

SECTION 2. INNOVATION

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.MED.2.2.1

**2.1 Гідрогелі як перспективний матеріал в області космецевтики**

Кожна людина хоче мати здорову шкіру, адже саме вона відповідає за теплообмін, захист організму від зовнішніх впливів та за формування привабливого зовнішнього вигляду. Проте такі фактори як час, спосіб життя, харчування, вплив навколишнього середовища можуть проявляти небажані ефекти на нашій шкірі (прищі, вугрі, сухість та в'ялість шкіри, ранні зморшки тощо). Для того, щоб мати гарну і здорову шкіру, окрім здорового способу життя, необхідно також забезпечити правильний догляд за нею.

За допомогою космецевтичних засобів можна підтримувати шкіру здоровою та красивою, оскільки космецевтика - це поєднання косметики та фармацевтики.

Космецевтика – це косметична продукція з біологічно активними інгредієнтами, яка має медичні/лікарські переваги. Космецевтичні засоби використовуються для поліпшення та живлення шкіри, а також для лікування різних дерматологічних захворювань.

Як і косметика, космецевтика також застосовується місцево та містить інгредієнти, які впливають на біологічну функцію шкіри. Космецевтика призначена для поліпшення зовнішнього вигляду здорової шкіри, оскільки доставляє до неї необхідні поживні речовини [107,108].

В області космецевтики важливу роль відіграє наука про біоматеріали, а саме про гідрогелі. Вони набули значної популярності та привернули увагу багатьох вчених завдяки своїм унікальним властивостям: гідрогелі здатні утримувати велику кількість води, мають контрольовану поведінку набрякання, біосумісність, а також можливість насичення їх екстрактами лікарських рослин, які мають бажану біологічну активність [109,110,111].

Гідрогелі на основі біополімерів використовуються для розробки нових космецевтичних продуктів, які називають «маски краси». Стверджується, що ці

маски зволожують шкіру, відновлюють її еластичність і мають антивікові ефекти [112,113].

Відомості про гідрогелі є вже понад півстоліття, їх активно отримують та використовують для виробництва імплантів, контактних лінз, пов'язок для ран та опіків, у системі доставки ліків [109,114,115].

Вперше термін «гідрогель» був використаний у статті, яка була опублікована у 1894 році. Описаний матеріал - це був колоїдний гель, виготовлений із неорганічних солей [116]. Уже пізніше у літературних джерелах описано матеріал, який мав притаманні гідрогелю властивості. Це був полігідроксиетилметакрилат (pHEMA), який розробили у 1960 році, перший матеріал, який мав властивості, що дозволяли його застосування всередині організму. З кінця 70-х років кількість досліджень про застосування гідрогелів зростає, особливо в галузі біомедицини [117].

Гідрогелі мають спектр фізико-хімічних, механічних та біологічних властивостей, що сприяють їх застосуванню у різноманітних сферах.

Однією із таких властивостей є набрякання, процес поглинання великої кількості води гідрогелем. Ступінь набрякання є важливим показником, оскільки визначає і інші параметри гідрогелю, такі як: ступінь зшивання, швидкість деградації, а також його механічні властивості.

Властивість води в гідрогелі визначає проникнення речовин в матеріал та продуктів із нього. Під час поглинання води сухим гідрогелем, молекули води, котрі потрапляють у матрицю, гідратують найбільш полярні гідрофільні групи, що призводить до первинно зв'язаної води. Коли полярні групи гідратуються, матриця набрякає, піддаються дії гідрофобні групи, які також взаємодіють з водою, це призводить до утворення гідрофобно-зв'язаної води (вторинно зв'язаної води). Первинно та вторинно зв'язану воду називають загально зв'язаною водою.

Гідрогель здатний поглинати додаткову кількість води, яку називають вільною водою, вона заповнює простір між мережевими ланцюгами, макропорами. Фізичні чи ковалентні зшивання перешкоджають додатковому

набряканню, внаслідок чого гідрогель досягає рівноважного рівня набрякання. Якщо ланцюги чи зшивання мережі розриваються, тоді гідрогель почне розпадатися та розчинятися зі швидкістю, яка залежить від його складу.

