

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЗИМІВ В КОЛОРИМЕТРИЧНИХ ІМУНОАНАЛІЗАХ

Тодоров Я. С., Отрода М. С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, masha.otroda@gmail.com

Вступ. Імуноферментні аналізи та імуносенсиори здатні забезпечити високу чутливість для зондування мішені завдяки каталітично посиленим показанням, створеним їхніми ферментними мітками (пероксидаза хрому, лужна фосфатаза тощо). Однак використання цих природних ферментів приносить деякі небажані ефекти традиційним методам, включаючи високу вартість і короткий термін зберігання. З розвитком нанотехнологій і біотехнологій останніми роками почали використовувати новий тип наноматеріалів із властивими ферментоподібними характеристиками, як «нанозими». Нанозими не тільки виявляють високу каталітичну активність із можливістю налаштування, але й усувають дефекти природних ферментів, демонструючи переваги легкого приготування, низької вартості та високої стабільності [1].

Мета даної роботи – проаналізувати переваги використання нанозимів в колориметричних імуноаналізах та охарактеризувати останні дослідження в цьому напрямку.

Матеріали та методи. Методи літературного пошуку: пошук в базах даних (таких як PubMed, Scopus або Web of Science), пошук за допомогою Google Scholar, аналіз бібліографій.

Результати та обговорення. Серед усіх імуносенсорів найбільш популярним є колориметричні імунологічні аналізи. Як правило, такі аналізи на основі нанозимів працюють на основі каталізу міток нанозимів щодо деяких хромогенних субстратів, що дає зміни кольору, які можуть вказувати на рівні мішеней. Зазвичай для зчитування сигналу аналізів на основі розчину достатньо простого пристрою для зчитування – мікропланшетів. Значні зміни кольору можна розрізнити навіть неозброєним оком, що забезпечує можливість прямого візуального аналізу. Крім того, легко використовувати звичайні смартфони для запису та аналізу колориметричного відгуку, що робить його дуже привабливим для тестування на місці [2, 3].

Завдяки зазначеним вище характеристикам було розроблено багато колориметричних імуносенсорів на основі наноферментів для визначення маркерів раку, патогенів, функціональних білків, залишків пестицидів, токсинів, антибіотиків та інші біомаркери.

Було докладено значних зусиль для розробки імуноаналізів з використанням нанозимів. Для цього використовувалися різні формати. Наприклад, було розроблено стандартний сендвіч-імунологічний аналіз, використовуючи наноферменти оксидази, а також пероксидази. Імітатор пероксидази з високою активністю був отриманий шляхом захоплення PtNP разом із MNP оксиду заліза

в пористому вуглеці. Після цього нанозими використовували як сигнальний компонент для мічення антитіл. Завдяки цьому ген HER2 було виявлено за три хвилини за допомогою сендвіч-аналізу.

Крім того, ротавірус, який викликає діарею, був ефективно виявлений за допомогою розробленого імунологічного аналізу. Також був розроблений сендвіч-аналіз для виявлення гамма-семінопротеїну, який також називають простатоспецифічним антигеном.

Для запобігання поширенню надзвичайно інфекційних захворювань, наприклад вірусу Ебола, важлива швидка діагностика, зокрема локальне виявлення за допомогою портативних пристроїв. Нещодавно, для виявлення вірусу Ебола, була розроблена наноферментна смужка, яка показала в 100 разів більшу чутливість на відміну від смужки на основі наночастинок золота. Подібна смужка також була розроблена для виявлення хоріонічного гонадотропіну. Використовуючи портативний пристрій або смартфон, можна легко виміряти концентрацію хоріонічного гонадотропіну і передати її пацієнтам/лікарям або клінічному персоналу [4, 5].

