

PHÁT TRIỂN CẢM BIẾN NANO PHÁT HIỆN THUỐC TRỪ SÂU TRÊN TRÁI CÂY

Các nhà nghiên cứu tại Viện Karolinska (Thụy Điển) đã phát triển thành công một cảm biến nhỏ giúp phát hiện thuốc trừ sâu trên trái cây chỉ trong vài phút*. Phương pháp này sử dụng kỹ thuật nhiệt phân phun lửa để phủ các hạt nano bạc trên bề mặt cảm biến, giúp khuếch đại tín hiệu phát hiện hóa chất. Tuy vẫn còn ở giai đoạn đầu, nhưng các nhà nghiên cứu hy vọng những cảm biến nano đầy triển vọng này có thể giúp phát hiện một cách nhanh chóng hàm lượng thuốc trừ sâu có trên thực phẩm trước khi tiêu thụ.

Mở đầu

Theo khảo sát được thực hiện gần đây, có tới một nửa số trái cây được bán ra trên thị trường châu Âu chứa dư lượng thuốc trừ sâu vượt quá hàm lượng cho phép đối với sức khỏe con người [1]. Tuy vậy, các kỹ thuật có thể phát hiện thuốc trừ sâu trên trái cây trước khi tiêu thụ bị hạn chế bởi chi phí quá cao, quy trình sản xuất cũng như thiết bị chế tạo các cảm biến quá cồng kềnh.

Từ những năm 70 của thế kỷ XX, các cảm biến nano đã được nghiên cứu với tên gọi tán xạ Raman tăng cường bề mặt (SERS), một kỹ thuật cảm biến mạnh mẽ có thể làm tăng tín hiệu chẩn đoán của các phân tử sinh học trên bề mặt kim loại lên hơn 1 triệu lần. Kỹ thuật này được trình bày lần đầu tiên bởi Martin Fleischmann, Patrick J. Hendra và A. James McQuillan tại Khoa Hóa học, Đại học Southampton,

Vương quốc Anh năm 1973. Đây là một kỹ thuật cảm biến mạnh mẽ, rất nhạy cảm với bề mặt và giúp tăng cường sự tán xạ Raman bởi các phân tử bị hấp phụ trên bề mặt kim loại gồ ghề hoặc bởi các cấu trúc có kích thước nano [2]. So với các kỹ thuật thông thường, SERS có thể cho chúng ta hệ số tăng cường nằm trong khoảng từ 10^8 - 10^{15} [3, 4], đồng nghĩa với việc có thể phát hiện tới kích thước các phân tử đơn lẻ. Các phương án thiết kế đã được phát triển trong nhiều năm từ các hạt nano keo kim loại đơn giản với các phân tử kết hợp không kiểm soát để tạo nên các cấu trúc nano phức tạp có tính chất từ tính [5, 6].

Công nghệ này đã được sử dụng trong một số lĩnh vực nghiên cứu thực tiễn, bao gồm: phân tích thành phần hóa học và môi trường, phát hiện các dấu vết sinh học cho các bệnh lý phổ biến, phát hiện hàm lượng thuốc trừ sâu trên cây trồng, hoa quả. Tuy nhiên, việc áp dụng cảm biến SERS cho các ứng dụng

thực tế nêu trên bị cản trở bởi quy trình chế tạo phức tạp, đòi hỏi kỹ thuật cao và chi phí tốn kém. Mới đây, các nhà nghiên cứu của Viện Karolinska ở Thụy Điển do TS Georgios Sotiriou dẫn đầu đã phát triển thành công kỹ thuật nhiệt phân phun lửa, một quá trình chế tạo nano linh hoạt, có khả năng mở rộng cao và có thể tái tạo để tạo ra các hạt nano siêu nhỏ có cấu trúc plasmonic nanoaggregates [7-10]. Đặc biệt, kỹ thuật này rất phù hợp để nhận biết hàm lượng thuốc trừ sâu với nồng độ thấp trên trái cây tại các cửa hàng, siêu thị. Ưu điểm nổi bật trong nghiên cứu này là sử dụng phương pháp nhiệt phân phun lửa để nhanh chóng tạo ra các màng SERS đồng nhất trên các diện tích bề mặt lớn [11]. Các nhà nghiên cứu có thể tinh chỉnh khoảng cách giữa các hạt nano bạc riêng lẻ để tăng cường độ nhạy của chúng. Để khảo sát khả năng phát hiện hóa chất, một lớp thuốc nhuộm được đánh dấu mỏng lên trên các cảm biến và sử dụng máy quang phổ để phát

*Nghiên cứu được công bố trên Tạp chí Advanced Science, số bài báo 2201133, xuất bản ngày 7/6/2022.

hiện dấu vết phân tử. Kết quả cho thấy, các cảm biến đã phát hiện rất chính xác và nhanh chóng các tín hiệu phân tử thu nhận được trên bề mặt. Ngoài ra, hiệu suất hoạt động của các cảm biến vẫn còn nguyên vẹn khi được thử nghiệm lại sau 2,5 tháng. Điều này nhấn mạnh tiềm năng ứng dụng của phương pháp chế tạo mới; cũng như tính khả thi của chúng đối với sản xuất quy mô lớn.