Набрякання гідрогелю визначають за допомогою таких методів як:

- дослідження фракції гелю, яку виражають у вигляді формули 1:

$$\text{Фракція гелю}(\%) = \frac{W_s}{W_i} \times 100\% \quad (1)$$

$W_s$  — суха маса полімеру після обробки;

$W_i$  — суха маса підготовленого полімеру;

- визначення коефіцієнту набрякання, який розраховують за формулою 2:

$$\text{Набрякання}(\%) = \frac{W_s - W_i}{W_i} \times 100\% \quad (2)$$

- визначення втрати ваги після зневоднення гідрогелю, за формулою 3:

$$\text{Втрата ваги}(\%) = \frac{W_f}{W_i} \times 100\% \quad (3)$$

$W_f$  — кінцева вага після зневоднення.

Гідрогель втрачає вагу в результаті вивільнення води чи інших речовин, які затримувалися всередині полімерної матриці [117,118].

Наступна властивість гідрогелів — це є мікроструктура. Визначити мікроструктуру гідрогелю можна, розрахувавши об'ємну частку полімеру в набряклому стані ( $v_{2,s}$ ), середню молекулярну масу між поперечними зв'язками ( $\bar{M}_c$ ), довжину кореляції ( $\xi$ ).

Об'ємна частка полімеру ( $v_{2,s}$ ) при набряканні представляє кількість рідини, що поглинається набряклим гелем і описується рівнянням 4:

$$v_{2,s} = \frac{1/\rho_2}{Q_m \rho_1 + 1/\rho_2} \quad (4)$$

$\rho_1$  – густина розчинника;

$\rho_2$  – густина полімеру;

$Q_m$  - коефіцієнт масового набряку.

Ступінь зшивання характеризують за показником середньої молекулярної маси між поперечними зв'язками ( $\bar{M}_c$ ), яка може бути визначена за теорією Флорі-Ренера. Даний показник можна представити у вигляді рівняння 5:

$$\frac{1}{\bar{M}_c} = \frac{1}{\bar{M}_n} \frac{(\bar{v}/v_1)[\ln(1 - v_{2,s}) + v_{2,s} + \chi_1 v_{2,s}^2]}{v_{2,s} \left[ \left( v_{2,s}/v_{2,r} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( v_{2,s}/2v_{2,r} \right) \right]} \quad (5)$$

$\bar{M}_c$  – молекулярна маса полімерних ланцюгів,

$v_1$  - молярний об'єм води,

$v_{2,r}$  – об'ємна частка полімеру,

$\chi_1$  - параметр, що характеризує взаємодію полімер-розчинник

Довжину кореляції ( $\xi$ ) розраховують за формулою 6:

$$\xi = v_{2,s} l^{-1/3} \left( C_n^{2\bar{M}_c} / M_r \right)^{1/2} \quad (6)$$

$l$  – довжина зв'язка вздовж полімеру,

$C_n$  - характерне співвідношення за Флорі,

$M_r$  - молекулярна маса повторюваних одиниць,

Довжина кореляції залежить від структури мономерів та зовнішнього середовища, особливо таких подразників як: іонна сила, температура та рН. Окрім цього, властивості гідрогелю, такі як: механічна міцність, здатність до розпаду та дифузія молекул залежать від довжини кореляції [119].

Важливими параметрами матриці гідрогелю є його пористість, розмір пор та їх розподіл. Дані фактори об'єднують в параметр, який називають – звивистість.

Пори утворюються шляхом фазового поділу під час синтезу гідрогелю. Для коректного виготовлення гідрогелів, необхідно врахувати характеристики, які впливають на розподіл пор за розміром, їх визначають за номінальними концентраціями мономеру та зшиваючого агента та виражають у %T та %C (формули 7 та 8):

$$\%T = \frac{\text{маса мономеру} + \text{маса } x - \text{зшиваючий агент}}{\text{загальний об'єм}} \quad (7)$$

$$\%C = \frac{\text{маса } x - \text{зшиваючий агент}}{\text{маса мономеру} + \text{маса } x - \text{зшиваючий агент}} \quad (8)$$

Ще однією морфологічною ознакою, за якою характеризують гідрогель, є його пористість (формула 9), вона є важливою для застосування при контрольованому вивільненні макромолекул або ж для оптимальної міграції клітин у гідрогельній матриці.

$$\text{Пористість}(\%) = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{маси}} + V_{\text{пор}}} \times 100 \quad (9)$$

У зразку пори можуть мати різну морфологію. Їх можна вивчати за допомогою різноманітних методів, включаючи теоретичні, такі як: метод Архімеда, метод витіснення рідини, - які поєднують із оптичною та електронною мікроскопією. Також, можна застосовувати ртутну порометрію, мікро-КТ, різноманітні методи мікроскопії тощо [117,119].

