

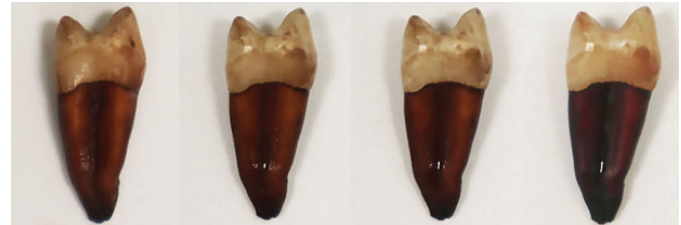
TẮY TRẮNG RĂNG THÔNG QUA VẬT LIỆU ÁP ĐIỆN $BaTiO_3$

Hầu hết mọi người đều mong muốn có được ngoại hình với một nụ cười trắng sáng. Trước nhu cầu này, nhiều phương pháp tẩy trắng răng đã được nghiên cứu và cho ra đời. Tuy nhiên, đa phần những phương pháp hiện tại hoặc thiếu hiệu quả, hoặc có chi phí cao, đòi hỏi nhiều thời gian, thậm chí còn có nguy cơ gây ra các tác dụng phụ đối với sức khỏe. Chính vì vậy, trong một nghiên cứu gần đây, nhóm tác giả do TS Yaojin Wang (Khoa Khoa học công nghệ vật liệu, Đại học Khoa học và Kỹ thuật Nanjing, Trung Quốc) đứng đầu đã đề nghị sử dụng các hạt vật liệu áp điện $BaTiO_3$ như một loại xúc tác piezo cho quá trình tẩy trắng răng. Dưới tác động của bàn chải, các hạt nano này bị kích thích và sinh ra các tiểu phân oxy hoạt hóa, cho phép phân hủy tất cả những phân tử hữu cơ bám bản và tạo màu trên răng, giúp răng được tẩy trắng một cách hiệu quả. Phương pháp này không sử dụng hóa chất độc hại, hứa hẹn sẽ được quan tâm triển khai trong tương lai.

Các phương pháp tẩy trắng răng truyền thống

Ngày nay, với sự nâng cấp liên tục trong tiêu chuẩn thẩm mỹ, ngày càng có nhiều người mong muốn cải thiện ngoại hình của họ với một nụ cười trắng sáng hơn. Tuy nhiên, đối với hầu hết mọi người, giữ gìn một hàm răng trắng luôn là thách thức khi mà sự ố màu và bám bản dễ dàng đến với răng không chỉ do thói quen hút thuốc lá mà còn từ sở thích ăn các loại trái cây có màu cũng như uống một số thức uống chứa trà và cà phê (hình 1) [1]. Chính vì vậy, nhiều nhà sản xuất trên thế giới đã nhanh chóng cho ra đời các sản phẩm tẩy trắng răng. Đồng thời, các kỹ thuật tẩy trắng cũng liên tục được phát triển, dần dần trở thành một trong những quy trình nha khoa thẩm mỹ quan trọng nhất [2].

Một cách tổng quát, để có một hàm răng trắng, cách đơn giản nhất là đánh răng hàng ngày với kem đánh răng có chức năng mài mòn và tẩy trắng. Biện pháp này không chỉ an toàn mà còn tiết kiệm thời gian và tiền bạc. Tuy nhiên, những mảng bám trên răng chỉ thật sự bị loại bỏ khi có sự va chạm, ma sát hiệu quả giữa răng và các hạt mài mòn không tan như $Al(OH)_3$, $CaCO_3$ và SiO_2 . Điều này vừa khiến cho khả năng làm trắng của kem đánh răng bị hạn chế, vừa có nguy cơ gây ra các vết xước nhẹ trên bề mặt răng [3]. Để tăng mức độ hiệu quả, một vài phương pháp làm trắng răng chuyên nghiệp đã được



Hình 1. Răng dễ dàng bị ố màu khi tiếp xúc với thuốc lá, rượu, cà phê và các loại thực phẩm có màu.

phát triển và phổ biến, như kỹ thuật đánh bóng và bọc sứ [3]. Nhưng tiếc thay, các kỹ thuật này lại cần các giai đoạn nghiền, mài mòn, cắt men răng, vốn có thể gây ra những thiệt hại cho răng không thể hồi phục được. Hơn nữa, đánh bóng và bọc sứ thường có chi phí cao cũng như đòi hỏi nhiều thời gian [4].

