

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництва та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництва різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2024
© Сумський державний університет, 2024

ВИГОТОВЛЕННЯ ЕВТЕКТОГЕЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ З НАНОЧАСТИНКАМИ МЕТАЛІВ ТА ОЦІНКА ЇХ СТАБІЛЬНОСТІ В УМОВАХ СЕРЕДОВИЩ З РІЗНИМ ЗНАЧЕННЯМ pH

К.О. Позняк, В.І. Воробйова

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
kyrpoz@ukr.net

Використання гідрогелів останніми десятиріччями поступово зростає в багатьох сферах, оскільки їх унікальна структура, що утворює порожнини різних розмірів і форм, проміжний стан між твердим та рідким станом, біорозкладність та нетоксичність надають можливості до використання їх для адресної доставки ліків [1]. Окрім цього, їх також використовують в якості біосенсорів, у косметиці, для покриттів тощо [2].

Проте, гідрогелі також мають певні недоліки, зокрема: погана термічна стійкість, погана стабільність та, переважно, такі гелі не проводять електричний заряд. Тому значна частина досліджень направлені на пошук методів покращення властивостей, зокрема заміну наповнювача [3, 4, 5]. Таким чином, при заміні води на органічні рідини утворюються органогелі, термостабільність яких може бути регульована завдяки підбору органічної рідини за температурою кипіння, та забезпечити гідрофобність чи стійкість до льодоутворення [3]. Окрему цікавість викликають олеогелі, тобто гелі, в яких наповнювачем виступає масляна основа, такі гелі, через їх гідрофобність представляють інтерес для розділення водної та масляної фаз, уловлення надмірних жирів в харчових продуктах та використання для трансдермальної доставки ліків в якості носіїв, оскільки мають полегшений механізм перенесення ліків та наночастинок під шкіру [4].

Для окремих задач, такі як біосенсори чи використання в електроніці, найголовнішими параметрами є електропровідність, гнучкість та стабільність гелю. Для рішення цих задач використовують іонні рідини (IP) [5]. При додаванні іонних рідин в гелеву структуру досягаються унікальні властивості завдяки нековалентним взаємодіям, зокрема: водневим зв'язкам, Кулонівським, Ван-дер-Ваальсовим взаємодіям тощо. Вони утворюють стійку структуру за рахунок поперечного «зшивання» та деякі з них навіть мають здатність до самовідновлення за 3-4 години контакту [6].

Ключовою проблемою іонних рідин, зокрема, для використання їх в медичних цілях, є їх токсичність, багато досліджень вказують на те, що іонні рідини здатні шкодити навколишньому середовищу та накопичуватись в клітинах бактерій і негативно впливати на їх життєдіяльність [7, 8], тому зараз їм на заміну приходять низькотемпературні евтектичні розчинники (НЕР) [5]. Евтектичні розчинники – це рідкі суміші, які утворені змішуванням двох чи більше твердих компонентів, серед яких щонайменше один виступає в якості донору водневого зв'язку (ДВЗ), та один – акцептору водневого зв'язку (АВЗ). Їх рідка фаза спостерігається, коли встановлюється рівновага системи тверда речовина–рідина і утворюється евтектична система, через що значно знижується температура плавлення. Термін «низькотемпературний» якраз і підкреслює те, що температура плавлення евтектичного розчинника є значно нижчою, ніж температура плавлення окремих речовин, що є прекурсорами НЕР. НЕР аналогічні IP, бо вони мають схожі властивості та характеристики з IP, проте вони мають такі переваги, як низька

летючість, нетоксичність, негорючість, біорозкладність та простота виготовлення [9].

Окрім покращення властивостей гелю, НЕР також приймають важливу участь при зеленому синтезі наночастинок металів, зокрема, і в якості використання для розчинення поліфенолів, флавоноїдів та інших речовин, що часто використовуються для такого методу синтезу, так і в якості стабілізуючого агента, що унеможливають розростання наночастинок понад 100 нм [10]. Тому використання НЕР дозволяє досягти комплексної дії і для покращення властивостей гелю, і в якості медіатора при синтезі наночастинок.

НЕР синтезують різними методами, зокрема: вакуумним випаровуванням, нагріванням суміші до приблизно 80 °С, або ж, нагріванням до приблизно 50 °С з невеликим додаванням води (для термічно малостабільних компонентів).

В даній роботі для синтезу НЕР були використані холін хлорид (98 %, отримано від Sigma Aldrich) та ксилітол (99 %, отримано від Sigma Aldrich) в молярному співвідношенні 1:2 та був використаний метод нагрівання, без додавання води. Для цього компоненти були поміщені в колбу (50 мл) та колба була нагріта до 85 °С на водяній бані. Нагрівали до повного розчинення компонентів. У результаті отримали в'язку та, практично, безбарвну, прозору рідину.