Залежно від мети призначення матеріалу, корегуються його механічні властивості. Наприклад, для того, щоб отримати жорсткіший гідрогель, можна підвищити ступінь зшивання, або знизити його, шляхом нагрівання матеріалу. Зшивання не є властивістю гідрогелю, проте воно впливає на реальні властивості матеріалу та при його контролі можна корегувати спектр застосування матеріалу.

Існують загальні методи оптимізації та контролю механічних властивостей. Це випробування на розтягнення, на стискання (обмежене чи без обмежень), циклічні випробування, випробування на втиснення, опуклість, які дозволяють визначити міцність, довговічність і характеристики деформації матеріалу [118,119].

Важливими властивостями гідрогелів є їх біосумісність та біодеградабельність. Перед тим як застосовувати гідрогель у біологічних цілях необхідно проаналізувати його біосумісність.

Біосумісність – це важлива властивість гідрогелю, яка описує здатність біоматеріалу виконувати свою передбачувану мету та при цьому не завдавати негативного впливу на біологічні системи. Біосумісність аналізують, використовуючи такі методи, як: тестування цитотоксичності, алергенних реакцій, мутагенезу або генотоксичності, імплантації та гемосумісності. Параметри, які при цьому аналізують, це - аномалії морфології клітин і клітинна дегенерація [118,119].

Властивості гідрогелів можуть коливатися в залежності від їх походження та складу. З літературних джерел відомо, що існує ряд класифікацій гідрогелів: в залежності від джерела походження, складу полімеру, наявності електричного заряду, типу зшивання, зовнішнього виду тощо. Детальніша класифікація представлена на рис.1 [120-122].



Рисунок 1. Класифікація гідрогелів [120,121,122]

Гідрогелі створюють на основі гідрофільних мономерів, проте іноді використовують також і гідрофобні мономеру для регулювання його властивостей. Гідрогелі можна отримати за допомогою зшиваючої полімеризації, полімеризацію шляхом опромінення мономера, також існує багато видів гідрогелю, які отримують шляхом полімеризації в масі, розчині та суспензії. Невід'ємними компонентами для виготовлення гідрогелів є мономер, ініціатор та зшивальний агент. Для того, щоб контролювати теплоту полімеризації та кінцеві властивості гідрогелів, використовують розріджувачі, такі як: вода або інші водні розчини. Після цього масу необхідно промити для того, щоб видалити домішки, до яких належать: мономер, який не прореагував, ініціатори, зшиваючі агенти та небажані продукти, що утворюються в результаті побічних реакцій [121].

Завдяки довготривалим дослідженням, гідрогелі здобули популярності у різноманітних сферах. Прогрес розробки різноманітних гідрогелів дозволяє застосовувати їх як для створення контактних лінз, так для доставки різноманітних ліків, що дозволяє здійснювати контрольоване вивільнення біоактивних сполук. У 70-х роках хірурги використовували гідрогелі для реконструктивних операцій, а вже в 90-х - для регенерації тканин. Історія дослідження гідрогелевих матеріалів полягає в тому, що вони продовжують знаходити нові та захоплюючі застосування в міру вдосконалення базової технології, наприклад в екологічній інженерії, робототехніці та клітинній терапії [123].

Ключовою та найвідомішою сферою застосування синтетичних гідрогелів є офтальмологія, а саме виробництво контактних лінз. Для цього гідрогелі повинні задовольняти основні вимоги, такі як: добрі механічні властивості, проникність для кисню, хороші оптичні властивості, стійкість до гідролізу та стерилізації, нетоксичну природу та біологічну толерантність щодо живих клітин.