Cơ chế hoạt động hiệu quả của cảm biến nano SERS

Trong nghiên cứu hiện tại, các nhà khoa học đã đề xuất phương pháp chế tạo cảm biến nano SERS bằng cách sử dụng kỹ thuật nhiệt phân phun lửa để phủ hạt nano bạc lắng đọng trên bề mặt thủy tinh [12]. Ưu điểm

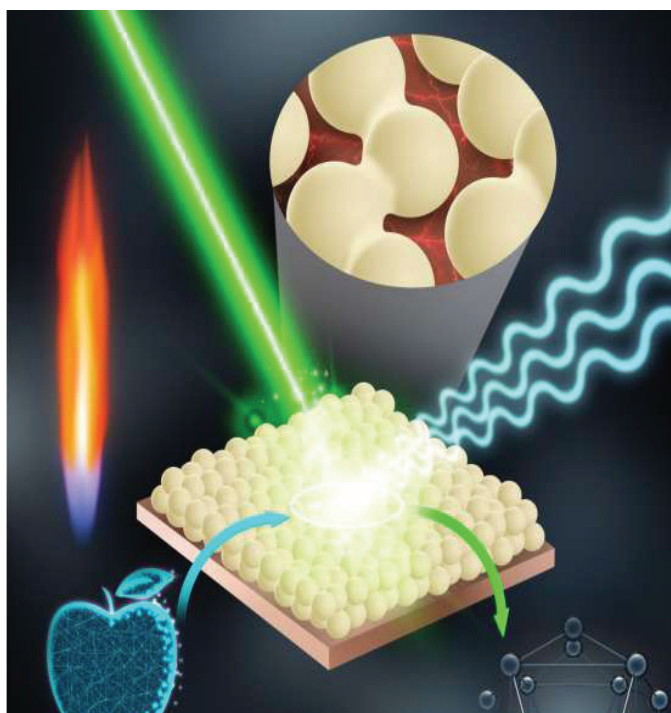
nổi bật của phương pháp này là khắc phục được quy trình chế tạo phức tạp và tiết kiệm chi phí. Về bản chất, quang phổ Raman tăng cường bề mặt dựa trên hiện tượng tán xạ ánh sáng không đàn hồi (tán xạ Raman), cung cấp thông tin về các chế độ dao động của các phân tử được khảo sát và đạt được độ nhạy khi có trường điện từ tăng cường được tạo ra ở gần các hạt nano kim loại kích thích trong điều kiện cộng hưởng. Cơ chế tăng cường điện từ và hóa học là 2 quá trình cơ bản dẫn đến tín hiệu Raman được tăng cường. Bằng cách thiết lập thời gian và cường độ dòng nhiệt phù hợp, các nhà khoa học có thể kiểm soát độ dày lớp phủ kim loại cũng như hình thái cấu trúc

của chúng trên bề mặt thủy tinh (hình 1).

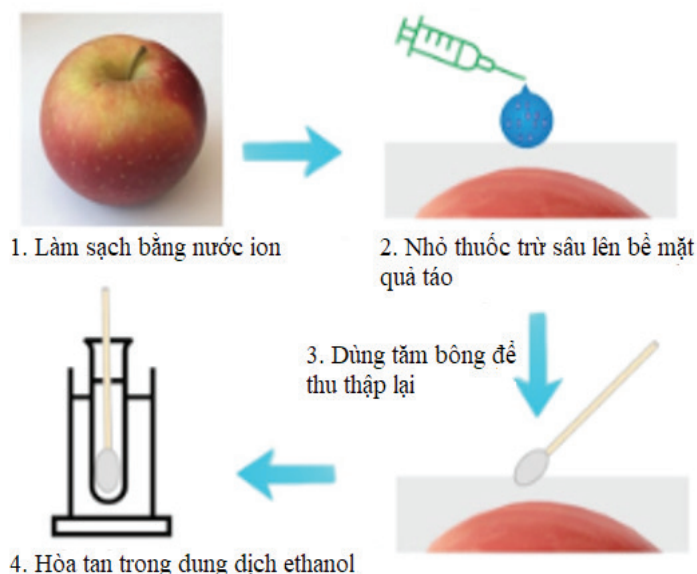
Công nghệ nhiệt phân phun lửa có đặc tính tái tạo cao để tạo nên các cảm biến nano siêu nhỏ và dễ điều khiển, được sử dụng để nhanh chóng hình thành các màng cảm biến SERS đồng nhất bằng phương pháp tự tập

Phát hiện nhanh dư lượng thuốc trừ sâu trên bề mặt trái cây

Để kiểm tra ứng dụng thực tế của cảm biến nano SERS, các nhà nghiên cứu đã sử dụng mẫu chế tạo để phát hiện parathion-



Hình 1. Sự lắng đọng hạt nano bằng kỹ thuật nhiệt phân phun lửa tạo ra các cảm biến nano.



