Як показують результати досліджень, ступінь набрякання закономірно зростає зі збільшенням вмісту у вихідній композиції ПВП, тобто із зростанням кількості гідрофільних груп у структурі кополімеру (рис. 1, криві 1–4). Крім того, ступінь набрякання залежить від ефективності прищеплення ПВП – неприщеплений ПВП під час гідратації вимивається, утворюючи порожнини, які покращують сорбцію розчинника [14]. Максимальний ступінь набрякання зразків різного композиційного складу за нормальних умов настає через 24 год.

Також важливим технологічним параметром в процесах формування виробів із гідрогелевих матеріалів є швидкість вивільнення розчинника, в даному випадку – води. В одних випадках постає завдання швидкого видалення вологи із об'єму гідрогелю, в інших – необхідно забезпечити якомога довший час перебування матеріалу у набряклому стані. Характер кінетики

втрати вологи гідрогельним матеріалом, аналогічно швидкості сорбції води, залежить від вмісту ПВП у вихідній композиції (рис. 1, криві 1¹–4¹), а саме від вмісту в об'ємі гідрогелю пор, які лишаються після його вимивання.

Якщо для максимального водопоглинання зразкам різного композиційного складу необхідно 12–24 год, то під час висушування навіть за 25°C значна частина вологи втрачається вже через 7–8 год.

Важливим із технологічного погляду є дослідження кінетики водопоглинання та висушування залежно від товщини гідрогелевого зразка (рис. 2). Знаючи залежність зміни кінетики набрякання (сушіння) на 1 мм товщини виробу, можливо наперед розраховувати тривалість гідратації та сушіння виробів з різною товщиною.

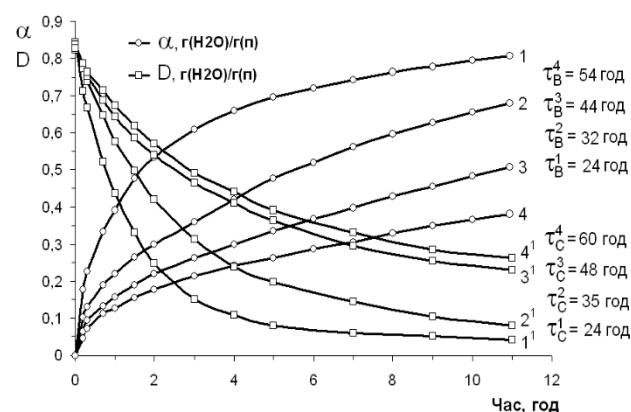


Рис. 2. Вплив товщини гідрогельного зразка на кінетику зміни ступеня набрякання (α), висушування (D) та досягнення часу рівноважного набрякання (τ_B) та остаточного висушування (τ_C) (ГЕМА:ПВП = 80:20, мас.ч): 1 – 1 мм; 2 – 2 мм; 3 – 3 мм; 4 – 4 мм

Оскільки полімерні гідрогелі експлуатують переважно у набряклому стані, досліджували характерні для еластомерів фізико-механічні властивості одержаних після набрякання у воді кополімерів, а також їх залежність від водовмісту (табл. 1).

З метою суміщення стадій синтезу гідрофільного полімеру і подальшого набрякання його в розчиннику, кополімеризацію ГЕМА з ПВП у присутності йонів металів здійснювали в водному розчині. Як бачимо з результатів, із збільшенням вмісту ПВП у вихідній композиції

зростає водопоглинання, коефіцієнт набрякання та умовна пористість синтезованих пГЕМА-пр-

ПВП кополімерів, однак зменшуються міцнісні та пружні властивості гідрогелів.

Таблиця 1

**Залежність фізико-механічних властивостей кополімерів від складу вихідної композиції
($T = 298K$, $[FeSO_4] = 0,01 \%$; $K:P(H_2O) = 1:1$)**

| № з/п | Склад композиції, мас. ч. | | H×10 ² , МПа | P, % | E, % | W, % | k | П, % |
|-------|---------------------------|-----|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | ГЕМА | ПВП | | | | | | |
| 1 | 90 | 10 | 10,1 | 11 | 89 | 48 | 1,19 | 53 |
| 2 | 80 | 20 | 9,9 | 13 | 87 | 52 | 1,28 | 66 |
| 3 | 70 | 30 | 8,2 | 15 | 85 | 63 | 1,34 | 76 |
| 4 | 60 | 40 | 7,9 | 18 | 82 | 69 | 1,35 | 84 |

H – число твердості; E – число пружності; P – число пластичності; W – водовміст;
K – коефіцієнт набрякання; П – умовна пористість

Тому, аналізуючи отримані результати, для подальших досліджень вибрано як найоптимальнішу композицію складу ГЕМА:ПВП = 80:20 мас. ч. Водночас вміст ПВП у вихідній композиції менше ніж 20 мас.ч. призводить до зростання часу життєздатності вихідних композицій (час, протягом якого композиція перебуває у в'язко-текучому стані) та суттєвого зменшення швидкості полімеризації. Результатом збільшення вмісту ПВП є технологічні ускладнення – зростає тривалість його розчинення в акрилатах, підвищується в'язкість композиції, яка важко дозується та містить повітряні бульбашки, що погано видаляються.