Спектр властивостей гідрогелів робить їх чудовим матеріалом для застосування у системі пролонгованої доставки ліків, з певною швидкістю



протягом визначеного періоду часу. Гідрогелі характеризуються пористою структурою, завдяки чому є високопроникними для різних видів лікарських засобів. В результаті ліки можуть бути завантажені та, за належних умов, вивільнені. Основною перевагою застосування гідрогелів у системі доставки ліків є можливість пролонгованого вивільнення, що означає передачу високої концентрації активної фармацевтичної речовини до певного місця протягом тривалого періоду часу.

Ще однією привабливою сферою застосування є тканинна інженерія. Гідрогелі є чудовим матеріалом, оскільки їх структури подібні до позаклітинного матриксу багатьох тканин, їх часто можна обробляти у відносно м'яких умовах, і вони можуть бути доставлені мінімально інвазивним способом. Вони здатні забезпечувати пряму механічну підтримку та керувати диференціацією клітин у між хребцевому диску (IVD). Також, їх можна застосовувати при доставці ліків і клітин. Вони є важливим матеріалом в хірургії, як під час, так і після процедур, як різні медичні імпланти та пристрої.

Отже, аналізуючи увесь вище описаний матеріал, можна зробити висновок, що гідрогелі є перспективним матеріалом для застосування в біомедицині, біоінженерії та фармації, а також у космецевтиці [124].

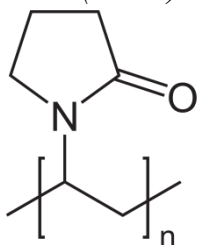
Космецевтичні засоби використовують для поліпшення та живлення шкіри, а також для лікування різних дерматологічних захворювань [124,125,126,127].

Гідрогелі для космецевтичних масок мають задовольняти певні вимоги, серед яких: висока міцність, еластичність та стабільність форми, можливість набрякати у спиртових розчинах та воді, також матеріал повинен бути нетоксичним та не викликати алергії.

Було проведено дослідження та створено гідрогель на основі кополімерів полівінілпіролідону (ПВП) з 2-гідроксиетилметакрилатом (ГЕМА), який утворюється внаслідок вільно-радикальної полімеризації під дією ініціатора – персульфату калію. Досліджувана гідрогелева матриця, утворена двома мономерними блоками - ГЕМА, що містить гідроксильну та карбоксильну групи,

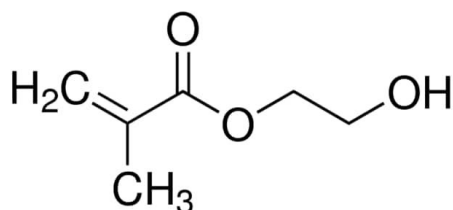
та ПВП, що містить амідну групу. Кількість даних груп та пористість гідрогелевої матриці визначають сорбційну здатність, що впливає на ступінь поглинання можливої кількості екстракту, яким ми насичуємо гідрогель.

*Полівінілпіролідон (ПВП):*



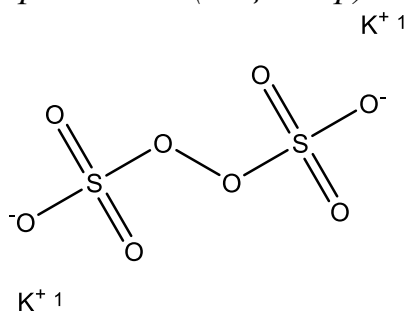
$(C_6H_9NO)_n$ , жовто-білий порошок,  $M = (12,6 \div 360) \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$ ;  $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ ;  $T_{пл} = 150-180^\circ\text{C}$ .

*Гідроксиетилметакрилатом (ГЕМА):*



$C_6H_{10}O_3$ , безбарвна в'язка рідина,  $M = 130,14 \text{ г/моль}$ ;  $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ .

*Персульфат калію (ініціатор):*



$K_2O_8S_2$ , безбарвні кристали,  $M = 270,31 \text{ г/моль}$ ;  $\rho = 2,477 \text{ г/см}^3$ .

