

ЕЛАСТОМЕРНІ ГІДРОГЕЛЕВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ

**І. О. ЛЯШОК, В. А. ДЕНИСЮК, І. Ю. ВИШТАЛЮК, Ю. О. ЄРШОВА,
Д. О. АНТОНЕНКО**

*Київський національний університет технологій та дизайну, м.Київ, вул. Мала
Шияновська 2, e-mail: liashok77@gmail.com*

В роботі доведено можливість отримання методом кріоструктурування еластомерних гідрогелів на основі суміші полімерів ПВС/Кр у співвідношенні від 10/0 до 0/10. Встановили, що при вмісті крохмалю більше 50% відбувається колапс гідрогелів з досягненням рівноважного значення сорбції через 48 годин.

Вступ

Гідрогелі - це матеріали, які складаються з довгих молекул полімеру, зв'язаних між собою в тривимірну структуру. Завдяки цьому гідрогелі здатні поглинати воду в значній кількості, збільшуючись у об'ємі. Гідрогелеві матеріали можна виготовляти з використанням природних полімерів, таких як альгінат, хітозан, желатин, крохмаль, гелланова камедь і целюлоза. Крім того, гідрогелі, виготовлені з використанням синтетичних полімерів, таких як полівініловий спирт (ПВС), полівінілпіролідон (ПВП), поліетиленгліколь (ПЕГ) і поліакрилова кислота (ПАК), мають кращі механічні властивості. Найпоширенішим у виготовленні гідрогелевих матеріалів є ПВС, оскільки він поєднує і механічну міцність, і біосумісності [1], тому успішно застосовувався як пов'язка для ран, система доставки ліків та у тканинній інженерії.

Медичні гідрогелі на основі ПВС мають ряд корисних властивостей. Вони стійкі до розкладання в організмі, можуть довго перебувати в ньому, не викликаючи побічних ефектів. Вони також можуть використовуватися для виготовлення препаратів, що запобігають утворенню тромбів, виведення з організму біологічно активних речовин, стимулювання або пригнічення дії ферментів, вирощування живих клітин, очищення та поділу фармацевтичних і біологічних речовин [3].

Гідрогелі на основі ПВС можна отримати двома способами: хімічним зщиванням при додаванні тетраборату натрія, або діальдегіду; фізичним

зшиванням методом чергування циклів заморожування – розморожування розчинів ПВС.

В останні десятиліття біоактивні екстракти, отримані з тваринних і рослинних джерел, стали об'єктом значного інтересу для розробки ефективних медичних продуктів. На сьогоднішній день для поліпшення процесу загоєння ран застосовують різні природні матеріали. Екстракти, отримані з трав, мають ряд терапевтичних переваг для загоєння ран, оскільки містять флавоноїди, жирні кислоти, алкалоїди та вуглеводи. Ці сполуки мають антибактеріальні, протигрибкові, антиоксидантні та протизапальні властивості.

Незважаючи на свою ефективність, екстракти з трав мають недоліки, зокрема нестабільність і чутливість до зовнішніх умов. Це обмежує їх широке використання.

Інкапсуляція є одним із ефективних способів збереження властивостей екстрактів з трав та полегшення їх доставки до цільових органів. Полісахариди, завдяки своїй гідрофільності, біосумісності, здатності до біологічного розкладання, кількості та відповідним функціональним групам, є ідеальними каркасами для інкапсуляції різних фітохімічних речовин.

Еластичні гідрогелеві матеріали на основі рослинних екстрактів – це нові матеріали, які мають потенціал для широкого спектру застосувань, включаючи медицину, фармацію, косметику та промисловість. Ці матеріали виготовляються на основі рослинних екстрактів, які містять вуглеводи, білки або ліпіди. Вони мають еластичні властивості, що робить їх схожими на природні тканини [2].

Гідрогелі на основі полісахаридів, збагачені рослинними екстрактами, надають унікальну можливість для розробки систем доставки ліків з спеціальними властивостями для загоєння ран.