Tẩy trắng răng thông qua các quá trình oxy hóa nâng cao

Những giới hạn của các kỹ thuật làm trắng răng nêu trên đã thúc đẩy các nhà khoa học không ngừng nghiên cứu các giải pháp mới. Một trong những kỹ thuật được đề nghị gần đây là sử dụng hydrogen peroxide (H_2O_2) nồng độ cao làm tác nhân tẩy trắng [5]. Khi tiếp xúc với nước và răng, H_2O_2 trong thành phần thuốc tẩy sẽ sinh ra các tiểu phân oxy hoạt hóa, không bền nhưng có khả năng tấn công vào những phân tử hữu cơ tạo màu trên bề mặt răng, phân hủy các vết bản thông qua quá trình oxy hóa

[6]. Kết quả là bề mặt răng nhanh chóng được tẩy trắng hiệu quả. Tuy nhiên, việc tẩy trắng bằng H_2O_2 lại đem đến những tác dụng phụ không mong đợi, chẳng hạn nguy cơ làm suy giảm cấu trúc men răng cũng như làm tăng độ sần sùi của bề mặt men [7], khiến phương pháp này không được ưa chuộng trên thế giới. Mặc dù vậy, từ cơ chế hoạt động của H_2O_2 , các nhà khoa học nhận ra rằng, một vật liệu nếu có khả năng kích thích và sản sinh ra các tiểu phân oxy hoạt hóa, hoàn toàn có thể được ứng dụng cho mục đích tẩy trắng răng.

Xuất phát từ ý tưởng này, một số nghiên cứu đã thử nghiệm sử dụng các hạt nano TiO_2 với hiệu ứng quang xúc tác dưới ánh sáng tia tử ngoại để có thể tẩy trắng răng một cách hiệu quả [8]. Thật vậy, so với H_2O_2 , xúc tác quang hóa TiO_2 không chỉ đem đến khả năng tẩy trắng tốt hơn mà còn không gây ảnh hưởng đến cấu trúc men răng. Tuy nhiên, để có thể kích thích TiO_2 trong thành phần thuốc tẩy trắng, bàn chải đánh răng cần phải được trang bị đèn tử ngoại, khiến cho giải pháp này vừa bất tiện, vừa tốn kém. Ngoài ra, việc bắt buộc sử dụng tia tử ngoại còn có thể gây ra những tác động xấu đối với sức khỏe con người [9, 10]. Vì vậy, một lần nữa, giới khoa học cần tìm ra một giải pháp khác phù hợp hơn.

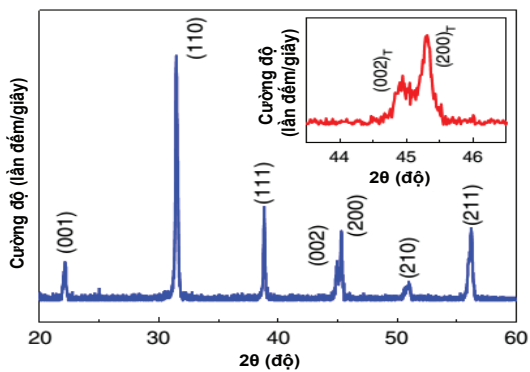
Trong bối cảnh đó, những vật liệu áp điện (piezoelectric materials) được nhắc đến như là một lựa chọn mới hứa hẹn cho mục đích tẩy trắng răng. Được khám phá vào năm 1880 bởi hai anh em Pierre Curie và Jacques Curie, hiệu ứng áp điện là hiện tượng tích lũy điện tích trong một số vật liệu pha rắn có cấu trúc bất đối xứng khi các vật liệu này phải chịu các ứng suất cơ học [11]. Một số vật liệu áp điện thậm chí còn rất nhạy cảm với các dao động cơ học như chuyển động của dòng nước, sự vận động của cơ bắp, ngay cả việc hít thở cũng có thể kích thích tạo ra các điện tích trong vật liệu [12]. Nhờ khả năng chuyển đổi kích thích cơ học thành tín hiệu điện, những vật liệu áp điện đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm đầu dò cảm biến, bộ truyền động, máy thu năng lượng cho các thiết bị tự cấp nguồn và đặc biệt là lĩnh vực xúc tác. Thật vậy, các nhà khoa học nhận thấy những vật liệu áp điện có thể đóng vai trò như những xúc tác mới, được đặt tên "xúc tác piezo" (piezocatalyst) với cách thức vận động tương tự như xúc tác quang