Полімеризаційну композицію складу ГЕМА:ПВП готують поступовим розчиненням ПВП і  $K_2S_2O_8$  у водномономерній суміші, розчин деаерують за допомогою водоструминної помпи. За допомогою капілярної лійки повільно у форму заливають приготовану композицію. Після чого поміщають у сухоповітряний термостат (з точністю регулювання температури  $(t \pm 1^\circ\text{C})$ ) та проводять полімеризацію, підтримуючи наступний ступеневий режим:

- I – нагрівання до  $55^\circ\text{C}$ ;
- II – витримка при  $55^\circ\text{C}$  впродовж 3 год.;
- III – нагрівання до  $70^\circ\text{C}$ ;
- IV – витримка при  $70^\circ\text{C}$  впродовж 1,5 год.;
- V – нагрівання до  $85^\circ\text{C}$ ;

VI – витримка при 85 °С впродовж 1 год.;

VII – охолодження до 50 °С у термостаті; видалення форми із термостату і охолодження до кімнатної температури на водяній бані.

Форму розкривають та видаляють сформовану плівку. Надалі плівку опромінюють ультрафіолетовими променями впродовж 0,25 год.; промивають у розчині бікарбонату натрію (1,5%) при 45-50 °С та при даній температурі промивають у дистильованій воді. Для стабілізації, готову плівку переносять у дистильовану воду, не менше ніж на 2 год.. Плівку зберігають у герметичній ємності з дистильованою водою.

Для подальшого застосування композиції ГЕМА:ПВП досліджують такі характеристики: твердість, пружність, пластичність, водовміст, коефіцієнт набрякання та пористість.

Число твердості ( $H$ , МПа), коефіцієнти пластичності ( $P$ , %) та пружності ( $E$ , %) визначають, використовуючи твердомір, шляхом вимірювання глибини проникнення індентора в зразок та розраховують за формулами 10, 11 та 12:

$$H = \frac{0.1F}{p \cdot d \cdot h} \quad (10)$$

$$E = \frac{h - h_1}{h} \quad (11)$$

$$P = \frac{h}{h_1} \cdot 100 \quad (12)$$

де  $F$  - прикладене навантаження Н;

$d$  - діаметр кульки індентора, мм ( $d = 5$  мм);

$h$  - глибина проникнення кульки в зразок під навантаженням  $F$ , мм;

$h_1$  - залишкова деформація після припинення дії навантаження, мм.

Умовну пористість ( $\Pi$ , %) матеріалу визначають за формулою 13:

$$\Pi = \frac{m_1 - m_0}{V_n \cdot \rho_{H_2O}} \quad (13)$$

де  $m_0$  – маса сухого зразка, г;

$m_1$  - маса набряклого до рівноважного стану зразка, г;

$V_n$  - об'єм набряклого зразка;

Водовміст ( $W$ , %) визначають ваговим методом та розраховують за формулою 14:

$$W = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 100}{m_1} \quad (14)$$

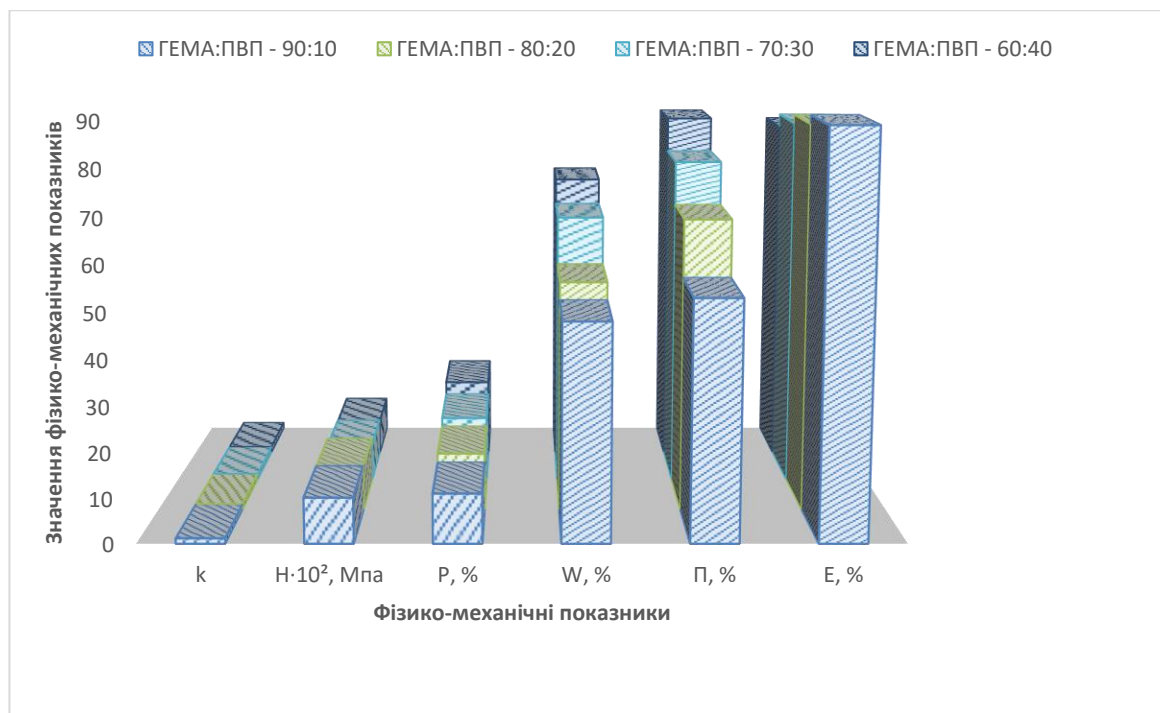
Коефіцієнт набрякання ( $k$ ) визначають за формулою 15:

