

## การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก

### Hydrogen Sulfide Removal from Biogas by Activated Carbon and Iron

วงศ์วิวรรธ อนุศิลป์<sup>1</sup> และ สุนันทา เลาวฉนวนศิริ<sup>2</sup>

Vongwiwat Tanusilp<sup>1</sup> and Sunantha Laowansiri<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ซึ่กึ่งเหล็กปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (FH) ซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) ในคอลัมน์ตัวกลางสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ที่อัตราการไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที โดยวิเคราะห์แบบต่อเนื่องจากการศึกษาพบว่า ซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และซึ่กึ่งเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ โดยมีร้อยละการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 70.22, 43.61, 29.72 และ 15.37 ตามลำดับ และ breakthrough point ที่ระยะเวลา 140, 215, 95 และ 120 นาที ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69, 338.34 และ 438.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ของวัสดุดูดซับซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และซึ่กึ่งเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ

**คำสำคัญ :** ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ถ่านกัมมันต์ เหล็ก

#### ABSTRACT

This research aimed to investigate hydrogen sulfide gas removal by different adsorbents such as activated carbon (AC), iron which pretreated with HCl (FH), iron (rust) (FA), and activated carbon with iron (rust) (AF). The adsorbents were packed in a column of 10 cm height and 2.54 cm in diameter. A biogas analyzer was used to analyze the composition of biogas at a continuous flow rate of 340 ml/min. The results showed that the hydrogen sulfide gas removal is most efficient by iron (rust) (FA), followed by activated carbon with iron (rust) (AF), activated carbon (AC) and modified iron (FH).

<sup>1</sup> สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดมหาสารคาม สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาสารคาม 44000

<sup>1</sup> Mahasarakham Provincial Office of Natural Resources and Environment, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Natural Resources and Environment, Mahasarakham 44000, Thailand

<sup>2</sup> คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44000

<sup>2</sup> Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Mahasarakham 44000, Thailand

The percentages of hydrogen sulfide gas removal were 70.22 %, 43.61 %, 29.72 % and 15.37 % respectively and the times of breakthrough point were at 140 min, 215 min, 95 min, and 120 min. The amount of adsorbed hydrogen sulfide gas per adsorbent materials including iron (rust) (FA), activated carbon with iron (rust) (AF), activated carbon (AC) and modified iron (FH) were 2,249.68 mg/cm<sup>3</sup>, 1,418.69 mg/cm<sup>3</sup>, 338.34 mg/cm<sup>3</sup> and 438.69 mg/cm<sup>3</sup>, respectively.

Key words : hydrogen sulfide, activated carbon, iron

E-mail address : vongtanu@hotmail.com

## คำนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณสำรองพลังงานเชื้อเพลิงของโลกมีปริมาณลดน้อยลง ส่งผลให้ราคาของพลังงานเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้น ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่น่าเข้าเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 90 ดังนั้นรัฐบาลจึงส่งเสริมให้หันมาใช้พลังงานทางเลือกเพื่อเพิ่มความมั่นคงทางพลังงาน ซึ่งก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทางเลือกอีกทางหนึ่ง ที่สามารถผลิตได้จากการหมักวัตถุดิบเหลือทิ้งจากการเกษตรซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย หรือวัสดุสารอินทรีย์ โดยองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ เป็นก๊าซมีเทน ร้อยละ 50 ถึง 70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 30 ถึง 50 ส่วนที่เหลือเป็น ก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซไนโตรเจน และไอน้ำ เป็นต้น (Kapdi และคณะ, 2005) จากองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นเหม็นคล้ายไข่เน่า และหนักกว่าอากาศ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้โดยตรงในกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดการผูก่วน (สารโจน และคณะ, 2553) เกิดฝนกรด และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้กับเครื่องยนต์หรือการเผาไหม้ให้ความร้อนได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกก่อนที่จะนำไปใช้งาน

ก๊าซชีวภาพจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ วิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ กระบวนการออกซิเดชันแบบแห้ง และกระบวนการออกซิเดชันแบบเปียก กระบวนการออกซิเดชันแบบแห้ง ได้แก่ กระบวนการการเติมอากาศหรือก๊าซออกซิเจนเข้าไปในระบบก๊าซชีวภาพ กระบวนการดูดซับโดยใช้เหล็กออกไซด์ และกระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Cal และคณะ, 2000) ในขณะที่กระบวนการออกซิเดชันแบบเปียก ได้แก่ กระบวนการดูดซับทางกายภาพ เป็นการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสารละลาย เช่น น้ำ น้ำด่าง เป็นต้น และกระบวนการดูดซับทางเคมี เช่น การใช้สารละลาย Fe(III)-EDTA เป็นตัวดูดซับ (พันสิน, 2552; Horikawa และคณะ, 2004; Saelee และ Bunyakan, 2012) ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ในการบำบัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยถ่านกัมมันต์ ซีกิ่งเหล็กปรับสภาพ ซีกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ และถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมวัสดุชุดชุด

1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่นำมาใช้ ได้จากการเผาจากกระบวนการ gasification จะมีการเติมไอน้ำ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและรูพรุนให้กับถ่านกัมมันต์ นำถ่านกัมมันต์มาทำการคัดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 10 มิลลิเมตร และนำถ่านกัมมันต์ที่คัดขนาดแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