Hình 2. Quy trình thực nghiệm phát hiện dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trên bề mặt quả táo.

ethyl (một loại thuốc trừ sâu nông nghiệp độc hại bị cấm hoặc hạn chế ở hầu hết các quốc gia) ở nồng độ thấp. Để thử nghiệm, một lượng nhỏ parathion-ethyl được nhỏ lên vỏ của một quả táo. Các dư lượng thuốc trừ sâu parathion-ethyl sau đó được thu thập bằng tăm bông và ngâm trong dung dịch để hòa tan các phân tử thuốc trừ sâu. Dung dịch hòa tan sau đó được nhỏ vào cảm biến và chờ trong vài phút (hình 2). Kết quả cho thấy sự hiện diện của thuốc trừ sâu trong mẫu thử một cách rõ ràng sau 5 phút mà không hề làm hỏng trái cây. Điều này có được do độ nhạy rất cao của cảm biến được thúc đẩy bởi hiệu ứng tán xạ Raman tăng cường bề mặt, vốn được tối ưu hóa nhờ việc tinh chỉnh khoảng cách giữa các hạt nano bạc.

Kết quả cho thấy tiềm năng

của các màng cảm biến SERS trong việc nhanh chóng phát hiện dư lượng thuốc trừ sâu, đảm bảo an toàn thực phẩm và sức khỏe con người về lâu dài. Trong tương lai, các cảm biến sẽ có thể được tích hợp trong một bộ kit cầm tay nhỏ bé để mỗi người có thể mang theo dễ dàng khi đi mua rau và hoa quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://phys.org/news/2022-06-nano-sensor-pesticides-fruit-minutes.html>.
- [2] X. Xu, et al. (2013), "Near-field enhanced plasmonic-magnetic bifunctional nanotubes for single cell bioanalysis", *Advanced Functional Materials*, **23(35)**, pp.4332-4338, DOI:10.1002/adfm.201203822.
- [3] M. Meyer, et al. (2007), "Surface enhanced raman scattering enhancement factors: a comprehensive study", *J. Phys. Chem. C*, **111(37)**, pp.13794-13803, DOI:10.1021/jp0687908.
- [4] E.J. Blackie, et al. (2009), "Single-molecule surface-enhanced raman

spectroscopy of nonresonant molecules", *J. Am. Chem. Soc.*, **131(40)**, pp.14466-14472, DOI:10.1021/ja905319w.

[5] I.J. Jahn, et al. (2020), "Application of molecular SERS nanosensors: where we stand and where we are headed towards?", *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **412(13)**, pp.5999-6007, DOI:10.1007/s00216-020-02779-2.

[6] Y. Mandelbaum, et al. (2020), "Design of surface enhanced raman scattering (sers) nanosensor array", *Sensors*, **20(18)**, DOI:10.3390/s20185123.

[7] S. Reto, et al. (2007), "Flame aerosol synthesis of smart nanostructured materials", *Journal of Materials Chemistry*, **17(45)**, pp.4743-4756, DOI:10.1039/b711652g.

[8] M. Lutz (2010), "Flame spray pyrolysis: an enabling technology for nanoparticles design and fabrication", *Nanoscale*, **2(8)**, pp. 1324-1347, DOI:10.1039/c0nr00017e.

[9] L. Shuiqing (2016), "Flame aerosol synthesis of nanostructured materials and functional devices: Processing, modeling, and diagnostics", *Prog. Energy Combust. Sci.*, **55**, pp.1-59, DOI:10.1016/j.pecs.2016.04.002.

[10] M. Florian (2021), "Synthesis of metal oxide nanoparticles in flame sprays: review on process technology, modeling, and diagnostics", *Energy Fuels*, **35(7)**, pp.5495-5537, DOI:10.1021/acs.energyfuels.0c04054.

[11] M. Bransen, et al. (2022), "Silica-coated gold nanorod supraparticles: a tunable platform for surface enhanced raman spectroscopy", *Advanced Functional Materials*, **2200148**, DOI: 10.1002/adfm.202200148.

[12] H. Li, et al. (2022), "SERS hotspot engineering by aerosol self-assembly of plasmonic Ag nanoaggregates with tunable interparticle distance", *Adv. Sci.*, **e2201133**, DOI:10.1002/advs.202201133.

Mai Văn Thủy (tổng hợp)