$$W = \frac{d_n}{d_c} \quad (15)$$

де  $d_n$  – розмір сухого зразка, мм;

$d_c$  - розмір набряклого до рівноважного стану зразка, мм.

Загалом можна ствердити, що гідрогелева плівка ГЕМА:ПВП є еластичною, стабільною у воді та розчинниках, має унікальну пористу структуру. На основі проведених досліджень, проаналізовано фізико-механічні властивості отриманих композицій, результати подані на діаграмі (рис. 2).



*Рисунок 2 . Фізико-механічні показники в залежності від складу композиції*

На основі даних діаграми встановлено такі фізико-механічні характеристики одержаних гідрогелів: водовміст – 48-69%, коефіцієнт набрякання – 1,19-1,35, умовна пористість 53-84%, число пружності – 82-89%, чисто пластичності – 11-18%. Одержані результати синтезованих гідрогелів свідчать про високу сорбційну здатність, еластичність, стабільність форми у воді та розчинниках і біотолерантність.

Дані характеристики надають можливість насичувати гідрогелеві плівки на основі кополімерів ГЕМА з ПВП екстрактами лікарських рослин та, в результаті, одержати матеріал для забезпечення пролонгованого збагачення шкіри біологічно активними речовинами (БАР) та на основі створених комплексів розробити косметичні маски [127,128].

Проте нині все більше людей віддають перевагу натуральним продуктам із включенням рослинної сировини, оскільки вони забезпечують шкіру поживними речовинами, тим самим сприяють покращенню здоров'я.

Таким матеріалом, який має багатообіцяючі характеристики для косметики є гідрогель на основі гіалуронової кислоти (ГК). ГК є природним, щільним і прозорим компонентом, який у великій кількості міститься у всіх

живих організмах, включаючи організм людини. Висока концентрація ГК виявлена під час ембріонального розвитку, процесу загоєння ран, а також у склоподібному тілі ока, слізній рідині, стінках кровоносних судин, пуповині та синовіальній рідині. Однак найбільша концентрація ГК (понад 50%) знаходиться в позаклітинному матриксі шкіри. Рівень гіалуронової кислоти в організмі знижується з віком і приблизно до 80 років вона повністю зникає.

ГК вперше було виділено в 1934 році Карлом Майєром і Джоном Палмером. З 1980-х років гіалуронова кислота (ГК) була випущена на ринок і була включена в складі зволожуючих кремів для забезпечення ефекту зволоження шкіри. Гіалуронова кислота також має вирішальне значення для підтримки структурної цілісності дермального колагенового матриксу. Властивості цієї сполуки сильно залежать від її молекулярної маси. Гіалуронова кислота миттєво надає гладкість шорстким поверхням і утворює захисний шар, який створює бар'єр, що запобігає трансдермальній втраті води (TEWL). Її фізико-хімічні та біологічні властивості відповідають за правильну гідратацію тканин; транспорт іонів та поживних речовин.