hóa, tức là dưới một nguồn kích thích phù hợp có thể sinh ra các tiểu phân oxy hoạt hóa [13, 14]. Trong số nhiều vật liệu khác nhau, ZnO [15], $BaTiO_3$ [16] và $BiFeO_3$ [17] là các xúc tác piezo được nghiên cứu phổ biến nhất. Nhận thấy tiềm năng của vật liệu xúc tác piezo, mới đây, nhóm nghiên cứu của TS Yaojin Wang (Khoa Khoa học công nghệ vật liệu, Đại học Khoa học và Kỹ thuật Nanjing, Trung Quốc) đã đề nghị đưa các hạt $BaTiO_3$ vào thành phần kem đánh răng. Khi đó, dưới tác dụng cơ học của việc đánh răng bằng bàn chải, các hạt xúc tác piezo này sẽ bị kích thích và sinh ra các gốc tự do, từ đó giúp làm sạch các vết ố trên răng, đem lại một hàm răng trắng sáng hơn [18].

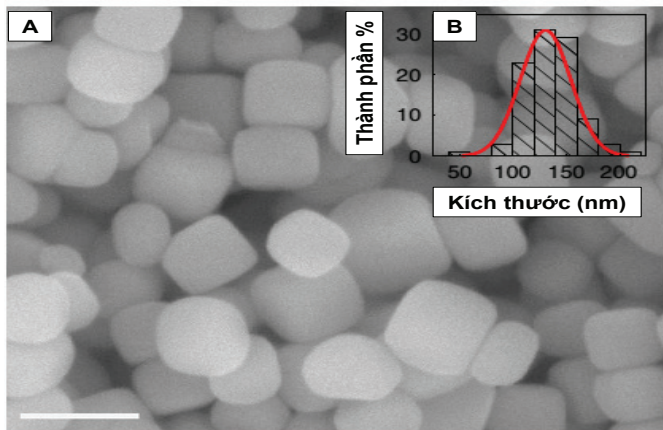
Tổng hợp vật liệu áp điện $BaTiO_3$

Cụ thể, trong nghiên cứu của mình, TS Yaojin Wang đã cùng các cộng sự tổng hợp nano $BaTiO_3$ bằng phương pháp thủy nhiệt. Đầu tiên, 3,41 ml dung dịch $Ti(C_4H_9O)_4$ được cho vào 10 ml ethanol, khuấy trộn đều trong 30 phút. Tiếp theo, NH_3 được cho từng giọt vào dung dịch đến khi kết tủa được hình thành. Hệ huyền phù $Ti(OH)_4$ này được cho vào trong bình thủy nhiệt Teflon. Mặt khác, 9,45 g $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ được hòa tan hoàn toàn vào 20 ml nước cất rồi trộn đều với hỗn hợp huyền phù trong bình Teflon. Nhóm tác giả điều chỉnh pH của hệ đến giá trị 12 bằng cách sử dụng dung dịch KOH 6M. Tiếp theo, toàn bộ hệ trong bình Teflon kín sẽ được gia nhiệt ở $180^\circ C$ trong vòng 48 giờ. Sau cùng, các sản phẩm được rửa với acid acetic, ethanol và nước cất, rồi được sấy khô ở $80^\circ C$ trong 24 giờ.