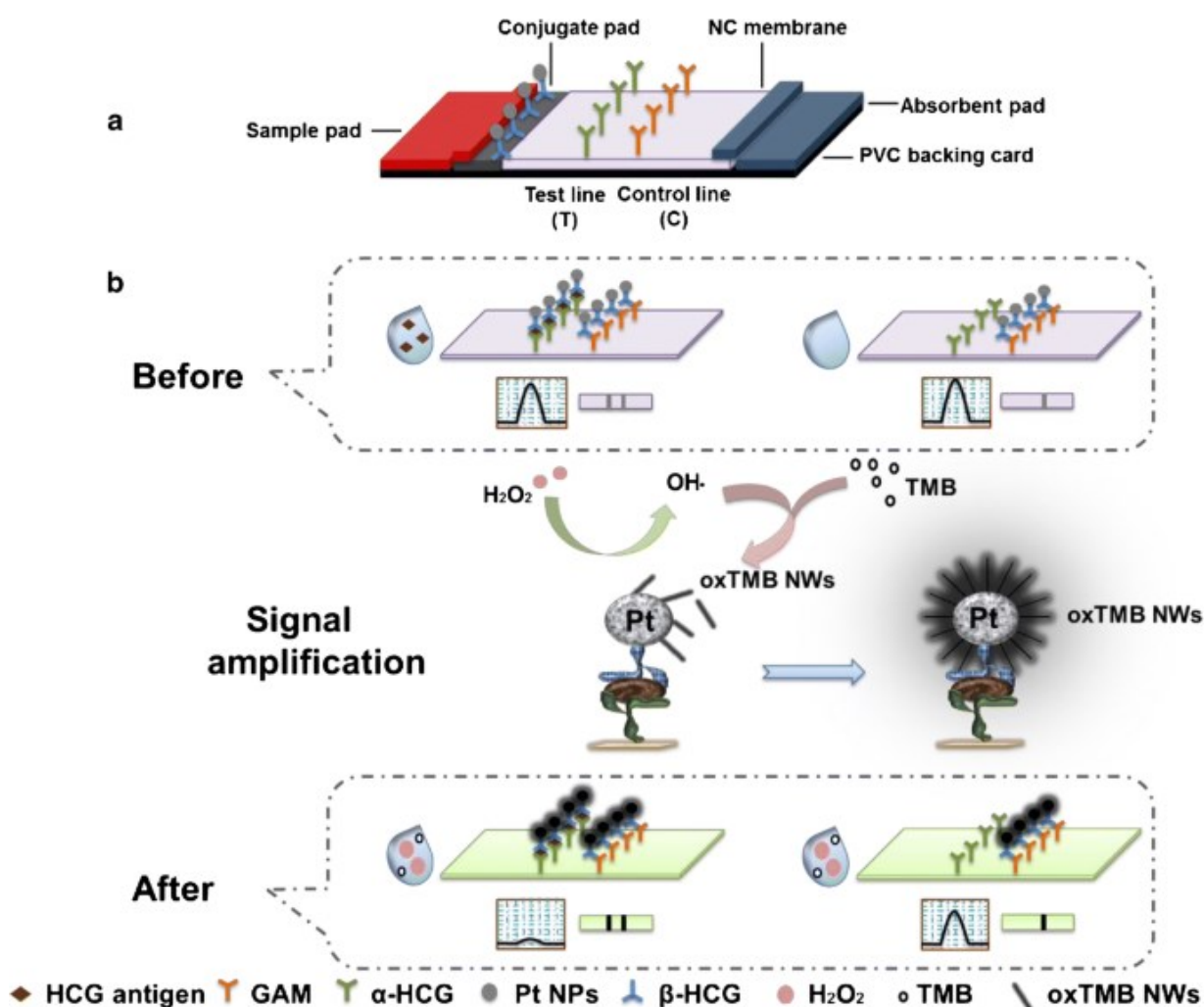


Рис. 1. Принцип роботи стрічкового імуносенсора для виявлення хоріонічного гонадотропіну: а – збірка ICTS, б – схематична ілюстрація покращеного імуноаналізу на основі нанозиму Pt NP [5].

Висновки. Поява нанозимів відкриває нову перспективу для вивчення біологічних ефектів наноматеріалів. Нанозими володіють усіма унікальними фізико-хімічними та оптоелектронними властивостями наноматеріалів, включаючи розмір, форму та склад. Нещодавно нанозими стали потужною альтернативою природним ферментам завдяки їхнім чудовим каталітичним властивостям і стійкості до суворих умов навколишнього середовища. Вони широко використовуються в широкому діапазоні застосувань, таких як біологія, медицина, сільське господарство, екологічна біотехнологія та інші галузі. Одне з головних застосувань – для колориметричних імуноаналізів, де вони дають більш помітну зміну кольору порівняно з широко використовуваним колориметричним субстратом ТМВ. Незважаючи на чудові переваги нанозимів, ці наноматеріали все ще страждають від деяких обмежень, таких як обмежені каталітичні типи, погана селективність субстрату та здатність до диспергування, легке осадження після модифікації поверхні та потенційна нанотоксичність.

Список використаної літератури:

1. Recent Advances in the Immunoassays Based on Nanozymes / L. Zhou et al. *Biosensors*. 2022. Vol. 12, no. 12. P. 1119. URL: <https://doi.org/10.3390/bios12121119>.
2. Review–Nanozyme-Based Immunosensors and Immunoassays: Recent Developments and Future Trends / X. Niu та ін. *Journal of The Electrochemical Society*. 2019. Т. 167, № 3. С. 037508. URL: <https://doi.org/10.1149/2.0082003jes>.
3. Recent developments in colorimetric immunoassays using nanozymes and plasmonic nanoparticles / A. Mohamad et al. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2018. Vol. 39, no. 1. P. 50–66. URL: <https://doi.org/10.1080/07388551.2018.1496063>.
4. Nanozymes for medical biotechnology and its potential applications in biosensing and nanotherapeutics / S. Munir та ін. *Biotechnology Letters*. 2020. Т. 42, № 3. С. 357–373. URL: <https://doi.org/10.1007/s10529-020-02795-3>.
5. Black oxidized 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine nanowires (oxTMB NWs) for enhancing Pt nanoparticle-based strip immunosensing / S. Lin et al. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2019. Vol. 411, no. 18. P. 4063–4071. URL: <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01745-x>.