ГК набула значного поширення в косметичній промисловості, оскільки має сприятливі властивості завдяки біосумісності, неімуногенності та здатності до біодеградації. Завдяки високій функціональності та щільності заряду ГК можна зшити різноманітними фізичними та хімічними методами. Властивості гідрогелів ГК залежать від початкової концентрації розчину ГК і зшиваючих агентів [125].

Гідрогель на її основі отримують шляхом зшивання молекул ГК із зшиваючим агентом на основі простого, відтворюваного та безпечного процесу. Отримані гідрогелі показують багатообіцяючі результати в омолодженні шкіри та загальному покращенні зовнішнього вигляду шкіри. Отриманий матеріал задовольняє задані вимоги та на його основі можна створити комплекси гідрогель-екстракт, які б підвищували еластичність шкіри, забезпечували зволоження та мали протизапальні властивості [129,130].

Ключовим фактором дослідження є сорбційні властивості гідрогелевої маски та екологічність комплексу, через вибір активних інгредієнтів і матеріалів. Перспективними наповнювачами у складі гідрогелевих масок є екстракти *Calendula officinalis* та *Ginkgo biloba*.

Серед широкого спектру різноманітних рослин виділяють *Calendula officinalis*. Вона проявляє чудову антиоксидантну, протизапальну та ранозагоювальну дії. Дану рослинну сировину використовують в різноманітних косметичних засобах. Проте, серед їхнього асортименту особливу увагу привертають маски на основі гідрогелів та патчі під очі [116].

Косметичні гідрогелеві маски добре звожують шкіру, відновлюють її еластичність та мають антивікову дію. Насичення гідрогелю рослинними екстрактами дозволить забезпечити глибоке проникнення БАР у шкіру та забезпечити відповідний ефект.

Екстракт *Calendula officinalis* містить різноманітні БАР, такі як: флавоноїди, сапоніни, ефірні олії тощо. Також досліджено, що даний екстракт проявляє антисептичну, протизапальну та антиоксидантну дії. Тому насичення гідрогелевого матеріалу екстрактом *Calendula officinalis* надасть змогу створити маски з антиоксидантними та антисептичними властивостями та застосовувати їх при подразненнях чи певних захворюваннях шкіри [117,118].

*Calendula officinalis* – це однорічна трав'яниста рослина, легко росте і проста в догляді. Вважають, що назва рослини походить від слова *calendas*, що означає «перший день місяця». Англійською календула відома як «золото» і асоціювалася з королевою Марією, звідси назва «Золото Марії» [131,132]. Взагалі календулу почали вирощувати у Європі з XII століття, її вважали декоративною рослиною протягом тривалого часу, потім почали використовувати як ефективний пестицид. Натомість, араби, індійці та греки вирощували її як лікарську рослину. В результаті, після виявлення цілющих властивостей календула стала лікувальною рослиною [131]. *Calendula officinalis* широко культивують у помірних регіонах світу. Вона росте в Центральній, Східній та Південній Європі, зазвичай культивується в Північній Америці, на

Балканах, Німеччині та Індії. В результаті проведених фіто-хімічних досліджень, виявили наявність різних хімічних сполук, включаючи: вуглеводи, амінокислоти, ліпіди, каротиноїди, терпеноїди, флавоноїди, хініни, кумарини та інші складові [133].

Екстракти рослини *Calendula officinalis* містять багато біологічно активних речовин та проявляють біологічну активність. Наприклад, листя *Calendula officinalis* містить ефіри тритерпеноїдів, флавоксантин, ауроксантин, каротиноїди (лютеїн, зеаксантин, бета-каротин). Квітки *Calendula officinalis* містять флавонол глікозиди, тритерпенові олігоглікозиди, тритерпенові глікозиди олеананового типу, сапоніни та сесквітерпеновий глікозид. Екстракти рослини широко використовуються в космецевтиці, ймовірно через наявність таких сполук, як флавоноїди, сапоніни, смоли і ефірні олії. Екстракти даної рослини володіють різноманітними фармакологічними властивостями, зокрема антицитотоксичною, гепатозахисною та спазмолітичною, також фармакологічні дослідження показали, що екстракти календули лікарської проявляють протівірусну, протизапальну, антибактеріальну та фунгіцидну дії [134].

