
**ความสามารถจำเพาะในการผลิตมีเทนของจุลินทรีย์แบบเม็ดในการบำบัดน้ำเสีย
แบบไม่ใช้ออกซิเจนจากน้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตร**
**Specific Methanogenic Activities of Granular Microbial Biomass in Anaerobic
Treatment of Agro-Industrial Wastewater**

สวรรณค์ ธิติสุตธิ¹, กาญจนา ครองธรรมชาติ¹ และสมชาย ดารารัตน์²

ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น¹

ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย²

Sawan Thitisutthi¹, Kannitha Krongthamchat¹, and Somchai Dararat²

Department of Environmental Health Science, Faculty of Public Health, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002, Thailand.¹

Environment, Ecology and Energy Department, Thailand Institute of Scientific and
Technological Research, Bangkok 10900, Thailand.²

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความสามารถจำเพาะของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทน (Specific Methanogenic Activity : SMA) ของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สามารถผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้ Serum bottle เป็นถังปฏิกรณ์แบบ Batch ซึ่งกำหนดให้ค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ระเหย (MLVSS) ในแต่ละขวดเท่ากับ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร การทดลองนี้ใช้น้ำเสียจากโรงงาน 3 แห่ง ได้แก่ โรงงานไส้กรอกปลา โรงงานน้ำมันปาล์ม และโรงงานผลิตกรดมะนาว โดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 35 ± 2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดก๊าซที่เกิดขึ้นวิเคราะห์สัดส่วนก๊าซมีเทนด้วยเครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟฟี และนำมาหาค่าความสามารถจำเพาะในการผลิตก๊าซมีเทน (SMA) จากการศึกษาพบว่าค่า SMA ที่อุณหภูมิห้องของน้ำเสียจากโรงงานไส้กรอกปลา โรงงานน้ำมันปาล์ม และโรงงานผลิตกรดมะนาว มีค่า 0.0105, 0.7632, 0.2448 gCOD/gVSS/d ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส มีค่า 0.0091, 0.4608, 0.3604 gCOD/gVSS/d ตามลำดับ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์และประเภทสารในน้ำเสีย

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ความสามารถจำเพาะในการผลิตก๊าซมีเทน อุตสาหกรรมเกษตร

Abstract

The objective of this research was to study the Specific Methanogenic Activity (SMA) of anaerobic bacteria to remove organic pollutants. This research used the serum bottles as batch reactors. Each bottle was inoculated with granular sludge at the concentration of 2000 mgMLVSS/L. Three types of wastewater: fish sausage, palm oil and citric acid factories were used in this experiment. Two temperatures were designed at this research, 35 ± 2 °C and at room temperature. The gas production was daily measured. The methane ratios were analyzed by Gas Chromatography and Specific Methanogenic Activities of bacteria were calculated. The result showed that at room temperature the SMAs of wastewater from fish sausage, palm oil and citric acid factories were 0.0105, 0.7632 and 0.2448 gCOD/gVSS/d, respectively. At 35 ± 2 °C, the SMAs of these wastewater were 0.0091, 0.4608 and 0.3604 gCOD/gVSS/d, respectively. The temperature, substrate and type of wastewater were the factors that had the affects on this experiment.

Keywords : Anaerobic wastewater treatment. Specific methanogenic activities (SMA). Agro-industry

* Corresponding author. Tel. 081-261-0956 ; E-mail : sawan__thi@yahoo.com

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาในด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษขึ้นมากมาย และปัญหาหนึ่งที่สำคัญนั้นก็คือ ปัญหามลพิษทางน้ำ น้ำเสียจำนวนมากที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานนั้นจะต้องมีการบำบัดอย่างถูกวิธีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการจัดการและการแก้ไขควบคุมปัญหาดังกล่าวมีความจำเป็นที่ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะน้ำเสีย เพื่อนำมาออกแบบและเลือกกระบวนการบำบัดได้เหมาะสม

