

## Hóa học xúc tác trước cơ hội và thách thức chuyển đổi năng lượng

GS.TSKH Hồ Sĩ Thoảng, GS.TSKH Lưu Cẩm Lộc  
Hội Khoa học, Công nghệ Xúc tác và Hấp phụ Việt Nam

Xúc tác và hấp phụ là 2 lĩnh vực khoa học và công nghệ (KH&CN) có tính nền tảng cho các quá trình chuyển hóa hóa học và lý - hóa, tạo ra các sản phẩm đóng vai trò thiết yếu cho nhu cầu xã hội, trong đó có các sản phẩm tạo ra năng lượng và các quá trình nhằm bảo vệ môi trường (làm sạch môi trường, tạo ra sản phẩm thân thiện môi trường...). Trách nhiệm đặt ra đối với giới KH&CN xúc tác - hấp phụ hiện nay là cần phải tập trung trí tuệ và sức lực vào những hướng nghiên cứu nhằm đáp ứng yêu cầu giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu do sự gia tăng hàm lượng CO<sub>2</sub> trong khí quyển gây ra và góp phần làm sạch môi trường.

### Bài toán năng lượng sạch

Hiện nay thách thức năng lượng của thế giới không phải là thiếu, bởi vì trữ lượng xác minh (nghĩa là trữ lượng khai thác được) dầu, khí và than vẫn tăng hàng năm, không tính sản lượng được khai thác. Năm 2020, sản lượng dầu được khai thác là 4,2 tỷ tấn/244 tỷ tấn trữ lượng, còn khí thiên nhiên là 3.853 tỷ m<sup>3</sup>/188.000 tỷ m<sup>3</sup> trữ lượng (sản lượng than được khai thác hàng năm chỉ xấp xỉ 1% trữ lượng). Trong khi đó, phát thải CO<sub>2</sub> toàn cầu có nguồn gốc từ than, dầu và khí đã vượt 34 tỷ tấn/năm<sup>1</sup>. Phát thải CO<sub>2</sub> vẫn đang tăng tốc, vượt xa những dự báo trước đây. Chính vì vậy, yêu cầu chuyển đổi dần các dạng năng lượng trên cơ sở nhiên liệu hóa thạch sang các dạng năng lượng không gây phát thải CO<sub>2</sub> hoặc nhiên liệu sinh học (NLSH) có phát thải

CO<sub>2</sub> nhưng được bù lại bằng quá trình tái tạo (quang hợp) đang là thách thức hết sức cấp bách đối với giới nghiên cứu KH&CN cũng như giới doanh nghiệp. Những năm gần đây, sự đóng góp của các dạng năng lượng tái tạo trong cân bằng năng lượng toàn cầu tăng trưởng đáng kể. Từ năm 2010 đến 2020, công suất năng lượng tái tạo (chủ yếu là điện gió, điện mặt trời và NLSH) tăng hơn 4 lần, từ khoảng 750 lên trên 3.150 terawatt/giờ, tuy nhiên, còn chiếm tỷ lệ khá khiêm tốn trong tổng cân bằng năng lượng toàn cầu. Trong tổng công suất năng lượng tái tạo, NLSH (chủ yếu là xăng sinh học và diesel sinh học) mới đạt khoảng 420 terawatt/giờ (chưa đến 100 triệu tấn tương đương sản phẩm dầu). Trong khi đóng góp của năng lượng mặt trời và năng lượng gió tăng nhanh, tốc độ tăng sản lượng NLSH chậm hơn nhiều và đang có xu thế chững lại. Điều này có thể được lý giải là phần lớn