Для синтезу наночастинок золота та срібла були використані розчини HAuCl_4 та AgNO_3 відповідно. Для цього розчини-прекурсори наночастинок були поміщені в колби (100 мл) та перемішувались при 50 °С. Після чого до них поступово, по краплинам, додавався НЕР і розчини набували характерного кольору (бордовий для HAuCl_4 та сіро-бурий для AgNO_3). Перемішування продовжувалось протягом ще 30 хвилин і в результаті були отримані трохи в'язкі розчини відповідних кольорів.

Для синтезу евтектогелю з наночастинками металів в якості гелеутворювача був використаний полівініловий спирт (99%, отримано від Sigma Aldrich). Для цього, в колби помістили 100 г дистильованої води і нагріли до 90 °С на водяній бані, та поступово, повільно додавали 20 г полівінілового спирту при перемішуванні 100-200 об/хв. Після додавання полівінілового спирту, у колбу через шприц, по краплинам, вводилося 20% (від загальної маси розчину полівінілового спирту) системи НЕР-наночастинок. Компоненти перемішували протягом 2 годин. Отримали прозорі, дуже в'язкі рідини з вкрапленням бульбашок та з рожево-фіолетовим та сіро-бурим відтінком (при системі з наночастинками золота та срібла відповідно). Рідини відлили у форму та помістили під вакуум для видалення бульбашок повітря, що потрапили при перемішуванні. Після цього зразки охолоджували протягом години за температури -30 °С. Отримані гелі були достатньо еластичними та прозорими.

Для визначення стабільності гелів до дій середовищ з різним рН, зразки гелю були розрізані до маленькі шматки (менше 1 г), зважені та занурені в буферні розчини з різними значеннями рН, від 3,56 до 9,18. Кожні 7 днів зразки оцінювались візуальним методом та після 14 днів з початку експерименту зразки були вилучені з середовища, видалений надлишок буферних розчинів з зразків за допомогою паперових рушників та зразки були зважені. Для розрахунку набухання використовувалась формула:

$$\text{Swelling} = \frac{W_s - W_d}{W_d},$$

де W_s – маса набряклого гелю;

W_d – маса сухого гелю.

Усі зразки набухали, що перебували в буферних розчинах з рН від 3,56 до 6,86 (Рис. 1, a, b, c, e, f, g) мали візуальні зміни (набухання) лише в перші 7 днів, після чого практично не змінювались, в цей же час зразки, що перебували в буферному розчині при рН = 9,18 (Рис. 1, d, h) показали кратне збільшення маси та об'єму, зміну своїх властивостей (втрата еластичності) та часткове розчинення у буферному розчині.

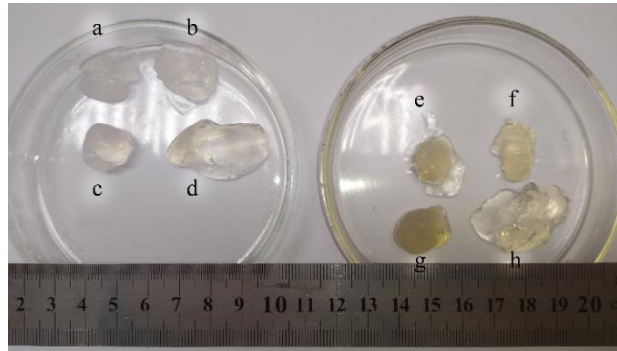


Рисунок 1 Евтектогелі після набухання протягом 14 днів, із золотими наночастинками (AuNP): a) рН = 3.56, b) рН = 4.01, c) рН = 6.86, d) рН = 9.18; зі срібними наночастинками (AgNP): e) рН = 3.56, f) рН = 4.01, g) рН = 6.86, h) рН = 9.18.

Розрахунок сприйнятливості до набухання представлений у таблиці:

Таблиця 1 Сприйнятливість зразків гелю до набухання.

Позн.	Тип наночастинок	рН	W_d	W_s	Swelling
a	AuNP	3.56	0,5947	1,6528	1,7792
b		4.01	0,7690	2,0300	1,6398
c		6.86	0,6875	1,7439	1,5366
d		9.18	0,7490	4,2178	4,6312
e	AgNP	3.56	0,7515	1,5628	1,0796
f		4.01	0,6987	1,3430	0,9221
g		6.86	0,8486	2,1437	1,5262
h		9.18	0,6901	3,6465	4,2840

Дані таблиці відображені на графіку (Рис. 2):