Hình 2 trình bày giản đồ nhiễu xạ tia X của sản phẩm vừa điều chế trong nghiên cứu của TS Yaojin Wang. Theo đó, tất cả các mũi nhiễu xạ đều thuộc về cấu trúc perovskite, không có bất cứ tín hiệu pha tạp nào được nhận thấy. Đặc biệt, hình ảnh phóng to của giản đồ còn thể hiện rõ tín hiệu mũi kép quanh mặt mạng 002, vốn đặc trưng cho pha perovskite tứ phương của $BaTiO_3$. Hình 3 thể hiện ảnh kính hiển vi điện tử quét của các hạt $BaTiO_3$ đồng thời với biểu đồ phân tán kích thước hạt thống kê cho diện tích $5 \times 5 \mu m$ trên bề mặt mẫu. Có thể nhận thấy các hạt $BaTiO_3$ đều có hình dạng khối chữ nhật đồng đều với kích thước trung bình trong khoảng 130 nm. Các kết quả này chứng tỏ phương pháp thủy nhiệt đơn giản đã giúp nhóm nghiên cứu tổng hợp thành công vật liệu nano $BaTiO_3$.

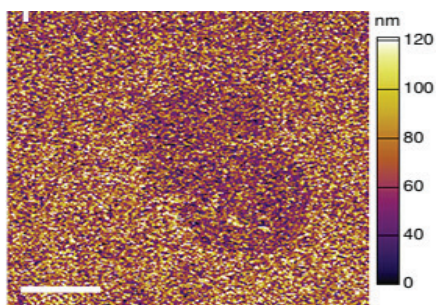


Hình 2. Giải đồ nhiễu xạ tia X của BaTiO₃.



Hình 3. (A) Ảnh kính hiển vi điện tử quét; và (B) Giải đồ phân bố kích thước hạt của các hạt nano BaTiO₃.

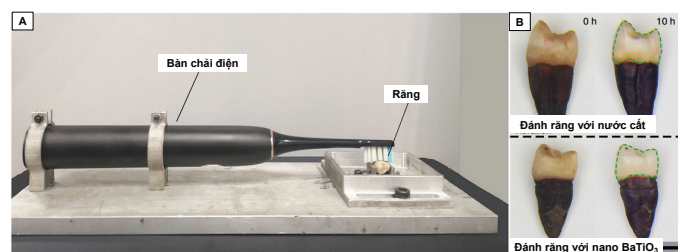
Để kiểm tra đặc tính áp điện của vật liệu, nhóm nghiên cứu sử dụng kỹ thuật chụp ảnh kính hiển vi lực áp điện (piezoresponse force microscopy), vốn là một biến thể của kính hiển vi lực nguyên tử. Hình 4 cho thấy, dưới tác động của dòng điện xoay chiều, biên độ tín hiệu của hạt nano BaTiO₃ có độ tương phản rõ ràng so với phần nền silicon, chứng tỏ BaTiO₃ có đặc tính áp điện đặc trưng và hoàn toàn có thể được ứng dụng cho mục đích xúc tác piezo.



Hình 4. Ảnh kính hiển vi lực áp điện của BaTiO₃.

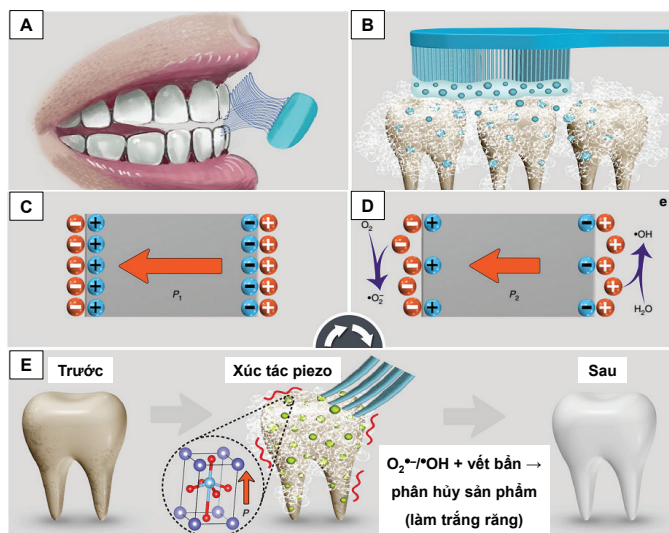
Ứng dụng vật liệu BaTiO₃ cho mục đích tẩy trắng răng

Để thử nghiệm khả năng tẩy trắng răng của các hạt xúc tác piezo BaTiO₃, nhóm nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng đánh răng như hình 5A. Đồng thời, các mẫu răng khỏe mạnh sẽ được chọn lọc rồi được ngâm vào dung dịch trà đen, rượu và nước ép quả việt quất trong vòng 1 tuần. Sau đó, răng sẽ cố định vào hệ thí nghiệm và được đánh bằng bàn chải điện trong mô hình với hệ dung dịch huyền phù chứa các hạt BaTiO₃ liên tục trong mỗi 2 phút rồi dừng 2 phút. Quá trình này được kéo dài trong 10 giờ.