Екстракти *C. officinalis* and *A. montana* містять відповідно 82,63 мг ОЕ/г сухої маси та 105,27 мг ОЕ/г сухої маси флавоноїдів у перерахунку на кварцетин. Визначення вмісту екстрактів рослин в гідрогельних матеріалах та коефіцієнту поглинання подано у табл. 2.

Таблиця 2

Залежність вмісту екстрактів та коефіцієнтів набрякання в гідрогельних матеріалах від складу композиції та виду рослини

| № з/п | Склад композиції ГЕМА:ПВП, мас. ч. | Екстракт рослини | W, % | k |
|-------|------------------------------------|-----------------------|------|------|
| 1 | 80:20 | <i>C. officinalis</i> | 64 | 1,35 |
| 2 | | <i>A. montana</i> | 58 | 1,33 |

W – вміст екстракту; k – коефіцієнт набрякання

Як бачимо з результатів, поглинання етанольно-водного екстракту має вищі значення, ніж поглинання води (табл. 1). Вміст екстракту та коефіцієнт набрякання вищі, ніж для кополімерів з водою. Екстракт *C. officinalis* краще поглинається кополімером пГЕМА-пр-ПВП, ніж екстракт *A. montana*.

Бактеріостатичний ефект досліджували за допомогою диско-дифузійного методу, де як диски використовували насичені екстрактами рослин гідрогельні композити. А для порівняння визначали активність тих самих екстрактів за допомогою методу лунок в агаризованому середовищі. Встановлено, що гідрогельні зразки, насичені екстрактами лікарських рослин, мають вищу бактеріостатичну активність, ніж самі екстракти. Зони затримки росту культур бактерій *S. aureus*, *E. Coli* та грибів *C. tenuis* та *A. niger* під дією зразків, насичених екстрактом *A. montana*, були більшими, ніж насичених екстрактом *C. officinalis*. Результати бактерицидної та фунгіцидної активностей подано в табл. 3. Результати досліджень свідчать, що речовини екстракту *C. officinalis* та *A. montana* посилювали бактеріостатичну та бактерицидну дію етанольного розчину. Такий результат забезпечувався також пролонгованим вивільненням діючих речовин екстракту з гідрогелевого носія.

Виявлено, що досліджувані гідрогельні матеріали мають антибактеріальні та фунгіцидні властивості. У всіх тест-культурах зони затримки росту свідчать про високу чутливість

мікроорганізмів до запропонованих гідро гелівних матеріалів на основі пГЕМА-пр-ПВП кополімерів та екстрактів рослин. Отримані дані

вказують, що активність композиції вища, ніж активність самих екстрактів *C. officinalis* and *A. montana*.

Таблиця 3

Антимікробна активність екстрактів та гідрогелів, насичених екстрактами рослин

| № | Розчини | Діаметр зони пригнічення росту, мм | | | |
|---|---|------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | Бактерії | | Гриби | |
| | | <i>E.coli</i> | <i>S.aureus</i> | <i>A.niger</i> | <i>C.tenuis</i> |
| 1 | Екстракт <i>Calendula officinalis</i> | 8,5 | 5,2 | 8,0 | 3,0 |
| 2 | пГЕМА-пр-ПВП/ <i>Calendulaofficinalis</i> | 9,0 | 7,5 | 9,2 | 5,2 |
| 3 | Екстракт <i>Arnica montana</i> | 10,2 | 17,8 | 9,5 | 12,8 |
| 4 | пГЕМА-пр-ПВП/ <i>Arnica montana</i> | 12,0 | 18,4 | 10,0 | 15,0 |

Висновки

Встановлено, що гідрогелі на основі кополімерів 2-гідроксиетилметакрилату з полівінілпіролідом мають відповідні фізико-механічні характеристики, структуру, здатність поглинати воду й інші розчинники, проникність для низькомолекулярних речовин. Ці характеристики є підґрунтям для сорбції рослинних екстрактів. При насиченні пГЕМА-пр-ПВП кополімерів екстрактами *C. officinalis* та *A. montana* одержано гідрогельні матеріали з антибактеріальною і фунгіцидною активністю та пролонгованою дією. Підтверджено результатами мікробіологічного дослідження щодо бактерій *Escherichiacoli*, *Staphylococcusaureus* та грибів *Candidatenuis*, *Aspergillusniger*.

