248995
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248995

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยถังปฏิกรณ์ตัวกรอง (Biofilter)
ระยะที่ 1: การศึกษาแหล่งของจุลินทรีย์

Biogas cleaning by removing hydrogen sulfide using biofilter

Phase I: Study on start-up seed sources

คณะผู้วิจัย:
รศ. ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ
นาย วาริน รักร่วม

รายงานนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีงบประมาณ 2552

b00854623

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248995

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยถังปฏิกรณ์ตัวกรอง (Biofilter)
ระยะที่ 1: การศึกษาแหล่งของจุลินทรีย์
Biogas cleaning by removing hydrogen sulfide using biofilter
Phase I: Study on start-up seed sources

คณะผู้วิจัย:
รศ. ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ
นาย วาริน รักร่วม

รายงานนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีงบประมาณ 2552

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2552

---

1. **ชื่อโครงการ** การบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยถังปฏิกรณ์ตัวกรอง (Biofilter)
ระยะที่ 1: ศึกษาแหล่งของจุลินทรีย์
Biogas cleaning by removing hydrogen sulfide using biofilter
Phase I: Study on start-up seed sources

2. **หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัย** สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

3. **ผู้วิจัย**

3.1 หัวหน้าโครงการ รศ. ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ
สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน
กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ 02-4707525
โทรสาร 02-4523455

3.2 ผู้ร่วมวิจัย นายวาริน รักร่วม
ตำแหน่ง วิศวกร
สถานที่ทำงาน สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน
กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ 02-4707523
โทรสาร 02-4523455

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2552

248995

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคัดเลือกแหล่งเชื้อจุลินทรีย์ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในระบบ *biofilter* ด้วยการวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์และจำนวนของจุลินทรีย์ในกลุ่มของ *Eubacteria* domain และ *Thiobacillus* sp. โดยใช้เทคนิค quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) เพื่อวัดปริมาณยีน 16S rRNA ส่วนการวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ใช้สารอาหาร thiosulfate และวัดความสามารถของจุลินทรีย์ในการใช้ thiosulfate ในการทดลองนี้ได้ใช้เชื้อที่เก็บได้จาก 3 แหล่ง ได้แก่ เชื้อจากฟาร์มหมู โรงงานแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานปาล์มน้ำมัน ผลการทดลองพบว่าแหล่งเชื้อจากฟาร์มหมูมีกิจกรรมและจำนวนของจุลินทรีย์สูง จึงใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในถังปฏิกรณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ biofilter เป็นถังปฏิกรณ์ที่มีขนาดบรรจุของเหลว 12 ลิตร และใช้เชื้อจากฟาร์มหมูเป็นเชื้อเริ่มต้นในระบบ โดยมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 7 จากนั้นทำการป้อนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ความเข้มข้น 3000 ppmv เข้าสู่ระบบทางด้านล่างและขึ้นสู่ด้านบน ที่ภาระซัลไฟด์ 2.06 - 8.25 g H_2S m^{-3} h^{-1} และระยะเวลาการกักเก็บก๊าซ 120, 60, 40 และ 30 นาที ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ที่ร้อยละ 77 - 99 โดยความสามารถกำจัดซัลไฟด์อยู่ที่ 2.06, 4.12, 6.18 และ 6.40 g H_2S m^{-3} h^{-1} ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาระซัลไฟด์ที่เข้าสู่ระบบ นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นในระบบคือ ธาตุซัลเฟอร์ร้อยละ 57-82 โดยพบซัลเฟตและซัลไฟด์ประมาณร้อยละ 10 - 43 และ 0 - 20 ตามลำดับ โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองคือ ระยะเวลาการกักเก็บก๊าซ 40 นาที โดยความสามารถกำจัดซัลไฟด์อยู่ที่ 6.18 g H_2S m^{-3} h^{-1}

คำสำคัญ: ถังปฏิกรณ์/ การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์/ Metabolic Products/ กิจกรรมของจุลินทรีย์/ Real-Time Polymerase Chain Reaction

248995

Abstract

The selection of initial seeding sludge for start-up bioreactor in cleaning H_2S is one important step prior to operate the biogas clean up system. The developments of the effective methods as microbial activity and quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) for qualify and quantify microbes were used to select the effective microbial source. The number of sulfur oxidizing bacteria (SOB) was determined by qPCR with specific primers to amplify 16S rRNA gene of *Thiobacillus* sp. and *Eubacteria domain*. The microbial activity test using thiosulfate as a substrate then the utilization of thiosulfate was determined. In this experiment, three sources of seed sludge as swine farm, cassava starch plant and palm oil mill plant were used to select the initial seeding sludge. The sludge from swine farm, having the highly SOB activity and the number of *Thiobacillus* sp. than other sources, was chosen to use as an inoculums seed in biofilter.