Hình 5. (A) Mô hình thử nghiệm tẩy trắng răng bằng BaTiO₃; (B) So sánh kết quả tẩy trắng răng giữa việc đánh răng với nước cất và đánh răng với huyền phù BaTiO₃.

Kết quả cho thấy, khi đánh răng với nước cất, màu sắc ố bẩn trên răng chỉ được giảm nhẹ, răng vẫn còn ố vàng nhiều ở phía gần chân răng. Ngược lại, việc sử dụng nano BaTiO₃ khi đánh răng cho phép tẩy trắng răng rõ ràng sau 10 giờ. Các mảng ố vàng gần như biến mất hoàn toàn (hình 5B). Điều này có thể được giải thích thông qua cơ chế xúc tác piezo của BaTiO₃. Theo đó, bản chất của việc đánh răng là đưa bàn chải tác động tới bề mặt răng, tạo ra các dao động cơ học trên răng (hình 6A). Lúc này nếu đánh răng với huyền phù BaTiO₃, các hạt xúc tác sẽ được phân bố rải rác trên bề mặt răng (hình 6B). Nhờ vậy, quá trình chà bàn chải trên răng sẽ kích thích các hạt BaTiO₃, vốn đang cân bằng điện tích (hình 6C), chuyển sang trạng thái tích điện. Cụ thể, khi chịu dao động, biên độ cực hóa bên trong các hạt sẽ giảm, khiến cho các electron vùng biên không còn bị điện tích dương bên trong vật liệu giữ, sẽ tự do di chuyển ra ngoài dung dịch, phản ứng với các phân tử O₂ để tạo thành gốc tự do O₂^{•-}. Tương tự, các điện tích dương ở biên hạt lúc này cũng không còn bị electron bên trong giữ chặt, sẽ dễ dàng tác kích vào các phân tử nước để tạo thành gốc tự do [•]OH (hình 6D). Những gốc tự do này, với khả năng oxy hóa mạnh mẽ, sẽ tấn công vào các mảng bám hữu cơ trên bề mặt răng, phân hủy chúng và qua đó giúp tẩy trắng răng hữu hiệu (hình 6E).



Hình 6. (A) Minh họa tác động cơ học giữa răng và bàn chải; (B) Quá trình giải phóng các hạt xúc tác khi đánh răng với huyền phù BaTiO₃; (C) Sự phân bố điện tích trong hạt BaTiO₃ trước khi nhận kích thích cơ học; (D) Sự phân bố điện tích trong BaTiO₃ sau khi có tương tác cơ học; (E) Minh họa quá trình tẩy trắng răng bằng cơ chế xúc tác piezo.

Như vậy, bằng cách ứng dụng xúc tác piezo BaTiO₃, các nhà khoa học trong nhóm nghiên cứu của TS Yaojin Wang đã đề nghị một kỹ thuật mới cho phép tẩy trắng răng hiệu quả. Đặc biệt, phương pháp này còn tỏ ra tiện lợi và an toàn khi không cần sử dụng nguồn ánh sáng tử ngoại kích thích hay hóa chất nguy hiểm cho sức khỏe, qua đó đem đến khả năng ứng dụng rộng rãi trong việc chăm sóc răng miệng tại nhà.

Lê Tiến Khoa (tổng hợp)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] V.L.P. Colares, S.N.L. Lima, N.C.F. Sousa, M.C. Araújo, D.M.S. Pereira, S.J.F. Mendes, S.A. Teixeira, C.A. Monteiro, M.C. Bandeca, W.L. Siqueira, E.B. Moffa, M.N. Muscará, E.S. Fernandes (2019), "Hydrogen peroxide-based products alter inflammatory and tissue damage-related proteins in the gingival crevicular fluid of healthy volunteers: a randomized trial", *Sci. Rep.*, **9**, pp.3457.