ประเทศไทยซึ่งเดิมนั้นเป็นประเทศเกษตรกรรม เมื่อเริ่มที่จะพัฒนาในด้านอุตสาหกรรมจึงเริ่มจากอุตสาหกรรมการเกษตรซึ่งมีวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก ทำให้ในปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรจำนวนมาก น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ซึ่งกระบวนการบำบัด แบบไม่ใช้ออกาศมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) นอกจากนี้ระบบแบบไม่ใช้ออกาศมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียในเขตร้อน อีกทั้งไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการเดินระบบเหมือนระบบแบบใช้ออกาศที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อเติมออกาศ นอกจากนี้ยังได้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิงทดแทนอีกด้วย จึงเหมาะสมที่จะใช้ในประเทศไทย โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีค่าซีโอดีสูง ซึ่งการจะนำระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกาศไปใช้กับน้ำเสียจากกิจกรรมใด ๆ ควรมีการศึกษาค่าความสามารถจำเพาะของเม็ตตะคอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทน (Specific Methanogenic Activity : SMA) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ หรือศักยภาพของระบบรวมทั้งประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อน โดยวัดอัตราการผลิตมีเทนของจุลินทรีย์ จากการใช้สารอินทรีย์ประเภทต่างๆ (คิววรรณ พูลพันธ์, 2549) โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างมีเทนจะทำปฏิกิริยาการเปลี่ยน

กรดแอซิดิก หรือก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทน ภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกาศ โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างก๊าซมีเทน (Methanogen) โดยปฏิกิริยานี้เป็นขั้นสุดท้ายที่สำคัญที่สุดต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอย่างสมบูรณ์ และต้องมีการควบคุมปัจจัยให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทน (สุภัณฑิ์ นิมรัตน์, 2548) ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความสามารถจำเพาะของเม็ตตะคอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทนหรือค่า SMA ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกาศ ในการย่อยสลายน้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมการเกษตร 3 โรงงาน คือ โรงงานไส้กรอกปลา โรงงานน้ำมันปาล์ม และโรงงานผลิตกรดมะนาว เพื่อประเมินศักยภาพจุลินทรีย์ในการย่อยสลายมลพิษจากอุตสาหกรรมเกษตรดังกล่าว

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาความสามารถจำเพาะของเม็ตตะคอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทนหรือค่า SMA ของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมการเกษตร โดยใช้ Serum bottle เป็นดังปฏิกิริยาแบบ Batch น้ำเสียในการศึกษาค้นนี้ได้จาก โรงงานไส้กรอกปลา โรงงานน้ำมันปาล์ม และโรงงานผลิตกรดมะนาว โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 28 ± 2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิควบคุมที่ 35 ± 2 องศาเซลเซียส โดยแต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตของโรงงานทั้ง 3 แห่ง นำมาตรวจวิเคราะห์ค่าพีเอช ซีโอดี และค่าของแข็งแขวนลอยใช้หลักการตามมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของ (APHA et al., 1998)

จุลินทรีย์ตั้งต้น

จุลินทรีย์ตั้งต้นแบบไม่ใช้อากาศที่ใช้ในการศึกษาเป็นจุลินทรีย์แบบเม็ด (Granular) จากระบบบำบัดน้ำเสียยูเอเอสบี บริษัทเสริมสุข จังหวัดปทุมธานี สุ่มลัตน์ นิมกักรัตน์ (2548) ได้วิเคราะห์ภาพถ่ายจุลินทรีย์ด้วยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM) จากระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว พบว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะกลมมน ผิวนอกจะขรุขระไม่เรียบ สีของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีสีน้ำตาล

ขั้นตอนการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

นำจุลินทรีย์แบบเม็ดที่ใช้ในการศึกษาปรับสภาวะจุลินทรีย์ให้คุ้นเคยกับสภาวะการทดลอง โดยนำ จุลินทรีย์แบบเม็दनามาเพาะเลี้ยงในขวดขนาด 1.500 มิลลิลิตร เต็มสารอาหารสูตร Vanderbilt Media (Duran, 1993) จนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นพ่นด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจน ในอัตราส่วน 30 : 70 (Dararat, 1996) เพื่อให้สภาวะในขวดเป็นแบบไร้ออกซิเจนและเพื่อควบคุมสภาวะกรด-ด่าง จากนั้นปิดฝาขวด กวนด้วย Magnetic stirrer เต็มกรดอะซิติกวันละ 1 มิลลิลิตร เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์ในการทดลองครั้งนี้ใช้เวลาเลี้ยงจุลินทรีย์ 40 วัน

การเตรียมสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์

สารอาหารใช้ในการทดลอง ใช้สารอาหารสูตร Vanderbilt Media โดยการทดลองนี้ เป็นสารอาหารที่มหาวิทยาลัย Vanderbilt ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้พัฒนาขึ้น (Duran, 1993) โดยเตรียมสารเคมีจำนวน 22 ชนิด ผสมกับน้ำกลั่น โดยมีองค์ประกอบดังนี้คือ

$\text{AlCl}_3(\text{H}_2\text{O})_6$ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร H_3BO_3 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร KI 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{Na}_2\text{MoO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร Na_2SeO_4 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร NH_4VO_3 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{NaWO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{FeCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4$ 40.00 มิลลิกรัม/ลิตร ZnCl_2 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร

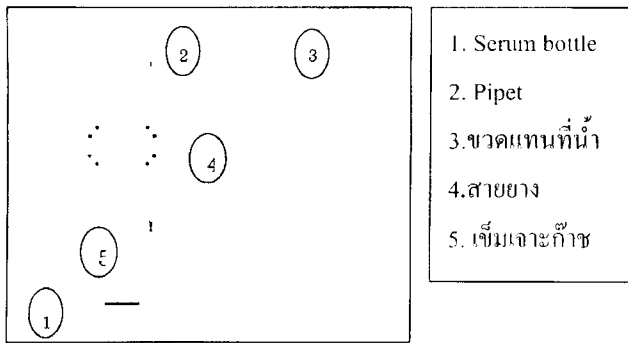
ลิตร $\text{Na}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})_9$ 300.00 มิลลิกรัม/ลิตร NH_4Cl 1200.00 มิลลิกรัม/ลิตร $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 80.00 มิลลิกรัม/ลิตร $(\text{NaPO}_3)_6$ 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร KCl 400.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_7$ 748.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$ 405.00 มิลลิกรัม/ลิตร NaHCO_3 6000.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{MnCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4$ 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{CoCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$ 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร $\text{NiCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร Cysteine 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร

ขั้นตอนการทดลอง

นำจุลินทรีย์จากที่เพาะเลี้ยงไว้ใน Serum bottle ขนาด 120 มิลลิลิตร ให้มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหย (MLVSS) แต่ละขวดเท่ากับ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณตะกอนนี้ได้ตั้งสมการที่ (1)

ปริมาณตะกอนที่ใช้ (ลิตร) = $\frac{\text{ความเข้มข้นของตะกอนที่ต้องการ (มิลลิกรัม/ลิตร)} \times \text{ปริมาตรถังปฏิกรณ์ (ลิตร)}}{1}$

ความเข้มข้นของตะกอนที่ใช้ในการเติม (มิลลิกรัม) นำน้ำเสียจากแต่ละโรงงานใส่ใน Serum bottle ให้มีปริมาตรใช้งาน 50 มิลลิลิตร จากนั้นต้องปรับค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.8-7.2 ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (Speece, 1996) หากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยทำไฮโดรไลซิสด้วยการเติม NaHCO_3 หรือ NaOH ให้มีพีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 6.8-7.2 รวมทั้งกำหนดให้ปริมาณสารอาหารและสภาพแวดล้อมในการทดลองเหมือนกัน จากนั้นพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน อัตราส่วน 30 : 70 เป็นเวลา 1 นาที ใน Serum bottle เพื่อปรับสภาวะให้เป็นแบบไร้ออกซิเจน (Dararat, 1996) นำ Serum bottle ไปป้อนที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง วัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทุกวันด้วยชุดเครื่องมือวัดก๊าซ (Gas Meter) ซึ่งใช้หลักการแทนที่น้ำ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ชุดเครื่องมือวัดก๊าซ (Gas Meter)