Метою цієї роботи є створення гідрогелів на основі екстракту кропиви дводомної (*Urticaceae*), ПВС та крохмалю, та встановлення їх сорбційних характеристик.

Листки кропиви дводомної містять вітамін К1 — 0,2%, каротиноїди — до 50 мг% (β -каротин — до 60%, гідрокси- α -каротин, лютеоксантин, лютеїн-епоксид, віолаксантин, ксантофіл, ксантофіл-епоксид); кислоту аскорбінову — 0,6%, вітаміни В1, В2, В3, Е, РР; флавоноїди — кверцетин, кемпферол і рамнетин, тритерпенові сапоніни; кислоти гідроксикоричні (кофейну, ферулову і *n*-кумарову) та органічні (мурашину і лимонну); гістамін, ацетилхолін, глікозид уртицин, хлорофіл (до 3%), дубильні і білкові речовини, крохмаль, макро- і мікроелементи [4]. Екстракт кропиви має виражену гемостатичну дію, застосовується для загоєння ран і прискорення регенерації шкірних і слизових покривів. Антисептичні властивості рослини знижують ймовірність ускладнень, допомагають усунути запальні процеси.

Методи досліджень

Для створення основи гідрогелевих матеріалів використовували суміші на основі екстракту кропиви 10% розчину полівінілового спирту (ПВС) та 10 % розчину крохмалю (Кр) у співвідношенні від 10/0 до 0/10. Гідрогелі отримували шляхом однократного заморожування протягом 24 годин при температурі $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, в результаті якого відбувалося кріоструктурування. Для оцінки впливу кількості крохмалю в композиції ПВС/Кр на властивості гідрогелевих матеріалів досліджували гравіметричним методом сорбційні характеристики композицій. Для цього кріогідрогелів на основі екстракту кропиви витримували у воді при температурі $23 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 48 год. Сорбцію визначали за формулою:

$$W_m = (m_t - m_c) / m_c$$

де m_t – маса зразка, в момент часу сорбції t , г;

m_c – маса зразка, висушеного до сталої маси.

Результати дослідження

В роботі було досліджено вплив кількості крохмалю на утворення гідрогелів на основі екстракту кропивви. Утворення гідрогелів на основі ПВС/Кр відбувається кріоструктуруванням, при заморожуванні кристалізується Кр, а при розморожуванні – ПВС. Встановлено, що всі композиції з вмістом крохмалю утворюють стійку структуру гідрогелевого матеріалу.

На рисунку наведені криві сорбції дистильованої води для зразків кріогідрогелів ПВС/Кр на основі екстракту кропивви у співвідношення від 10/0 до 0/10.