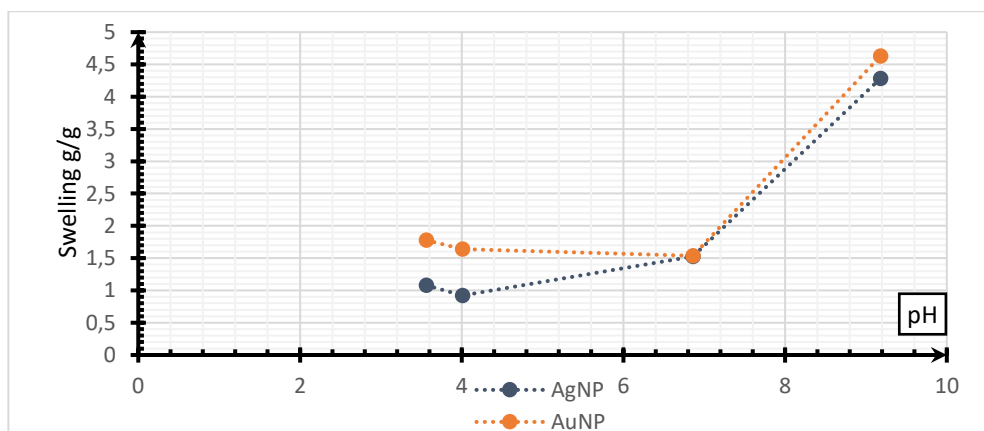


Рисунок 2 Сприйнятливість до набухання зразків гелю з наночастинками срібла та золота у розчинах з різними значеннями рН.

Згідно з даними, набування при кислому та нейтральному середовищі коливається в межах 0,92...1,78, при цьому при лужному середовищі воно є більш ніж 4-х кратним. Ці результати корелюють з дослідженням Siti та ін. [11], що також показали, що при зростанні значення рН евтектгель підвищує свою здатність до набування. Це може бути пояснено тим, що в лужному середовищі полегшується утворення водневих зв'язків між групами –ОН в ксилітолі та полівініловому спирті, в той час як при кислому середовищі ці групи набувають слабого позитивного заряду, що заважає утворенню водневих зв'язків. Оскільки гелі показують достатню стабільність при нейтральному та слабо-кислому значенні рН вони можуть бути використанні в біомедичних цілях.

Список літературних джерел

1. M. Chelu, A. M. Musuc. *Polymer Gels: Classification and Recent Developments in Biomedical Applications*. Gels, 2023, 9, 161.
2. J. Zhu, Y. Pan, H. Peng, J. Fang, G. Du, A. Tatke, B. Lian. Chapter 17 - In situ gel based on gellan gum, Editor(s): T. Kumar Giri, B. Ghosh, H. Badwaik. *Polysaccharide Hydrogels for Drug Delivery and Regenerative Medicine*, Elsevier, 2024, 261-272.
3. B. Hashemi, M. Varidi, E. Assadpour, F. Zhang, S. M. Jafari. Natural oleogelators for the formulation of oleogels by considering their rheological and textural perspective; a review, *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024, 259, 2, 129246
4. S. Dhal, K. Dhal, S. Giri. Transdermal Delivery of Gold Nanoparticles by a Soybean Oil-Based Oleogel under Iontophoresis. *ACS Appl. Bio Mater.* 2020, 3, 10, 7029–7039.
5. M. J. Panzer. Holding it together: noncovalent cross-linking strategies for ionogels and eutectogels. *Mater. Adv.* 2022, 3, 7709-7725.
6. P. Wang, G. Li, W. Yu, C. Meng, S. Guo. Color-Customizable, Stretchable, Self-Healable and Degradable Ionic Gel for Variable Human-Motion Detection via Strain, Pressure, and Torsion. *Adv. Mat. Int.*, 2022, 9, 11, 2102426.
7. R. J. Cornmell, C. L. Winder, G. J. T. Tiddy, R. Goodacreb, G. Stephens. Accumulation of ionic liquids in *Escherichia coli* cells. *Green Chem.*, 2008, 10, 836-841.
8. M. Matsumoto, K. Mochiduki, K. Kondo. Toxicity of ionic liquids and organic solvents to lactic acid-producing bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2004, 98, 5, 344-347.
9. M.A.R. Martins, S.P. Pinho, J.A.P. Coutinho, Insights into the nature of eutectic and deep eutectic mixtures, *J. Solut. Chem.* 2019, 48, 962–982.
10. V. I. Vorobyova, Plant Extract Based on Deep Eutectic Solvent-Mediated Biosynthesis of Silver Nanoparticles: Cytotoxicity and Antibacterial Effects. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2023, Volume 2023, Issue 1, 9672432
11. N. A. M. R. Siti, R. Yusof, R. M. Hanaphi, M. A. W. Chik. Enhanced water absorption in pectin-chitosan hydrogel via modification with deep eutectic solvent: Optimisation and characterization.