การวิเคราะห์สัดส่วนก๊าซมีเทน

นำก๊าซที่จุลินทรีย์ผลิตมาวิเคราะห์หาสัดส่วนมีเทน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น GC-2014 โดยสภาวะในการวิเคราะห์ส่วนของ Column oven ตั้งค่าที่ 25 องศาเซลเซียส มี Flow rate ที่ 50 มิลลิลิตร/นาที โดยวิธีการขั้นแรกทำการเตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยการเตรียมก๊าซมีเทนใน Dilution ต่างๆ อย่างน้อย 3 Dilutions เพื่อป้อนข้อมูลเข้าเครื่อง และ Dilution ที่ใช้ คือ 30%, 50% และ 70% ขั้นที่สองเมื่อเครื่อง GC ได้รับข้อมูลจากสารละลายมาตรฐานแล้ว เครื่อง GC จะวิเคราะห์ห่ออกมาเป็นกราฟมาตรฐาน ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อได้กราฟมาตรฐานแล้ว จึงนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์สัดส่วนของก๊าซมีเทนนำมาวัดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะได้สัดส่วนของก๊าซมีเทน (Bara, 2004) และนำสัดส่วนก๊าซมีเทนที่ได้มาคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนดังสมการที่ (2)

ปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้น = ปริมาณก๊าซที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น x สัดส่วนของมีเทนที่วิเคราะห์ได้จาก GC.....(2)

การหาค่าความสามารถจำเพาะในการผลิตมีเทน

นำค่าก๊าซมีเทนที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นแต่ละวันมาสร้างกราฟมีเทนสะสม (ภาพที่ 2) หาค่าความชันสูงสุดของก๊าซมีเทนสะสม จะได้ค่า SMA ที่มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

มีเทน/วัน จากนั้นแปลงค่าปริมาณมีเทนเป็นซีไอดีที่จุลินทรีย์ย่อยสลาย และนำมาหารด้วยน้ำหนักจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง (ของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายหรือเรียกว่า Volatile Suspended Solids, VSS) จะได้ค่า SMA ที่มีหน่วยเป็น กรัมซีไอดี/กรัมวีเอสเอส/วัน ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าความสามารถจำเพาะของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทนอาจเขียนได้ดังสมการที่ (3)

SMA=ค่าซีไอดีที่ถูกใช้ไป (กรัม/วัน)

น้ำหนักของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (กรัม) (3)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ลักษณะน้ำเสียจาก 3 โรงงาน

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะน้ำเสียของ 3 โรงงาน จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าพีเอชในน้ำเสียจากทั้ง 3 โรงงาน มีความเป็นกรด โดยโรงงานผลิตกรดมะนาวน้ำเสียมีค่าความเป็นกรดสูงคือพีเอช เท่ากับ 3.3 รองลงมาคือ โรงงานน้ำมันปาล์ม พีเอช เท่ากับ 5.0 และโรงงานไส้กรอกปลา พีเอช เท่ากับ 6.3 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชมีส่วนสำคัญในการทำงานของจุลินทรีย์ ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.1 หรือมากกว่า 8.3 ช่วงระยะเวลาการปรับตัวของจุลินทรีย์จะมากกว่า 9 วัน แต่ถ้าค่าพีเอชใกล้เคียงหรือเท่ากับ 6.8 การปรับตัวของจุลินทรีย์น้อยที่สุดระยะเวลา 9 วัน (Jiunn, 1996) ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการปรับ ค่าพีเอชของน้ำเสียทั้ง 3 โรงงานให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ (Speece, 1996) และพบว่าค่าซีไอดี และค่าของแข็งแขวนลอยของโรงงานน้ำมันปาล์มมีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือ โรงงานผลิตกรดมะนาว และโรงงานไส้กรอกปลาตามลำดับ