NLSH được sản xuất cho đến nay thuộc thế hệ thứ nhất, bao gồm sản phẩm được sản xuất chủ yếu từ những nguyên liệu ăn được (mía, sắn, ngô...; dầu thực vật, mỡ động vật...). Nguồn cung những nguyên liệu này bị giới hạn bởi nhu cầu lương thực - thực phẩm (tranh chấp sản phẩm hoặc tranh chấp đất đai canh tác). Việc sản xuất NLSH từ sinh khối thuộc các thế hệ tiếp theo cũng như những dạng năng lượng tái tạo khác đang là bài toán lớn đối với các nhà khoa học và doanh nghiệp. Giá thành sản phẩm năng lượng tái tạo tuy giảm dần nhưng vẫn còn kém cạnh tranh so với giá sản phẩm dầu khí là nguyên nhân làm chậm quá trình phát triển các dạng năng lượng này. Ngoài ra, giá dầu và khí lên xuống bất thường với biên độ có khi rất lớn cũng là nguyên nhân không thể không tính đến. Mặc dù vậy, với hiện tượng biến đổi khí hậu hiện hữu, nhân loại không thể tiếp tục

<sup>1</sup>Số liệu thống kê của Tập đoàn Dầu khí BP (Vương quốc Anh năm 2022).

chần chừ trong việc chuyển đổi năng lượng dù phải trả một cái giá không rẻ. Nhưng cơ hội có lẽ đã đến khi các quốc gia công nghiệp phát triển và các tập đoàn năng lượng lớn đều nhận định là hiện nay giá thành năng lượng tái tạo phần lớn đã trở nên cạnh tranh, nếu giá dầu và khí không quá thấp (ví dụ, giá dầu dưới 40-50 USD/thùng); đồng thời giá thành các dạng năng lượng tái tạo còn tiếp tục giảm.

### Đóng góp cho quá trình chuyển đổi năng lượng ở Việt Nam

Như đã trình bày ở trên, NLSH là lĩnh vực đã được nghiên cứu, sản xuất và sử dụng ở nhiều nước trên thế giới trong khoảng 20 năm qua. So với nhiên liệu hóa thạch, NLSH phát thải CO<sub>2</sub> ít hơn và hầu như không phát thải các hợp chất chứa lưu huỳnh hay nitơ, nhưng điều quan trọng hơn là phát thải CO<sub>2</sub> sau đó lại được quá trình quang hợp của thực vật hấp thụ để tạo ra sinh khối mới. Nhược điểm của NLSH là nhiệt trị thấp (do có chứa oxy), riêng đối với xăng pha bioethanol còn nhược điểm nữa là độ hút ẩm cao hơn xăng thông thường. Ở Việt Nam, Nhà nước đã có chủ trương phát triển NLSH, tuy nhiên do những trở ngại và khó khăn khác nhau, kết quả còn rất hạn chế. Các nhà máy sản xuất bioethanol từ nguyên liệu sẵn (NLSH thế hệ thứ nhất) đều gặp khó khăn và hầu như chỉ còn vài cơ sở sản xuất với sản lượng không đáng kể. Rất tiếc, phải coi đây là một



thất bại, tuy nhiên nó cũng cho chúng ta những bài học đáng giá. Theo quan điểm của chúng tôi, việc sản xuất bioethanol thế hệ thứ nhất nếu tiếp tục sẽ không khả thi, trong khi trên thế giới phần lớn các công ty đều chuyển sang sản xuất bioethanol thế hệ thứ hai (từ phế thải nông nghiệp). Nhiều công ty đã xây dựng nhà máy sản xuất bioethanol (phần lớn từ phế thải ngô) với quy mô khác nhau, có nhà máy đạt công suất hàng chục ngàn tấn/năm. Trở ngại lớn nhất của việc sản xuất bioethanol từ phế thải nông nghiệp (bằng phương pháp thủy phân + lên men) là sự phân tán nguyên liệu làm tăng giá thành đầu vào.

