

KHÁM PHÁ BÍ MẬT SỨC BỀN TƠ NHỆN

Nam Hy Hoàng Phong (lược dịch & chú thích theo Denise Brehm, MIT News)

Trang: [1] [2]

Nam Hy Hoàng Phong (lược dịch & chú thích theo Denise Brehm, MIT News)

Tơ nhện là chất liệu rất bền(i) được cấu tạo từ protein & amino acid (axit amin). Các nhà khoa học đã từng biết đến sức dai hay sức bền của các sợi tơ nằm ở chất amino acid trong các thứ sợi: sức mạnh của tơ kéo nằm ở amino acid kết hợp cùng tinh thể tạo nên những protein cứng và khoẻ; trong khi đó, tơ xoắn được làm từ những chuỗi protein cuộn tròn khiến nó có thể đàn hồi và co giãn.

Theo tiết lộ mới được công bố bởi các nhà nghiên cứu tại Khoa kỹ nghệ môi trường & dân sự thuộc MIT (CEE) thì sức bền của vật liệu sinh học như tơ nhện nằm ở đặc trưng cấu trúc hình học của các protein, gồm nhiều mối liên kết yếu giữa các nguyên tử hydro cùng phối hợp với nhau để chịu đựng những tác động như sức căng & sức nặng, chứa đựng sức bền tiềm tàng.

Cấu trúc này làm cho vật chất tự nhiên tuy nhẹ nhưng vững chắc như thép ngay cả khi liên kết hydro giữa các sợi tơ với nhau là rất yếu, yếu hơn từ 100 đến 1000 lần so với liên kết trong tinh thể kim loại hoặc ngang bằng với liên kết cộng hóa trị trong sợi nhân tạo Kevlar(ii).

Hình ảnh minh họa cấu trúc của một mảng beta protein, tức tổ hợp telethonin Z1-Z2, nằm trong bó protein titin khổng lồ(iii). Hình phóng đại bên phải cho thấy hướng sức bền của ba sợi beta protein (màu tím) với các liên kết hydro (màu vàng), giúp chúng gắn kết với nhau. Buehler và Keten giải thích rằng liên kết hydro trong cấu trúc mảng beta gắn kết với ba hoặc bốn bó, thậm chí có mặt ở rất nhiều liên kết. (Ảnh: Sinan Keten và Markus Buehler, nguồn hình web.mit.edu)

Dựa trên lý thuyết dựng mô hình mô phỏng các đại phân tử được thực hiện nhờ máy điện toán siêu mạnh, nhóm nghiên cứu đã đưa ra những hiểu biết mới & chính xác về cách cấu trúc protein làm tăng sức bền của vật liệu, giúp các kỹ sư sáng tạo ra những vật liệu mới bắt chước được những sợi tơ nhện mỏng manh nhưng rất bền chắc. Điều này cũng ảnh hưởng đến nghiên cứu trên

các sợi mô ở tế bào & cấu trúc sợi amyloid(iv) trong mô não. “Chúng tôi hy vọng những thấu hiểu về cơ chế của vật liệu ở mức phân tử sẽ có thể giúp chúng tôi sáng tạo ra một nguyên lý hướng dẫn tổng hợp được những vật liệu mới”, giáo sư Markus Buehler, người dẫn dắt nhóm nghiên cứu cho biết.

Trong bài báo xuất bản ngày 13 tháng 02 trên tờ Nano Letters trực tuyến, Buehler & nghiên cứu sinh Sinan Ketten đã miêu tả về cách họ dùng mô hình phân tử để giải thích cho ba hoặc bốn cụm liên kết hydro kết nối với các cụm sợi beta ngắn & chồng chất nhau trong một đoạn cấu trúc protein khi đặt dưới một lực ép cơ học(v). Kiểu cấu trúc này cho phép protein chịu được những lực lớn hơn khi sợi beta chỉ có một hoặc hai liên kết. Điều kỳ quặc là những bó nhỏ lại chịu đựng được sức nặng lâu hơn những sợi beta với rất nhiều liên kết hydro.

“Cấu trúc protein được tạo thành từ một hoặc hai liên kết hydro sẽ tạo nên sức bền cơ học rất nhỏ, bởi vì liên kết hydro rất yếu & dễ dàng bị bẻ gãy mà gần như không phải kích thích”, Buehler giải thích. Esther và Harold E. Edgerton, hai trợ lý giáo sư tại CEE cho biết: “Nhưng khi dùng ba hoặc bốn liên kết, sức bền thậm chí vượt qua sức bền của nhiều kim loại. Sử dụng nhiều hơn bốn liên kết sẽ dẫn đến suy giảm sức bền rất nhiều. Sức bền đạt cực đại với ba hoặc bốn liên kết”.

Sau khi quan sát những đứt gãy đồng thời của các cụm liên kết hydro trong cấu trúc mô hình mô phỏng phân tử protein(vi). Buehler và Ketten muốn tìm hiểu lý do các liên kết xâm nhập trong những cụm nhỏ, thậm chí ở cả những sợi dài với rất nhiều liên kết hydro. Họ sử dụng quy luật nhiệt động lực học để giải thích những hiện tượng bất thường. Bài báo đăng trên Nano Letters miêu tả về cách mà những lực tác động từ bên ngoài làm thay đổi entropi năng lượng trong hệ thống dẫn đến sự đứt vỡ của các liên kết hydro. Bằng việc tính toán năng lượng cần thiết để khởi đầu tiến trình đứt đoạn lan rộng trong một phân tử protein, họ giải thích rằng việc thêm vào nhiều liên kết hydro trong những sợi dài hơn có thể không làm tăng thêm độ bền của vật liệu.

“Bạn có thể hình dung về một sợi beta dạng chuỗi dài với liên kết yếu sẽ không tạo nên sức bền cho mỗi bộ phận”, Ketten cho biết. “Nhưng một vật liệu với rất nhiều sợi beta ngắn dạng gấp khúc & kết nối với ba hoặc bốn liên kết hydro có thể tạo nên sức bền lớn hơn cả thép. Trong nhiều kim loại, năng lượng được cất giữ trực tiếp trong nhiều liên kết vững bền hơn, tức liên kết kim loại, ngay cả khi trạng thái tinh thể bị đập vỡ nhỏ dần. Trong các protein, mọi thứ phức tạp nhờ tính đàn hồi entropi giống như các sợi mỳ xoắn lại với nhau & tính cộng tác tự nhiên của các liên kết hydro”.

Những mảng beta với nhiều đoạn sợi ngắn được gắn kết với ba hoặc bốn liên kết hydro là dạng thức cấu tạo phổ biến trong mọi cấu trúc beta protein. Sức bền của protein là một tiến hóa trọng yếu, được thúc đẩy nhờ bước sáng tạo của tự nhiên. “Các kim loại được định hình bởi nhiều liên kết mạnh mẽ nên cần phải tiêu tốn khá nhiều năng lượng để đập vỡ”, Buehler cho biết. “Tuy nhiên, các mắt lưới tinh thể của cấu trúc kim loại thì không bao giờ hoàn hảo; bao gồm nhiều nhược điểm làm giảm sức bền của vật liệu. Kim loại có thể bộc lộ nhược điểm như rạn nứt khi bạn đặt lên chúng một tải trọng. Trong những mảng protein beta, giới hạn tự nhiên của các nhóm liên kết hydro giúp phân tán năng lượng do những lực bên ngoài tác động vào mà không làm giảm sức bền vật liệu. Điều này cho thấy những bí ẩn khéo léo và đầy hiệu quả của các vật liệu thiên nhiên”.