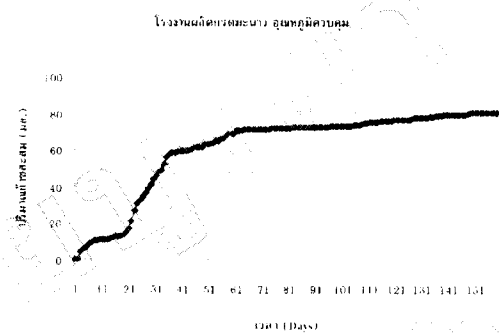
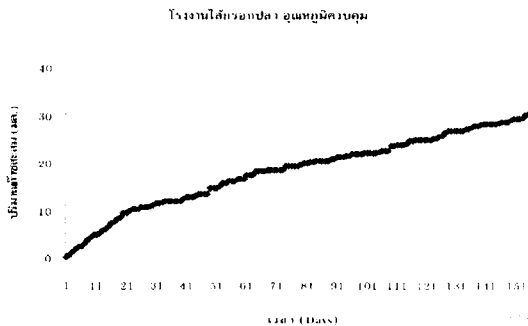
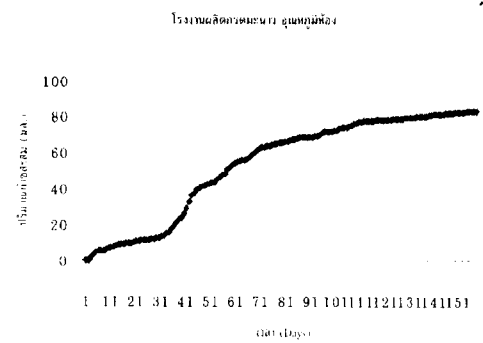
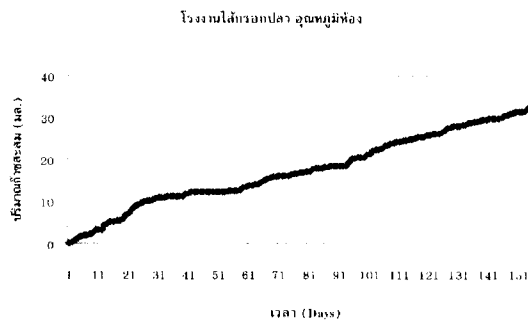
ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำเสียจาก 3 โรงงาน ที่ใช้ในการศึกษา

โรงงาน	พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด			
	ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)	พีเอช	พีเอช (ค่าที่ปรับ)
1. โรงงานไส้กรอกปลา	1.472	440	6.3	6.9
2. โรงงานน้ำมันปาล์ม	66.700	16.500	5.0	7.0
3. โรงงานผลิตกรดมะนาว	19.000	3.000	3.3	7.1

ความสามารถจำเพาะของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทน

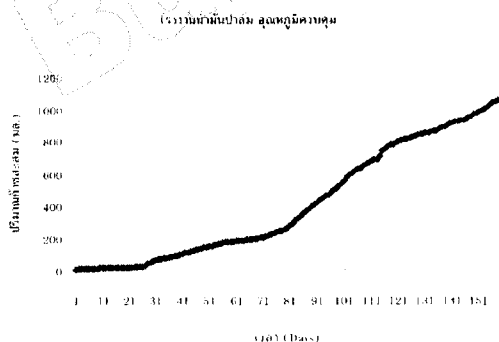
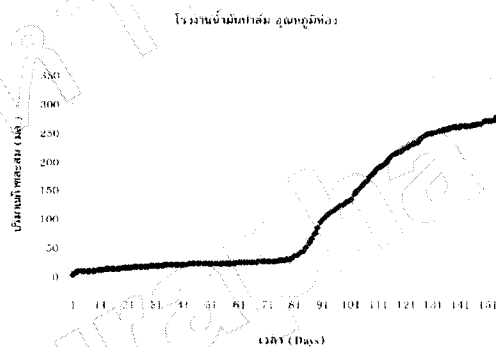
การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการวัดอัตราการผลิตก๊าซของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในน้ำเสียของโรงงาน 3 แห่งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิควบคุม 35 ± 2 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) เพื่อนำมาหาค่าความสามารถจำเพาะในการผลิตก๊าซมีเทนของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (SMA) จากการวิเคราะห์ก๊าซโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี ปริมาณก๊าซมีเทน ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อคำนวณหาความสามารถจำเพาะของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (ตารางที่ 3) พบว่าค่า SMA ที่อุณหภูมิห้องของน้ำเสียโรงงานไส้กรอกปลาและโรงงานน้ำมันปาล์มนั้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิควบคุม 35 ± 2 องศาเซลเซียส โดยโรงงานไส้กรอกปลาค่า SMA ที่อุณหภูมิห้องสูงกว่าอุณหภูมิควบคุม 35 ± 2 องศาเซลเซียสไม่มากนัก ซึ่งอาจดูว่าไม่แตกต่างกันแต่น้ำเสียจากโรงงานผลิตกรดมะนาวให้ค่า SMA ที่อุณหภูมิควบคุม 35 ± 2 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเปรียบเทียบค่า SMA ในน้ำเสียของโรงงานแต่ละประเภทพบว่าโรงงานน้ำมันปาล์มมีค่า SMA สูงที่สุด จึงคาดว่าน่าจะเนื่องจากจุลินทรีย์สามารถปรับตัวในน้ำเสียน้ำมันปาล์มที่มีค่าซีโอดีสูง ทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูง สังเกตได้จากกราฟที่มีความชันมากขึ้น จึงทำให้ได้ค่า SMA สูง (Mohammad & Vinod. 1999) แต่ต้องใช้เวลาในกระบวนการย่อยสลายที่นาน