Việc sản xuất biodiesel đã được nhiều công ty năng lượng trên thế giới triển khai thông qua quá trình trans-ester hóa các loại dầu thực vật, sản phẩm đã được sử dụng rộng rãi. Để nhận được nhiên liệu

không chứa oxy (cho các động cơ công suất cao như động cơ máy bay), quy trình *Ecofining* áp dụng quá trình xúc tác hydrodeoxygen hóa (nếu để sản xuất xăng cần kết hợp với quá trình đồng phân hóa) đã được phát kiến để chuyển hóa trực tiếp dầu thực vật đến sản phẩm cuối cùng. Ở Việt Nam, các nhóm nghiên cứu ở Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (GS.TS Đinh Thị Ngọc), Viện Hóa học Công nghiệp Việt Nam (GS.TS Vũ Thị Thu Hà) đã thực hiện quá trình trans-ester trên các hệ xúc tác dị thể rất đa dạng (các chất xúc tác được biến tính trên cơ sở các zeolite tổng hợp, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, hydrotalcite MgO, MO<sub>x</sub>...) là những hệ có tính acid hoặc tính base, hoặc lưỡng tính. Trên cơ sở khảo sát có hệ thống quá trình trans-ester hóa các loại acid béo và các triglyceride (dầu thực vật ăn được hoặc không ăn được, mỡ động vật, dầu/mỡ phế thải), các tác giả đã tìm được

## Diễn đàn Khoa học và Công nghệ

những hệ xúc tác có năng suất cao. Một số chất xúc tác được phát kiến có hoạt tính rất cao so với các xúc tác truyền thống, cho phép thực hiện phản ứng ở nhiệt độ khá thấp với hiệu suất chuyển hóa cao, hứa hẹn có tính khả thi nếu được triển khai ở quy mô công nghiệp. Những kết quả nghiên cứu xúc tác và công nghệ của các tác giả nêu trên đang cần được tổ chức triển khai ở quy mô lớn. Đây chính là khâu khó nhất, cần sự liên kết và hợp tác chặt chẽ giữa các nhà khoa học với doanh nghiệp, cùng sự hỗ trợ của Nhà nước thông qua các chính sách về tổ chức, tài chính. Về mặt kỹ thuật, trở ngại hiện nay đối với việc thương mại hóa các quá trình sản xuất biodiesel sinh học là nguồn nguyên liệu. Các loại dầu mỡ ăn được chưa sẵn sàng cho sản xuất nhiên liệu, trong khi đối với các loại dầu thực vật khác hầu như chưa có nguồn nguyên liệu tập trung đáng kể, dù nước ta có khá nhiều loại cây có dầu (chủ trương phát triển cây *Jatropha* một thời khá rầm rộ nhưng không thấy tiến triển).

Một phương pháp sản xuất NLSH thế hệ thứ hai khác là chuyển hóa các dạng sinh khối thông qua quá trình nhiệt - xúc tác. Ở Viện Dầu khí Việt Nam (TS Phan Minh Quốc Bình và các đồng nghiệp) đã triển khai chương trình nghiên cứu nhiệt phân nhanh trên các hệ xúc tác rắn khác nhau một số phế thải nông nghiệp (rơm rạ, trấu, bã mía, lõi ngô) là những nguồn nguyên liệu khá phong

phú ở nước ta để nhận được dầu sinh học (bio-oil). Về nguyên lý, tất cả các dạng sinh khối đều có thể được chuyển hóa thành dầu sinh học bằng quá trình nhiệt - xúc tác, tuy nhiên, hiệu quả kinh tế sẽ khác nhau tùy thuộc vào độ khó chuyển hóa của nguyên liệu. Các kết quả đạt được chứng tỏ, các phế thải nông nghiệp kể trên đều có thể được chuyển hóa thành dầu sinh học với hiệu suất khác nhau không quá lớn (đều từ 50% trở lên); dầu sinh học nhận được đáp ứng các tiêu chuẩn nhiên liệu đốt lò cải tiến Hoa Kỳ ASTM D7544-12. Quá trình này đã đạt được quy mô pilot 5 kg/giờ; sản phẩm dầu sinh học đã được thử nghiệm làm nhiên liệu cho máy móc nông nghiệp ở một số hợp tác xã, giá thành sản phẩm có tính cạnh tranh. Dầu sinh học cũng đã được nhóm nghiên cứu tiến hành loại bỏ oxy bằng phản ứng hydrodeoxygen hóa trên các hệ xúc tác oxide NiMo và CoMo và đã tìm được hệ xúc tác tốt nhất. Tuy nhiên, khó khăn chung của các quá trình sản xuất NLSH thế hệ thứ hai từ sinh khối (chủ yếu là phế thải nông - lâm nghiệp) là nguồn nguyên liệu phân tán. Ý tưởng trồng rừng lấy nguyên liệu đã được nhiều quốc gia trên thế giới đề xuất đang tỏ ra hấp dẫn, bởi vì nguồn nguyên liệu phế thải nông - lâm nghiệp cũng không phải dồi dào để bảo đảm lâu dài cho nhu cầu NLSH trong tương lai.

