

Biến nước thải thành năng lượng và nước sạch

✧ TRUNG HẢI

Vi khuẩn sinh điện mở ra hướng mới đầy tiềm năng để xử lý nước thải hiệu quả, nhất là trong ngành thực phẩm và thức uống, và quản lý hiệu quả tài nguyên nước trên toàn cầu.

Với khoảng 2 tỷ người trên thế giới không được dùng nước sạch và tỉ lệ thất thoát nước đến hơn 40% tại 1/3 quốc gia toàn cầu nên áp lực quản lý nguồn nước hiệu quả rất lớn theo nhận định của công ty phân tích thị trường Global Water Intelligence. Rất nhiều doanh nghiệp đã đầu tư vào lĩnh vực quản lý và bảo tồn nước, giá trị lên đến 84 tỷ USD. Công ty này cũng cho biết tốc độ tăng trưởng hàng năm của ngành này đạt 7,2% cho đến năm 2018.

Vừa làm sạch nước vừa tạo năng lượng - khởi nghiệp sáng tạo

Từ lâu chúng ta biết rằng trong nước thải có năng lượng nhưng vấn đề là làm sao để thu được một cách hiệu quả. Công ty khởi nghiệp năm 2006, Cambrian Innovation tuyên bố công nghệ của họ có thể làm được điều đó và hiện có một nhà máy bia và một nhà máy rượu vang đang dùng để vừa làm sạch nước thải vừa tạo ra năng lượng. Sản phẩm EcoVolt đã được triển khai tại nhà máy rượu vang Clos du Bois và nhà máy bia Bear Republic Brewery, cả hai đều ở bang California của Mỹ.

Tổ hợp máy EcoVolt của công ty Cambrian Innovation là một lò phản ứng có kích thước của một công ten nơ chơ



hàng, sử dụng vi khuẩn để chuyển đổi carbon hòa tan trong nước thải công nghiệp thành khí đốt sinh học (biogas) dùng ngay cho nhiệt điện hay sinh nhiệt.

Thông thường, các doanh nghiệp thực phẩm và thức uống loại bỏ các chất hữu cơ (được đo bằng chỉ số nhu cầu oxy sinh học, BOD) trong nước thải bằng bơm sục khí. Tuy nhiên, phương pháp này tiêu thụ rất nhiều năng lượng. Nhà máy bia Bear Republic Brewery hy vọng khi dùng EcoVolt thì có thể loại bỏ 80 - 90% BOD trong nước thải và tái sử dụng được 10% nước. Thêm vào đó, việc sử dụng biogas thay thế 50% lượng điện mà họ cần.

Theo Tổng giám đốc (CEO) Matthew Silver của Cambrian Innovation thì thời gian hoàn vốn của nhà máy bia khoảng 4 năm. Với tài trợ của NASA, ông đã lãnh đạo nghiên cứu cách thức những hệ thống điện sinh học (bioelectric) có thể dùng để quản lý nước trong không gian. Trong khi thực hiện những nghiên cứu này, ông nhận ra tiềm năng của những vi khuẩn hoạt hóa điện hóa học để làm sạch nước trong các ngành công nghiệp. Nhu cầu rất lớn, khoảng 3% điện năng của Mỹ dành cho xử lý nước thải và việc sản xuất một chai bia thường tạo ra lượng nước thải gấp 10 lần.

Sản xuất biogas từ chất thải đã được thực hiện từ nhiều năm nay và không phải là công nghệ cao. Những thiết bị yếm khí có hình dạng như những kho chứa của nông trại, sử dụng vi khuẩn tự nhiên để tiêu thụ những chất hữu cơ trong chất thải và sinh ra biogas.

EcoVolt của Cambrian Innovation đạt kết quả tương tự nhưng theo một quy trình yếm khí khác. Lò phản ứng của nó có những vi khuẩn dùng chất hữu



cơ làm thức ăn và tích trữ các điện tử ngay trên điện cực kim loại. Những vi khuẩn này có trong đất và thỉnh thoảng được gọi là vi khuẩn sinh điện ngoại lai (exoelectrogens) hay hô hấp cực dương (anode-respiring bacteria) chính là thành phần hoạt hóa trong một số loại pin nhiên liệu vi khuẩn (MFC: microbial fuel cell). Hệ thống EcoVolt sử dụng những vi khuẩn này để tạo nên dòng điện tử chạy từ cực dương có màng bao vi khuẩn đến cực âm nhờ sự bẻ gãy những phân tử hữu cơ thành hydro và carbon dioxide. Ở cực âm, một tập những vi khuẩn khác với sự hỗ trợ của dòng điện sẽ chuyển đổi CO₂ và hydro của phản ứng đầu tiên thành khí methane. Sản phẩm phụ của phản ứng này là nước sạch.

