

## เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ : พลังงานแห่งอนาคต

เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ (Microbial fuel cell : MFCs) เป็นพลังงานรูปแบบใหม่ ที่สามารถเปลี่ยนน้ำเสียหรือสารอินทรีย์ให้เป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวกระตุ้นภายใต้สภาวะไร้อากาศ ปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและพัฒนาพลังงานรูปแบบใหม่นี้ขึ้น โดยมีการนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากแหล่งต่างๆ มาเป็นสารตั้งต้นในการกระตุ้นให้จุลินทรีย์ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ก็เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเสียนั้นเองจุลินทรีย์เหล่านี้จะสามารถย่อยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ให้เป็นพลังงานที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ถึงแม้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานฟอสซิล (น้ำมัน, ถ่านหิน, ก๊าซธรรมชาติ) แต่ก็สามารถบำบัดน้ำเสียได้ไปพร้อมกับการผลิตกระแสไฟฟ้า

### บทนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า อาจกล่าวได้ว่าพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก ในยุคนี้ เช่น ในระดับครัวเรือน ก็จะมีการใช้ไฟฟ้าในการหุงต้มอาหาร เครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ หรือในระดับอุตสาหกรรมก็จะใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ใช้กันในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะมาจากการใช้พลังงานน้ำมันและถ่านหิน ในขณะที่เดียวกันพลังงานที่ได้จากการใช้ถ่านหินก็มีปริมาณลดน้อยลงทุกวัน จึงทำให้ผู้คนหันมา

สนใจพลังงานทดแทนกันมากขึ้นซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพก็เป็นพลังงานทดแทนอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถ

ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยัง เป็นพลังงานสะอาดไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีผู้ศึกษาและวิจัยการใช้เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังมาเป็นสารตั้งต้นเนื่องจากมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส โปรตีนและสารอาหารต่างๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า



#### ผกาดี แก้วกันนตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ศูนย์วิจัยการหมักและเพิ่มมูลค่า  
ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร  
ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ  
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
โทรศัพท์ & โทรสาร 0 4336 2121-2;  
E-mail: paknar@kku.ac.th



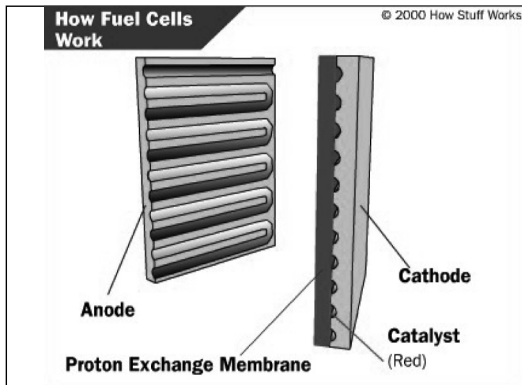
#### อรรรณ ผาจันทร์

นักศึกษาระดับปริญญาตรี  
ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ  
คณะเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปัจจุบันเมื่องานวิจัยของศาสตราจารย์ Bruce Logan มหาวิทยาลัย Pennsylvania state สหรัฐอเมริกา พบว่า จุลินทรีย์สามารถใช้สารอาหารได้หลายชนิด นอกจากน้ำเสียแล้ว ยังสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสและเซลลูโลส เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ซึ่งพลังงานที่ได้จะอยู่ในรูปก๊าซไฮโดรเจน

### เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพคืออะไร

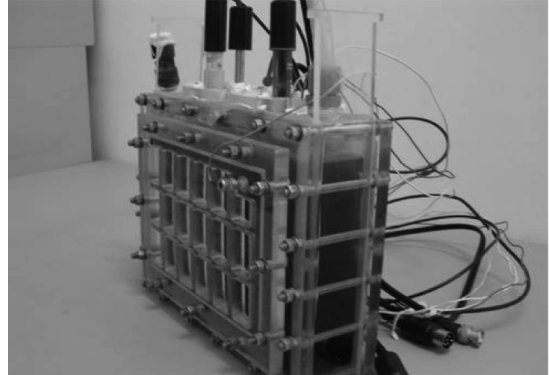
เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ที่จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถเปลี่ยนน้ำเสียที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์เปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 โครงสร้างภายในของเซลล์เชื้อเพลิง  
(board.palungjit.com/)