*Ginkgo biloba L.* (з сімейства *Ginkgoaceae*; англійська назва, *maidenhair tree*) - це жива копалина, яка вразила вчених у всьому світі завдяки наявності біологічно активних сполук та медичним значенням. Загальна назва Гінкго є фонетичною вимовою японської назви дерева, тоді як видова назва «білоба» відноситься до двох окремих часток, типових для листя дерева. Гінкго є унікальною рослиною завдяки своїй відмінній класифікації в царстві рослин, однією з найдавніших насінневих рослин, яку вважають «живою викопною». Дерево гінкго процвітало 150 мільйонів років тому в мезозойську еру. Найбільшого розвитку він досяг у юрський та крейдяний періоди. Зараз дерево гінкго широко культивується в Азії, Європі, Північній Америці, Новій Зеландії та Аргентині. Це дерево має довгу історію використання в медицині китайцями, близько 2000 років.

Екстракти листя гінкго широко використовуються в рослинних лікарських продуктах, харчових і дієтичних добавках. Різноманітність біологічно активних



сполук, таких як: терпеноїди (наприклад, гінкголіди, білобалід), флавоноїди (наприклад, кемпферол, кверцетин, ізорамнетин), біфлавоноїди (наприклад, сциадопітизин, гінкгетин, ізогінкгетин) та органічні кислоти (наприклад, гінкголева кислота), дозволяють розширити його використання в різних біологічних системах.

Перспективним використанням екстракту гінкго є галузь космецевтики. Висока концентрація антиоксидантних сполук, присутніх в екстракті листя гінкго білоба, таких як: флавоноїди і поліфеноли, дозволяє цьому інгредієнту функціонувати в якості поглинача вільних радикалів, які прискорюють процес старіння, шкіра краще захищена від вільних радикалів.

Екстракт листя гінкго білоба надає заспокійливу дію на шкіру, допомагаючи зменшити запалення. Він пригнічує вироблення активних видів кисню та азоту, які мають протизапальну дію на клітини. Гінкго білоба також багата кверцетином, флавоноїдом, який добре відомий своїми протизапальними властивостями. Оскільки екстракт листя гінкго білоба зменшує запалення і заспокоює шкіру, він є відмінним інгредієнтом при шкірних захворюваннях, таких як акне, екзема або інші види почервоніння та запалення на обличчі [135,136].

Отже, проаналізувавши різні літературні джерела, можна сказати, що актуальною темою сьогодення є дослідження гідрогелів та їх насичення різноманітними природними компонентами для області космецевтики. Гідрогелі є чудовим матеріалом для застосування в даній сфері, оскільки мають велику площу поверхні відносно об'єму, що спричиняє збільшення поглинання розчинів наповнювача та вивільнення їх; пористу структуру та розмір пор, який є достатнім для запобігання входу мікроорганізмів, проте надають можливість для клітинного дихання та газообміну, гальмують зневоднення шкіри, також вони є гнучкими та сумісними з шкірою, захищають від інфекцій тощо. Розроблення комплексів гідрогель:екстракт дозволить створити космецевтичні маски, які можна буде використовувати як базовий догляд, так і у вирішенні вузьких проблем шкіри обличчя.

На основі зібраних даних, є можливість розробити комплекси на основі як синтетичних (гідрогель складу ГЕМА:ПВП), так і природних гідрогелевих матеріалів (гідрогель на основі гіялууронової кислоти), які мають необхідні фізико-механічні властивості, які дозволяють насичувати їх екстрактами лікарських рослин, а саме екстрактами *Calendula officinalis* та *Ginkgo biloba*. Розроблені гідрогелеві комплекси з екстрактами *Calendula officinalis* та *Ginkgo biloba* задовольняють усі вимоги, необхідні для створення космецевтичних масок, містять БАР та мають біологічну активність. Вони можуть бути використані для розроблення гідрогелевих масок із зволожуючою, антимікробною та антиоксидантною діями, які можуть використовуватися як для щоденного догляду, так і для лікування певних проблем чи захворювань шкіри.