Một trong những điểm tiến bộ của EcoVolt so với những quy trình yếm khí truyền thống là nó có thể điều khiển từ xa theo thời gian thực. Bằng cách quan sát tốc độ và mức độ phản ứng trên các điện cực, các kỹ sư của Cambrian Innovation có thể điều chỉnh tốc độ của dòng điện tử cũng như những thông số phản ứng sinh học khác; nhanh hơn nhiều so với những lò phản ứng yếm khí thông thường đòi hỏi phải lấy mẫu và làm các kiểm nghiệm. Họ cũng đã phát triển những kỹ thuật để điều chỉnh đặc điểm sinh học của lò phản ứng, cho phép EcoVolt luôn hoạt động mạnh mẽ và làm việc với những loại nước thải khác nhau; đảm bảo hình thành những tập vi khuẩn phù hợp trên các điện cực, chống tình trạng nhiễm các dòng vi khuẩn khác từ nguồn nước vào.

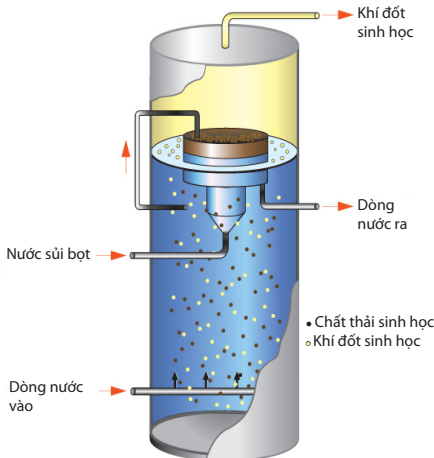
CEO Silver đã quyết định tập trung cho sản phẩm thương mại đầu tiên vào ngành nước thải. Tận dụng ưu thế công

nghe của những lĩnh vực khác, công ty đã thiết kế một sản phẩm hấp dẫn về kinh tế bằng cách kết hợp những tiến bộ của các hệ thống sinh học với điện hóa học và công nghệ thông tin để tạo ra một sản phẩm toàn diện; nhằm đến những công ty trong ngành thực phẩm và thức uống cũng như ứng dụng trong các ngành công nghiệp khác.

Cambrian Innovation cũng đang nghiên cứu một loại pin nhiên liệu vi sinh cho Bộ Quốc phòng Mỹ, một phần trong ngân sách 8 triệu USD mà Bộ Quốc phòng và Quỹ khoa học quốc gia Mỹ tài trợ. Đây là kế hoạch chế tạo thiết bị xử lý nước thải tự cấp điện tại các căn cứ quân sự hay những hoạt động nằm ngoài lưới điện ở những nước đang phát triển.

Một số hướng xử lý tiềm năng khác

Theo công ty tư vấn công nghệ, kiến trúc và môi trường GHD thì tiềm năng tạo năng lượng và dùng lại nước thải đã được xử lý đang là xu hướng then chốt trong ngành công nghiệp thực phẩm và thức uống do những quan ngại về môi trường và tính bền vững. Thông thường, ngành công nghiệp này rất ngại chấp nhận sự phát triển của việc sản sinh năng lượng và tái sử dụng nước vì chi phí hoàn vốn rất dài và những đòi hỏi cao về kỹ năng vận hành. Tuy nhiên, giá thành của những hệ thống này đang giảm khiến cho những khoản đầu tư này trở nên hấp dẫn hơn. Rất nhiều quy trình xử lý mới hiện có sẵn như bể phản ứng sinh học màng yếm khí (anaerobic



Hệ thống lò phản ứng tuyển nổi yếm khí BIOPAQ AFR.

membrane bioreactors), hệ thống hiếu khí hạt cỡ nhỏ (small-footprint granular aerobic systems), hệ thống loại bỏ khoáng struvite để thu hồi phosphor và những hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao dùng cho nước thải chứa nhiều chất rắn và chất béo, v.v...