MFC จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นขั้วลบ (anode) และส่วนที่เป็นขั้วบวก (cathode) โดยทั้งสองส่วนจะถูกแยกด้วยอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นแผ่นเมมเบรนเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Polymer Electrolyte Membrane หรือ Pro-

ton Exchange Membrane: PEM) มีคุณสมบัติคือยอมให้โปรตอน ( $H^+$ ) ของไฮโดรเจนผ่านได้แต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอน ( $e^-$ ) ผ่าน ซึ่งส่วนที่เป็นขั้วลบ (anode) จะอยู่ในห้องปฏิกิริยาที่มีสถานะแบบไร้ออกซิเจน ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีการเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ  
(www.lsslslab.bme.buaa.edu.cn/)

### การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำเสีย โดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ

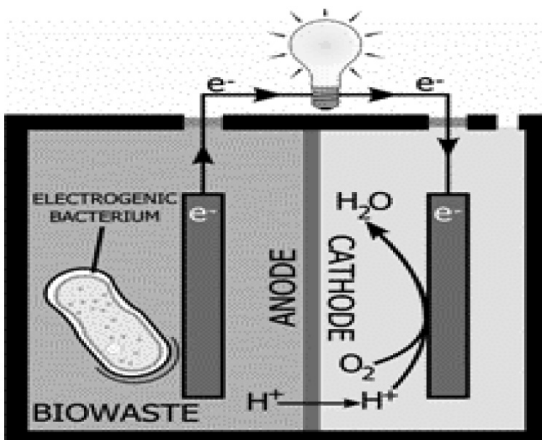
วัตถุดิบที่นำมาใช้คือ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่สูง เช่น จากกระบวนการผลิตแป้ง น้ำตาล ซึ่งมีแหล่งอาหารที่จุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้ แต่เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณมาก จึงต้องปรับสภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น

- การลดความเข้มข้นของความสกปรกของน้ำหรือค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) โดยการทำให้เจือจางลง (Dilution)

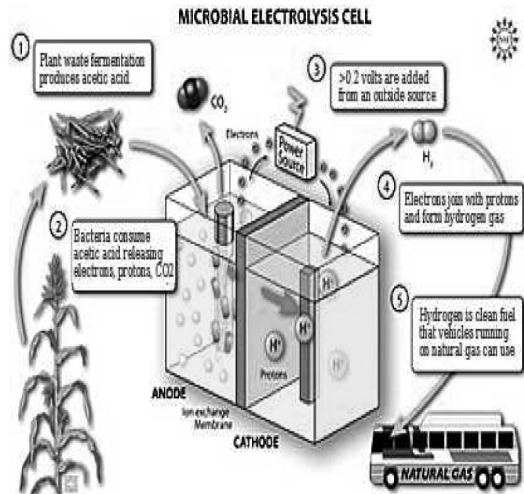
- การปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำเสียให้มีสภาพเป็นกลางโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก หรือด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์
- ปรับสภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ หรือไร้ออกซิเจน โดยการเติมไนโตรเจน  $N_2$  และคาร์บอนไดออกไซด์  $CO_2$

### หลักการ

เมื่อเติมน้ำเสียที่ผ่านการปรับสภาพเข้าไปยังถังปฏิกรณ์ในส่วนของแอโนดแล้วจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อเป็นพลังงานในขณะเดียวกันจะปล่อยอิเล็กตรอนและโปรตอนออกมา โปรตอนจะเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนไปยังขั้วบวก (Cathode) ขณะที่อิเล็กตรอนจะผ่านขั้วลบ (anode) และจะผ่านขั้วจริงเพื่อไปจับกับโปรตอนที่ขั้วบวก และในส่วนขั้วบวกโปรตอนที่เป็นอนุมูลอิสระไฮโดรเจน (Ionized hydrogen) และอิเล็กตรอนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนเกิดเป็นน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความต่างศักย์ (voltage) ที่ทำให้อิเล็กตรอนไหลเวียนไปได้เรื่อยๆ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ (www.celsias.com/)



รูปที่ 4 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการหมักวัตถุดิบทางการเกษตรโดยใช้จุลินทรีย์ เพื่อให้ผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ (<http://www.peswiki.com/>)

### ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทรด (แอโนด และ แคโทด)
2. ความหนาบางของแผ่นเมมเบรน ความหนาหรือบางของเมมเบรน จะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของโปรตอน ซึ่งเมมเบรนที่มีขนาดบางจะทำให้โปรตอนเคลื่อนที่ผ่านได้เร็ว
3. การเกิดแผ่นฟิล์มชีวภาพ (biofilm) คือการที่จุลินทรีย์เกาะรวมกันที่ขั้วแอโนด มีลักษณะเป็นฟิล์มซึ่งทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร การเกิดกระแสไฟฟ้าก็จะน้อยลงด้วย