This study used biofilter inoculated with seed sludge from swine farm. The operation was carried out in 12 litres working volume of biofilter under controlled dissolved oxygen (DO) < 1.0 mg l^{-1} and pH at 7. The 3,000 ppmv synthetic hydrogen sulfide gas was fed in up-flow direction at various H_2S loading rate (SLR). The SLR in this study was 2.06 - 8.25 g H_2S m^{-3} h^{-1} at 120, 60, 40 and 30 min of gas retention time (GRT), respectively. The performance of the biofilter showed a good suitability for the hydrogen sulfide (H_2S) removal by providing 77 - 99% of removal efficiency. In addition, the elimination capacity of biofilter that depended on SLR showed 2.06, 4.12, 6.18 and 6.40 g H_2S m^{-3} h^{-1} at GRT 120, 60, 40 and 30 min, respectively. Moreover, the study of metabolic products in biofilter at each GRT showed the major product was sulfur element in range of 57 - 82%. Sulfate and sulfide also found in the system at 10 - 43% and 0 - 20%, respectively. Moreover, the suitable GRT and SLR can be applied in the biofilter was 40 min and 6.18 g H_2S m^{-3} h^{-1}, respectively.

Keywords: Biofilter/ Hydrogen Sulfide Removal/ Metabolic Products/ Microbial Activity/ Real-time Polymerase Chain Reaction

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
สารบัญเรื่อง	5
สารบัญตาราง	7
สารบัญรูป	8
1. บทนำ	9
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	9
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
1.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	11
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐานหรือกรอบแนวความคิดของงานวิจัย	11
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ	17
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	17
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	18
2. วิธีดำเนินงานวิจัย	18
2.1 การคัดเลือกแหล่งจุลินทรีย์ที่เหมาะสม	18
2.1.1 แหล่งจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ใช้ในการศึกษา	18
2.1.2 การหากิจกรรมของจุลินทรีย์ในการกำจัดซัลไฟด์	18
2.1.3 การหาจำนวนของจุลินทรีย์ *Thiobacillus* sp. โดยวิธี Real-time polymerase chain reaction (qPCR)	18
2.2 การศึกษาการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในถังปฏิกรณ์ biofilter ด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือก	19
2.2.1 ถังปฏิกรณ์	19
2.2.2 การเริ่มต้นและดำเนินระบบถังปฏิกรณ์	20
2.2.3 การวิเคราะห์	21
2.2.4 การคำนวณ	21
3. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	22
3.1 คุณลักษณะของตะกอนเชื้อจุลินทรีย์	22
3.1.1 กิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่มของ sulfur oxidizing bacteria	22
3.1.2 ปริมาณของจำนวนประชากรจุลิทรีย์ในแหล่งเชื้อต่างๆ โดยใช้เทคนิค real-time polymerase chain reaction (qPCR)	23
3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของถังปฏิกรณ์	23
3.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดและความสามารถในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	24
3.2.2 สภาวะแวดล้อมภายในถังปฏิกรณ์ในระหว่างการดำเนินระบบ (Operating condition)	25
3.2.3 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (Metabolic products)	27

3.2.4 ผลของสภาวะในการดำเนินระบบต่อประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซั..ไฟด์
และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น 28
4. สรุป 29
5. เอกสารอ้างอิง 30

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	11
2	เงื่อนไขการทำความสะอาดก๊าซ แยกตามประเภทการนำการไปใช้ประโยชน์	13
3	ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ยอมให้มีอยู่ในก๊าซชีวภาพในแต่ละแนวทางการใช้ ประโยชน์	13
4	Specific Microorganisms for Biofiltration of H_2S	16
5	Thiosulfate mineral salt medium	19
6	สภาวะที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณยีน 16S rRNA ของ *Thiobacillus* sp. และ *Eubacteria* domain ด้วยเทคนิค real-time PCR โดย SYBR® Green	19
7	อัตราการป้อนซัลไฟด์เข้าสู่ระบบในแต่ละ operating condition	21
8	อัตราการใช้ไธโอซัลเฟตจากแหล่งเชื้อทั้ง 3 แหล่งในแต่ละวัน	22
9	กิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่ม SOB และจำนวนของแบคทีเรียในกลุ่มของ *Thiobacillus* sp. และ *Eubacteria* domain โดยใช้ยีน16S rRNA จากแหล่งเชื้อทั้ง 3 แหล่ง	23
10	ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (RE) และความสามารถในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (EC) แต่ละระยะเวลาการกักเก็บก๊าซ (GRT)	24
11	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าสู่ระบบ ความสามารถในการกำจัดและประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในการศึกษานี้กับเอกสารอื่น	25
12	ผลประสิทธิภาพของระบบและ metabolic products	29

รายการรูป

รูป		หน้า
1	การกัดกร่อนในท่อ โดย Sulfur-Oxidizing Bacteria	12
2	องค์ประกอบของถังปฏิกรณ์ biofilter ที่ใช้ในการทดลอง	20
3	วัสดุตัวกลางที่ใช้ในการทดลองโดยทำจาก polyethylene	20
4	ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่ละระยะเวลาการกักเก็บก๊าซ	24
5	ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในระหว่างที่มีการมีการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์	26
6	ค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่างที่มีการดำเนินระบบในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์	27
7	ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในการทดลอง	28