Công nghệ BIOPAQ Anaerobic Flotation Reactor

Gần đây, GHD hợp tác với công ty công nghệ sinh học Paques và nhà cung cấp công nghệ nước, nước thải Aquatec Maxcon đã thử nghiệm quy mô nhỏ một công nghệ xử lý nước thải kỵ khí cao cấp tại một nhà máy chế biến sữa ở Úc. Nhà máy này trước đây dùng hệ thống tuyển nổi khí hòa tan (DAF- dissolved air flotation) kết hợp với hóa chất để xử lý nước thải trước khi xả vào hệ thống cống đô thị. Tuy nhiên, gần đây do những quy định nghiêm ngặt hơn của hệ thống cống, họ phải áp dụng thêm biện pháp xử lý sinh học.

Giải pháp này đòi hỏi phải áp dụng công nghệ tương đối mới có tên là BIOPAQ Anaerobic Flotation Reactor (AFR) – bể phản ứng tuyển nổi yếm khí – được thực hiện lần đầu tiên ở Úc. Hệ thống này không đòi hỏi phải xử lý trước để loại bỏ chất béo, dầu và mỡ (FOG) nên giảm được chi phí xử lý chất rắn cũng như hóa chất trong khi lại tối đa hóa lượng biogas.

BIOPAQ AFR đã đạt được tỷ lệ loại bỏ nhu cầu oxy hóa học (COD- chemical oxygen demand) hơn 90%. Nước thải sau đó được xử lý bằng công nghệ bể phản ứng sinh học lưu thể chuyển động (MBBR- moving bed bioreactor) để giảm nồng độ ammoniac đến hơn 92%, vốn là nguyên nhân gây giảm cấp chất lượng các protein của sữa.

Công nghệ Anaerobic Membrane Bioreactor

Ở bang Massachusetts, nhà sản xuất Ken's Foods chuyên về nước sốt salad, cá và thịt nướng đã xây dựng bể phản ứng sinh học màng yếm khí (AnMBR- anaerobic membrane bioreactor) đầu tiên ở Mỹ. Công ty thực phẩm này đã phát triển rất nhanh và cần phải nâng cấp hệ thống xử lý để có thể giải quyết được khối lượng nước thải gia tăng



Bể phản ứng sinh học màng yếm khí (AnMBR- anaerobic membrane bioreactor) của Ken's Foods.

cũng như chất thải hữu cơ cao hơn.

Giải pháp AnMBR này là do một công ty đóng tại Canada là ADI Systems thực hiện có khả năng tạo ra dòng nước thải đã được xử lý rất chất lượng, hoàn toàn không có chất rắn lơ lửng, đồng thời cũng gia tăng khối lượng biogas sinh ra. Nhà máy cũng đang xây dựng những hệ thống phát điện bằng lượng biogas này. Nhiệt lượng cũng sẽ được thu hồi trong quá trình xử lý và dùng để hâm nóng nước trong nhà máy, giúp giảm tiêu thụ năng lượng hơn nữa. Công nghệ này đặc biệt thích hợp với những nơi có quỹ đất hạn hẹp với công suất xử lý cao và khả năng tận dụng những bể chứa hiện có để chuyển đổi thành hệ thống AnMBR.

Nhờ hệ thống AnMBR, Ken's Foods có thể tạo ra nước thải có nồng độ BOD và tổng chất rắn lơ lửng (TSS) rất thấp, thấp hơn nhiều nếu so với phương pháp xử lý yếm khí thông thường, tỷ lệ loại trừ COD và BOD hơn 99%.

Nhiều nhà nghiên cứu và các công ty khác đang cố tận dụng vi khuẩn để sản xuất điện từ nước thải. Ví dụ một nhóm ở Penn State kết hợp pin nhiên liệu với thẩm tách điện đảo (reverse electrodialysis) để thu năng lượng do sự khác biệt về độ mặn của nước. Một công ty của Israeli là Emefcy (một cách chơi chữ viết tắt của microbial fuel cell) cũng có công nghệ pin nhiên liệu vi khuẩn (MFC: microbial fuel cell) tối ưu cho nước thải đô thị. Một công ty khởi nghiệp trong lĩnh vực biến nước thải thành năng lượng của Đại học Arizona là Arbsource cũng dùng vi khuẩn hô hấp cực dương để sinh điện cũng như hydrogen, ammoniac, các hóa chất khác. □