เนื่องจากน้ำเสียน้ำมันสูง โดยมีรายงานว่าโรงงานน้ำมันปาล์มมีค่าน้ำมันและไขมันเท่ากับ 41.196 มิลลิกรัม/ลิตร (กาญจนา ครองธรรมชาติและคณะ. 2549) และการเกิดค่า SMA ที่สูง เกิดจากกรดไขมันระเหยง่ายที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์ม (ธนสนี สมบูรณ์. 2550) โดยกรดไขมันระเหยง่ายจะเกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดคือ สารอินทรีย์จะถูกย่อยให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และสามารถละลายน้ำได้ดี (ธงชัย พรธนสวัสดิ์ และเพชรพร เขาวงกตเจริญ. 2535) สำหรับโรงงานผลิตกรดมะนาวมีค่า SMA ร่องลงมา เนื่องจาก มีค่าซีโอดีสูงรองจากโรงงานน้ำมันปาล์ม จุลินทรีย์จึงมีการปรับตัวเพื่อให้คุ้นเคยกับสภาพน้ำเสียอยู่ระยะหนึ่งแล้วจึงสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูง สำหรับโรงงานไส้กรอกปลามีค่า SMA ต่ำที่สุดเนื่องจากโรงงานไส้กรอกปลามีสารอาหารประเภทโปรตีนสูง จึงทำให้กระบวนการย่อยสลายในการเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้น้อยและ เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานไส้กรอกปลามีการล้างอุปกรณ์ภาชนะ ล้างพื้นโรงงานเพื่อฆ่าเชื้อ ซึ่งโรงงานเลือกใช้สารกลุ่มคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ จึงปะปนในน้ำเสีย อาจมีผลต่อเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จึงทำให้ค่า SMA ต่ำกว่าโรงงานอื่นที่ทำการศึกษา (จารุวัฒน์ บุญเพิ่ม. 2549)



- a. โรงงานไส้กรอกปลา อุณหภูมิห้อง
b. โรงงานไส้กรอกปลา อุณหภูมิควบคุม 35 ± 2
องศาเซลเซียส

- e. โรงงานผลิตกรดมะนาว อุณหภูมิห้อง
f. โรงงานผลิตกรดมะนาว อุณหภูมิควบคุม 35 ± 2
องศาเซลเซียส



- c. โรงงานน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิห้อง
d. โรงงานน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิควบคุม 35 ± 2
องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซสะสมกับเวลาในสารอาหารของน้ำเสีย 3 โรงงาน ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 28 ± 2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิควบคุม 35 ± 2 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ผลิตโดยจุลินทรีย์แบบเมดิที่เติมลงในน้ำเสียจาก 3 โรงงาน

โรงงาน	ปริมาณก๊าซมีเทน (ร้อยละ)
1. โรงงานไส้กรอกปลา	70
2. โรงงานน้ำมันปาล์ม	72
3. โรงงานผลิตกรดมะนาว	68

ตารางที่ 3 ความสามารถจำเพาะของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ในการผลิตมีเทนของ 3 โรงงาน (gCOD/gVSS/d)

โรงงาน	ความสามารถจำเพาะในการผลิตมีเทน (gCOD/gVSS/d)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิควบคุม 35±2 องศาเซลเซียส
1. โรงงานไส้กรอกปลา	0.0105	0.0091
2. โรงงานน้ำมันปาล์ม	0.7632	0.4608
3. โรงงานผลิตกรดมะนาว	0.2448	0.3604