References

1. Alan Andersen F., Wilma F. Bergfeld, Donald V. Belsito etc. Report of the Cosmetic Ingredient Review Expert Panel Amended Safety Assessment of *Calendula officinalis*–Derived Cosmetic Ingredients // International Journal of Toxicology. – V. 29 (4). P. 221–243.
2. Final Report on the Safety Assessment of *Arnica montana* Extract and *Arnica montana* // International Journal of Toxicology, 20(Suppl. 2):1–11, 2001.
3. Nilforoushadeh, M. A., Amirkhani, M. A., Zarrintaj, P., Moghaddam, A. S., Mehrabi, T., Alavi, S., & Sisakht, M. M. (2018). Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. *Journal of cosmetic dermatology*, 17, 5, 693–702.
4. DerzhavniystandardUkraini “Maskikosmetichni”. §4766: 2007 (2009). [in Ukrainian].
5. Perugini, P., Bleve, M., Redondi, R., Cortinovich, F. & Colpani, A. (2019). In vivo evaluation of the effectiveness of biocellulose facial masks as active delivery systems to skin. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 19, 3, 725–735.

6. Suberlyak, O., & Skorokhoda, V. (2018). Hydrogels based on polyvinylpyrrolidone copolymers. In S. Haider, A. Haider (Ed.), *Hydrogels* (pp. 136–214). London: IntechOpen.
7. Pal, K., Banthia, A. K., & Majumdar, D. K. (2009). Polymeric hydrogels: characterization and biomedical applications (review). *Des. Monomers Polym.*, 12, 197–201.
8. Grytsenko, O., Pokhmurska, A., Suberliak, S., Kushnirchuk, M., Panas, M., Moravskiy, V., & Kovalchuk, R. (2018). Technological features in obtaining highly effective hydrogel dressings for medical purposes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 6 (96), 6–13.
9. Suberlyak, O., Skorokhoda, V., Semenyuk, N., & Mel'nyk, Y. (2015). *Materialy biomedychnoho pryznachennya na osnovi (ko)polimeriv polivinilpirolidonu*. Lviv. L'viv's'kapolitekhnik.
10. Suberlyak, O., Grytsenko, O., & Kochubei, V. (2015). The role of FeSO₄ in the obtaining of polyvinylpyrrolidone copolymers. *Chemistry & Chemical Technology*, 9, 429–434.
11. Grytsenko, O., Suberlyak, O., Gajdoš, I., & Fedasiuk, D. (2014). *The features of film composite hydrogel materials obtaining technology by centrifugal molding. Technological and design aspects of extrusion and injection moulding of thermoplastic polymer composites and nanocomposites*. Kosice.
12. Kostyk Kh. V., Lupiy Kh. V., Mykytyuk V. S., Krvavych A. S., Petrina R. O. Optimization of the process of extraction of flavonoids from callus biomass of *Arnica montana*// Chemistry, technology and application of substances. 2018. V.1, № 1. C. 83–87.
13. Krvavych A. S., Petrina R. O., Suberlyak S. A., Prochera O. P., Fedoryshyn O. M. Obtaining and investigation extracts of callus biomass of *Calendula officinalis* // Chemistry, technology and application of substances. 2018. V. 2, № 2. C. 63–68.
14. Grytsenko, O. M., Skorokhoda, V. Y., & Yadushyn's'kyi R. Ya. (2004). Strukturni parametry ta vlastyosti kopolimeriv 2-OEMA-PVP, oderzhanykh v prysutnosti Fe²⁺. *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnik”*, 488, 300–303 [in Ukrainian].

S. A. Suberliak¹, R. O. Petrina¹, O. M. Grytsenko², O. V. Fedorova¹

Lviv Polytechnic National University

¹Department of Technology of Biologically active substances, pharmacy and biotechnology

²Department of chemical technology of plastics processing

**ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF HYDROGEL MATERIAL SBASED
ON COPOLYMERS POLYVINYLPIRROLIDON WITH EXTRACTS
OF *CALENDULA OFFICINALIS* AND *ARNICA MONTANA***

The possibility of using hydrogels, that are based on copolymers of polyvinylpyrrolidone with 2-hydroxyethylmethacrylate for saturation them with extracts of plants, was researched. Hydrogel materials with extracts of *Calendula officinalis* and *Arnica montana* were obtained. The sorption capacity of the hydrogels in relation to these extracts and the content of flavonoids in the extracts were determined by using Ulab108UV. The bactericidal and fungicidal activity of the obtained hydrogel materials with the extracts of *Calendula officinalis* and *Arnica montana* on bacterial strains of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and fungal strains of *Candida tenuis* and *Aspergillus niger* were investigated.

Key words: hydrogel, flavonoids, antibacterial activity, antifungal activity, extract, *Calendula officinalis*, *Arnica montana*.