Ý tưởng coi methanol là chất mang năng lượng được GS G. Olah (Giải Nobel Hóa học năm

1994) đưa ra từ những năm 90 của thế kỷ XX và đến năm 2006 ông đã trình bày đầy đủ ý tưởng “Nền kinh tế Methanol - Methanol Economy” với việc lấy CO<sub>2</sub> - sản phẩm của sự đốt cháy nhiên liệu quay trở lại làm nguyên liệu ban đầu để sản xuất nhiên liệu. Methanol nhận được có thể dễ dàng chuyển hóa thành các loại nhiên liệu (hydrocarbon, dimethyl ether...) hoặc các hóa phẩm thông dụng thông qua những phản ứng kinh điển trong công nghiệp hóa chất. Hiện nay, nguồn CO<sub>2</sub> từ các nhà máy điện và nhà máy xi măng khá dồi dào, tuy nhiên, việc lấy CO<sub>2</sub> từ khí quyển cũng hoàn toàn khả thi. Thời gian qua, hướng nghiên cứu này đã được triển khai rất mạnh trên thế giới; nhiều hệ xúc tác dị thể và cả đồng thể (phức) có hoạt tính cao đã được tìm thấy. Ở Việt Nam, Viện Dầu khí Việt Nam (TS Lê Phúc Nguyên), Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (GS.TS Đinh Thị Ngọc), Viện Công nghệ Hóa học (GS.TSKH Lưu Cẩm Lộc) cũng đã tiến hành nghiên cứu phản ứng này trên 2 lĩnh vực: chất xúc tác và quy trình công nghệ và đã đạt được những kết quả rất khích lệ. Một số chất xúc tác đa thành phần hiệu năng cao (tương đương hoặc có hoạt tính cao hơn những chất xúc tác được công bố) cho phép thực hiện phản ứng ở áp suất vừa phải đã được tìm thấy. Phương pháp sử dụng bình phản ứng màng để nâng cao độ chuyển hóa đã được phát kiến và đăng ký bằng sáng chế quốc tế. Tuy nhiên, nếu 2 lĩnh

vực chất xúc tác và công nghệ cho quá trình hydro hóa  $\text{CO}_2$  đã đạt được những tiến bộ đáng kể, thì thách thức lớn nhất là nguồn hydro. Bản thân hydro cũng là một nhiên liệu. Ý tưởng “Nền kinh tế hydro - Hydrogen Economy” đã được GS L. Jones đưa ra từ năm 1970. Tuy nhiên, do những thách thức không nhỏ (lưu trữ, vận chuyển) trong sử dụng hydro làm nhiên liệu, mãi đến những năm gần đây, trong xu thế chuyển đổi năng lượng, hydro mới lại được “phục hưng”. Với những tiến bộ về kỹ thuật và công nghệ, những thách thức đối với việc sử dụng hydro về cơ bản có thể được vượt qua. Hydro là nhiên liệu lý tưởng, bởi vì khi đốt cháy chỉ cho nước. Hydro cũng là nguyên liệu cho các loại pin nhiên liệu cung cấp điện cho các đối tượng có quy mô khác nhau. Nhóm nghiên cứu tại Viện Hóa học Công nghiệp Việt Nam (GS.TS Vũ Thị Thu Hà) đã đạt được những kết quả rất đáng khích lệ trong nghiên cứu sử dụng vật liệu nano trên cơ sở xúc tác Pt/graphene biến tính trong pin nhiên liệu thông qua quá trình oxy hóa trực tiếp alcohol (ví dụ methanol) ở nhiệt độ thấp, thân thiện môi trường với mức độ phát thải hầu như bằng không.