[2] M.Q. Alqahtani (2014), "Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: a literature review", *Saudi Dent. J.*, **26**, pp.33-46.

[3] F. Lippert, M.A. Arrageg, G.J. Eckert, A.T. Hara (2017), "Interaction between toothpaste abrasivity and toothbrush filament stiffness on the development of erosive/abrasive lesions in vitro", *Int. Dent. J.*, **67**, pp.344-350.

[4] S. Kimyai, M. Bahari, F. Naser-Alavi, S. Behboodi (2017), "Effect of two different tooth bleaching techniques on microhardness of giomer", *J. Clin. Exp. Dent.*, **9**, pp.e249-e253.

[5] C.J. Tredwin, S. Naik, N.J. Lewis, C. Scully (2006), "Hydrogen peroxide toothwhitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues", *Br. Dent. J.*, **200**, pp.371-376.

[6] S.R. Kwon, P.W. Wertz (2015), "Review of the mechanism of tooth whitening", *J. Esthet. Restor. Dent.*, **27**, pp.240-257.

[7] T. Abouassi, M. Wolkewitz, P. Hahn (2011), "Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel surface: an in vitro study", *Clin. Oral. Investig.*, **15**, pp.673-680.

[8] F. Zhang, C. Wu, Z. Zhou, J. Wang, W. Bao, L. Dong, Z. Zhang, J. Ye, L. Liao, X. Wang (2018), "Blue-light-activated nano-TiO₂@PDA for highly effective and nondestructive tooth whitening", *ACS Biomater. Sci. Eng.*, **4**, pp.3072-3077.

[9] B.M. Maran, A. Burey, T. de Paris Matos, A.D. Loguercio, A. Reis (2018), "Inoffice dental bleaching with light vs. without light: a systematic review and meta-analysis", *J. Dent.*, **70**, pp.1-13.

[10] F. Yoshino, A. Yoshida (2018), "Effects of blue-light irradiation during dental treatment", *Jpn. Dent. Sci. Rev.*, **54**, pp.160-168.

[11] J. Curie, P. Curie (1880), "Développement par compression de l'électricité polaire dans les cristaux hémiedres à faces inclinées", *Bull. de. Minéralogie*, **3**, pp.90-93.

[12] Y. Feng, H. Li, L. Ling, S. Yan, D. Pan, H. Ge, H. Li, Z. Bian (2018), "Enhanced photocatalytic degradation performance by fluidinduced piezoelectric field", *Environ. Sci. Technol.*, **52**, pp.7842-7848.

[13] X. Wang, G.S. Rohrer, H. Li (2018), "Piezotronic modulations in electro- and photochemical catalysis", *MRS Bull.*, **43**, pp.946-951.

[14] M.B. Starr, X. Wang (2015), "Coupling of piezoelectric effect with electrochemical processes", *Nano Energ.*, **14**, pp.296-311.

[15] D. Hong, W. Zang, X. Guo, Y. Fu, H. He, J. Sun, L. Xing, B. Liu, X. Xue (2016), "High Piezo-photocatalytic efficiency of CuS/ZnO nanowires using both solar and mechanical energy for degrading organic dye". *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **8**, pp.21302-21314.

[16] E. Lin, J. Wu, N. Qin, B. Yuan, D. Bao (2018), "Silver modified barium titanate as a highly efficient piezocatalyst", *Catal. Sci. Technol.*, **8**, pp.4788-4796.

[17] F. Mushtaq, X. Chen, M. Hoop, H. Torlakcik, E. Pellicer, J. Sort, C. Gattinoni, B.J. Nelson, S. Pané (2018), "Piezoelectrically enhanced photocatalysis with BiFeO₃ nanostructures for efficient water remediation", *iScience*, **4**, pp.236-246.

[18] Y. Wang, X. Wen, Y. Jia, M. Huang, F. Wang, X. Zhang, Y. Bai, G. Yuan, Y. Wang (2020), "Piezo-catalysis for nondestructive tooth whitening", *Nat Commun.*, **11**, pp.1328.