## ประโยชน์และการประยุกต์ใช้

เนื่องจากในขณะนี้เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพยังอยู่ระหว่างการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และด้วยประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงในขนาดเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพจึงมีโอกาที่จะมาแทนที่เซลล์แบตเตอรี่ที่ใช้กันในปัจจุบัน และอาจนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานแก่เครื่องชาร์จแบตเตอรี่หรือใช้เป็นแหล่งพลังงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก เช่น นาฬิกา เครื่องคิดเลข และโทรศัพท์มือถือ

ปัจจุบันกำลังมีผู้คิดค้นนำระบบเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการทำหุ่นยนต์ดักจับแมลง โดยหุ่นยนต์ตัวนี้จะถูกสร้างให้มีลักษณะคล้ายต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง ซึ่งเมื่อแมลงหลุดเข้าไปเอนไซม์ก็จะถูกปล่อยออกมาย่อยตัวแมลง แล้วนำสารอินทรีย์ในตัวแมลงออกมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยผ่านเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพแมลงที่บินเข้ามา ก็จะกลายเป็นอาหารของหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 แสดงหุ่นยนต์ดักแมลงโดยใช้หลักการของเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ (<http://4.bp.blogspot.com/>)



รูปที่ 6 แสดงหุ่นยนต์กินเนื้อที่ใช้หลักการเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ ([ecurriculum.mv.ac.th/.../5.6/update/w157\\_01.htm](http://ecurriculum.mv.ac.th/.../5.6/update/w157_01.htm))

## บทสรุป

เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนใหม่ในขนาดที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งหลักการการทำงานจะคล้ายการทำงานของแบตเตอรี่ทั่วไป แต่เซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์จะแตกต่างจากแบตเตอรี่ตรงที่ไม่ต้องการชาร์จพลังงาน เพราะเชื้อสามารถสร้างพลังงานได้ครบเท่าที่ยังมีแหล่งอาหารป้อนให้แก่เซลล์ไฟฟ้า ซึ่งแหล่งอาหารที่ว่านี้คือ น้ำเสีย, น้ำตาลกลูโคส และเซลล์ูลอส ถึงแม้ว่าเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในปริมาณไม่มาก แต่ก็สามารถบำบัดน้ำเสียได้ และในอนาคตถ้าเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์เข้ามาแทนที่เซลล์ไฟฟ้าแบบเดิม เราอาจจะมีการเติมน้ำตาลหรือสารอินทรีย์ที่ให้พลังงานกับจุลินทรีย์เติมเข้าไปในโทรศัพท์มือถือและโน้ตบุ๊กเพื่อใช้แทนการชาร์จแบตเตอรี่ก็เป็นได้

## เอกสารอ้างอิง

- กัญรัตน์ โทละสุด และคณะ, ผลของการจัดเรียงเซลล์ต่อการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงจุลชีพแบบห้องคู่เข้าถึงได้ จาก:  
[http://gsmis.gs.kku.ac.th/publish/get\\_file?name=R162-CE030-xx](http://gsmis.gs.kku.ac.th/publish/get_file?name=R162-CE030-xx)
- เซลล์เชื้อเพลิงแบคทีเรีย (microbial Fuel cell).[ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 25 มีนาคม 2550] เข้าถึงได้ จาก: <http://www.vcharkarn.com/vnews/86468>
- Ni, J.R., Lu, N., Zhag, J.T., Li, S.G., Zhuang, L. Electricity generation from starch processing Wastewater using microbial fuel cell technology. *Biochemical Engineering*. 43(2009) 246-251.
- K. Rabaey, W. Verstraete, Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation, *Trends Biotechnol.*23 (2005) 291-298
- S.K. Chaudhuri, D.R. Loveley, Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells, *Nat. biotechnol.*21(2003) 1229-1232.
- H. Liu, R Ramnarayanan, B.E. Logan, Production of electricity during wastewater using a single chamber microbial fuel cell, *Environ.sci.technol.*38(2004) 2281-2285
- H. Lui, B.E. Logan, Electricity generation using an air-cathode single chamber microbial fuel cell in the presence and absence of a proton exchange membrane, *Environ. Sci. Technol.* 38 (48) (2004) 4040-4046.
- B. Min, J.R. Kim, S.E. Oh, J.M. Regan, B.E. Logan, Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells, *water Res.* 39 (2005)