Như vậy, hydro vừa là chất mang năng lượng, vừa là nguyên liệu để sản xuất năng lượng từ  $\text{CO}_2$ . Có thể nói, trong công cuộc chuyển đổi năng lượng, ngoài việc phát triển năng lượng mặt trời, năng lượng gió và những dạng năng lượng tái tạo khác với

quy mô nhỏ hơn như địa nhiệt, thủy triều..., hydro sẽ đóng vai trò rất quan trọng. Thế giới đang kỳ vọng giá thành năng lượng mặt trời và năng lượng gió sẽ giảm dần để đáp ứng được việc sản xuất hydro bằng phương pháp điện phân với giá thành hydro chấp nhận được. Điều đó đang trở nên khả thi, tuy nhiên 2 dạng năng lượng này cũng có những thách thức nhất định. Đối với các nhà hóa học Việt Nam nói chung và những người nghiên cứu xúc tác nói riêng, hydro sẽ là một trong những lĩnh vực nghiên cứu quan trọng về khoa học có tính thời sự bức thiết. Trước mắt có thể cần nghiên cứu sản xuất “hydro lam”, tức hydro từ nguyên liệu hóa thạch bằng những quá trình xúc tác ít phát thải  $\text{CO}_2$ . Hydro từ các hóa phẩm khác như methanol (từ khí tổng hợp), ammoniac... đã được các công ty năng lượng trên thế giới quan tâm. Sản xuất hydro từ sinh khối thông qua các quá trình khí hóa cũng là một lối đi đã được thực nghiệm xác minh là có tính khả thi so với đi từ khí thiên nhiên. Nước là nguồn cung cấp hydro vô hạn, vì vậy các phương pháp sử dụng nước như một (hoặc một trong những) nguyên liệu ban đầu để sản xuất hydro thông qua các quá trình xúc tác quang, điện hóa... đang tỏ ra rất có triển vọng. Hiện nay, các chất xúc tác quang trên cơ sở  $\text{TiO}_2$  và các chất bán dẫn khác đang được các phòng thí nghiệm ở nhiều cơ sở khoa học sử dụng để làm sạch môi trường; những nghiên cứu

sản xuất hydro thông qua quang xúc tác phân ly nước đang phát triển, nhưng kết quả chưa nhiều.

Có thể nói, nghiên cứu khoa học ở Việt Nam hướng tới mục tiêu chuyển đổi năng lượng đã được triển khai, tuy chưa bao quát hết các lĩnh vực, nhưng đã đạt được những thành tựu ấn tượng, thậm chí có những lĩnh vực ngang tầm khu vực và thế giới. Mặc dù vậy, việc thương mại hóa các kết quả nghiên cứu còn hết sức hạn chế, chỉ giới hạn ở quy mô pilot hoặc sản xuất nhỏ lẻ để “nuôi” phòng thí nghiệm trong cơ chế tự chủ tài chính. Ngoài những hạn chế khách quan, khâu yếu nhất và cố hữu hiện nay là sự liên kết và hợp tác giữa khoa học và sản xuất cùng với việc thiếu những chủ trương và quyết sách cụ thể của các cơ quan quản lý. Quỹ phát triển KH&CN của nhiều doanh nghiệp không sử dụng hết, nhưng để thay ngén dự án pilot cho một công trình nghiên cứu là chuyện rất khó khăn, đặc biệt là ở doanh nghiệp nhà nước. Hy vọng rằng, Nghị quyết số 55 của Bộ chính trị năm 2020<sup>2</sup> sẽ được triển khai đồng bộ và quyết liệt để cuộc cách mạng chuyển đổi năng lượng, trong đó có các nội dung liên quan đến các dạng năng lượng được sản xuất trên cơ sở các quá trình xúc tác nhận được sự quan tâm và đầu tư thỏa đáng ✍

<sup>2</sup>Nghị quyết số 55-NQ/TW ngày 11/02/2020 của Bộ Chính trị về định hướng Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.