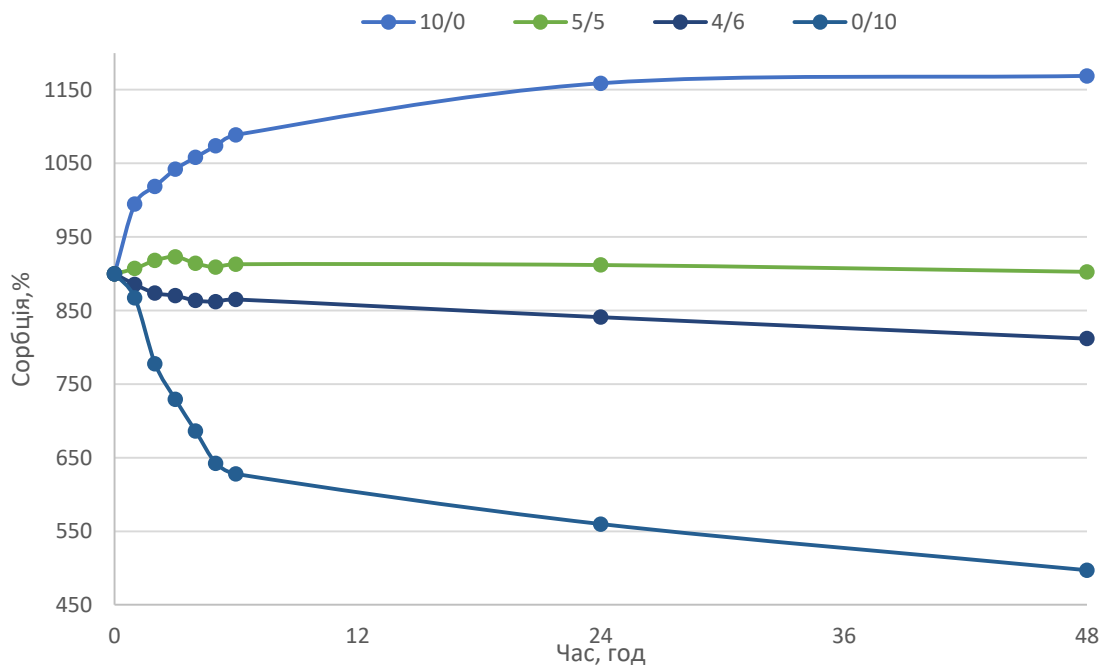


Рисунок – Сорбція дистильованої води зразків кріогідрогелів ПВС/Кр на основі екстракту кропивви

Характер кривих сорбції гідрогелю ПВС/Кр на основі екстракту кропивви у співвідношенні від 10/0 до 5/5 свідчить, що цей матеріал має просторово зшиту структуру з обмеженим набуханням. Тобто під час перебування у дистильованій воді відсоток вологості збільшується з 900 до 1170 %, тобто у 1,3 рази. При збільшенні кількості крохмалю відбувається повна зміна характеру кривих сорбції. Вже з перших хвилин перебування зразків у воді їх маса знижується, спостерігається візуальне зменшення

об'єму, вологість при цьому знижується в середньому у 1,8 рази. Тобто спостерігається колапс гідрогелів, або витіснення води.

Висновки

В роботі доведено можливість отримання методом кріоструктурування гідрогелів з суміші полімерів ПВС/Кр на основі екстракту кропиви у співвідношенні від 10/0 до 0/10.

Встановили, що на характер кривих сорбції має вплив кількість крохмалю у гідрогелевому матеріалі, а саме при вмісті крохмалю більше 50% відбувається колапс гідрогелевих систем з досягненням протягом 48 годин рівноважного значення сорбції.

Література

1. Thomas Michel, Emilie Destandau, Gaëtan Le Floch, Marie Elisabeth Lucchesi, Claire Elfakir Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) leaf, stem, root and seed. *Food Chemistry*, **2012**, 131, 754-760 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.029>
2. Umar Nabi Tak, Showkat Rashid, Firdaus Ahmad Ahangar, Pawandeep Kour, Arjumund Shaheen, Saima Sidiq, Gousia, Ayaz Ahmad Manhas, Nighat Nazirb, Aijaz Ahmad Dar A composite polyvinyl alcohol–medicinal plant extract crosslinked hydrogel: a novel soft system with excellent rhodamine B adsorption and significant antifungal activity. *New J. Chem.*, **2023**, 47, 13422-13435 <https://doi.org/10.1039/D3NJ02229C>
3. Morteza Abazari, Tayebbeh Akbari, Mahdiye Hasani, Elham Sharifikolouei, Mohammad Raoufi, Alireza Foroumadi, Mohammad Sharifzadeh, Loghman Firoozpour, Mehdi Khoobi Polysaccharide-based hydrogels containing herbal extracts for wound healing applications. *Carbohydrate Polymers*, **2022**, 294, 119808 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119808>
4. Фармакогнозія: базовий підруч. для студ. вищ. фармац. навч. закл. (фармац. ф-тів) IV рівня акредитації / В.С. Кисличенко, І.О. Журавель, С.М. Марчишин та ін.; за ред. В.С. Кисличенко. — Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2015. – 736 с.