จากการศึกษาค่า SMA พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่า SMA ได้แก่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำมันปาล์มที่มีค่าสูง จึงทำให้การย่อยสลายที่เกิดขึ้นดีกว่าเนื่องจากจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนมีศักยภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงได้ดี (Speece, 1996) ส่วนปัจจัยของอุณหภูมินั้นตามทฤษฎีมีผลต่อจุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนมาก เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์สูงขึ้น (Metcalf & Eddy, 2003) ซึ่งผลการทดลองของโรงงานกรดมะนาว สอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าวเพียงโรงงานเดียว สำหรับน้ำเสียโรงงานไส้กรอกปลา และโรงงานน้ำมันปาล์มจะไม่สอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าวโดยที่อุณหภูมิแทบจะไม่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำเสียของโรงงานไส้กรอกปลา โดยที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิที่ควบคุม (35±2 องศาเซลเซียส) มีอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลับมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุป

จากการศึกษาการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศของจุลินทรีย์แบบเมื่อดในน้ำเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมการเกษตร 3 โรงงาน พบว่าอัตราการย่อยสลายและความสามารถจำเพาะในการผลิตก๊าซมีเทนมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าที่อุณหภูมิควบคุม 35±2 องศาเซลเซียส โรงงานน้ำมันปาล์มมีค่า SMA สูงสุด รองลงมาคือ โรงงานผลิตกรดมะนาว และโรงงานไส้กรอกปลา ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ

ห้อง ค่า SMA ของโรงงานน้ำมันปาล์มสูงสุด รองลงมาคือ โรงงานผลิตกรดมะนาวและโรงงานไส้กรอกปลาตามลำดับ และการศึกษาความสามารถจำเพาะในการผลิตก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์ มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องคืออุณหภูมิและปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ให้การสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ครอบธรรมชาติ, สมชาย ดารารัตน์ และชลกาญจน์ ขาดดวงเพชร. (2549). ประสิทธิภาพของระบบแอโรบิกชีแควนซึ่งแบทรีแอกเตอร์ (เอเอสบีอาร์) ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม. ในเอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง การนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาภายใต้โครงการ การสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก. กรุงเทพฯ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

- จารุวัฒน์ บุญเพิ่ม. (2549). ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน
ไส้กรอกปลา [สัมภาษณ์]. กาลสินธุ์: กาลสินธุ์
ผลิตภัณฑ์อาหาร.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และเพชรพร เขาวกิจเจริญ. (2535).
ปฏิบัติการอย่างง่ายในการวิเคราะห์น้ำเสีย. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนัสณี สมบูรณ์. (2550). ประสิทธิภาพของระบบ
แอนแอโรบิกไมเกรตติ้งแบลงค์เกิตรีแอกเตอร์
(เอเอ็มบีอาร์) ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, บัณฑิต
วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- คิวรรณ พูลพันธุ์. (2549). *Environmental Microbiology
Lab*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุบัณฑิต นิมรัตน์. (2548). จุลชีววิทยาของน้ำเสีย.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมลรัตน์ นิมกัรัตน์. (2548). ประสิทธิภาพของการ
บำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยระบบ
แอนแอโรบิกไมเกรตติ้งแบลงค์เกิตรีแอกเตอร์
(เอเอ็มบีอาร์). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- APHA, AWWA, WEF. (1998). *Standard Method for
the Examination of Water and Wastewater*.
Washington D.C.: American Public Health
Association.
- Bara, W. (2004). *Solutions for Science, Translated
and Edit by Application Section, Scientific
Instruments Division*.
- Dararat, S. (1996). *Effect of Sub-Optimal Temperature
and pH Performance of UASB Granules.
Ethanothix and Methanosarcina*. Master Thesis,
Vanderbilt University, Nashville, TN, USA.
- Duran, M. (1993). *Anaerobic Biodegradation of
Nitrocellulose*. Master Thesis, Vanderbilt
University, Nashville, TN, USA.
- Jiunn, L. (1996). *Influences of pH and Moisture
Content on the Methane Production in High-
Solids Sludge Digestion*. Japan: Tohoku
University.
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering:
Treatment, Disposal and Reuse*. New York:
The McGraw-Hill Companies.
- Mohammad, J., & Vinod, T. (1999). Microbial
Composition Assessment of Anaerobic
Biomass through Methanogenic Activity Tests.
Water. SA 25, 345-350.
- Speece, R.E. (1996). *Anaerobic Biotechnology for
Industrial Wastewater*. USA: Archae Press.