1.2 การเตรียมซีกิ่งเหล็กจะมี 2 แบบคือ การเตรียมซีกิ่งเหล็กแบบปรับสภาพเพื่อทำให้เกิดสนิม โดยการนำซีกิ่งเหล็กมาในปริมาณที่พอดี ไปแช่ในกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 15% เป็นเวลา 15 นาที กรองเอาน้ำออก แล้วนำมาวางไว้ในสภาพที่มีอากาศ ปล่อยให้จมนเกิดสนิม การเตรียมฝอยเหล็กแบบไม่ปรับสภาพ นำฝอยเหล็กมาวางไว้ในสภาพที่มีอากาศ ปล่อยให้จมนเกิดสนิม

### 2. การเตรียมคอลัมน์

การเตรียมคอลัมน์สำหรับการบรรจุวัสดุในการดูดซับ โดยใช้ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.54 เซนติเมตร ความยาววัสดุชุดชุด 10 เซนติเมตร (Figure 1) โดยทำการติดตั้งหัวก๊อกทองเหลือง บริเวณด้านบนตรงกลางของท่อ เพื่อทำเป็นทางก๊าซเข้า และบริเวณด้านล่างก็ทำการติดตั้งหัวก๊อกทองเหลืองเหมือนด้านบนเพื่อทำเป็นบริเวณสำหรับเก็บก๊าซตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ โดยบริเวณด้านล่างมีการติดตะแกรงขนาดเล็กเพื่อทำการดักวัสดุชุดชุด



Figure 1 Colum preparation

### 3. การเตรียมชุดทดลอง

ทำการเตรียมคอลัมน์ทั้งหมด 4 คอลัมน์ ดังนี้

**การทดลองชุดควบคุม** ทำการเปิดก๊าซที่ออกจากระบบก๊าซชีวภาพ ปล่อยให้ก๊าซเข้าเครื่อง Biogas Analyzer ทำการวิเคราะห์โดยการปล่อยให้ก๊าซไหลผ่านเครื่องด้วยอัตราไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที บันทึกระยะเวลาจนกว่าค่าก๊าซจะคงที่

**ชุดการทดลองที่ 1 ถ่านกัมมันต์** นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุชุดชุด ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณ 30.87 กรัม

**ชุดการทดลองที่ 2 ซีกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ** นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุชุดชุด ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณ 9 กรัม

**ชุดการทดลองที่ 3 ซีกิ่งเหล็กปรับสภาพ** นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุชุดชุด ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณ 9 กรัม

**ชุดการทดลองที่ 4 ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ** นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุชุดชุด ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณถ่านกัมมันต์ 14 กรัม ที่ความสูงตัวกลาง 5 เซนติเมตร และปริมาณซีกิ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ 4.5 กรัม ความสูงตัวกลาง 5 เซนติเมตร

#### 4. วิธีการทดลอง

เปิดก๊าซที่ได้จากระบบก๊าซชีวภาพ เข้าสู่เครื่อง Biogas Analyzer ทำการจดบันทึกจนค่าคงที่ ก๊าซที่ตรวจวิเคราะห์ได้คือ ค่าก่อนผ่านระบบ ซึ่งเป็นค่าก่อนการทดลอง โดยนำคอลัมน์ที่เตรียมไว้ โดยทดลองปล่อยก๊าซชีวภาพไหลผ่านคอลัมน์จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน โดยต่อเข้ากับเครื่อง Biogas Analyzer ทำการจดบันทึกทุกๆ 3 นาที เมื่อได้ค่าที่คงที่ ทำการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที จนวัดสิ้นสุดซึบเข้าสู่จุดอิมิตัว ทำการวิเคราะห์ก๊าซที่อยู่ในระบบก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Biogas Analyzer นำค่าที่ได้ไปคำนวณกับค่าก่อนการทดลอง โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับที่ใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ผ่านคอลัมน์ นำผลที่ได้จากเครื่อง Biogas Analyzer มาคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จุดอิมิตัว และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับ

#### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกันได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ชี้กึ่งเหล็กปรับสภาพ (FH) ชี้กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับชี้กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากระบบก๊าซชีวภาพแบบ Anaerobic Covered Lagoon

##### 1. องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพก่อนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แสดงดัง (Table 1) พบว่าก๊าซชีวภาพจากระบบ Anaerobic Covered Lagoon ที่วัดได้ก่อนเข้าตัวกลางวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ประกอบด้วย ก๊าซมีเทนร้อยละ 42.60, 44.10, 44.70 และ 43.70 ตามลำดับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 54.80, 54.50, 54.70 และ 55.50 ตามลำดับ ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 0.00 และ ก๊าซอื่นๆ ร้อยละ 0.06, 01.40, 06.00 และ 0.809 ตามลำดับ และ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 1,334, 1,403, 1,205 และ 1,080 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

Table 1 The composition of biogas before treatment of hydrogen sulfide gas by different adsorbent materials

Composition of biogas	Adsorbent material			
	AC	FH	FA	AF
Methane gas (CH <sub>4</sub> ) (%)	44.60	44.10	44.70	43.70
Carbon dioxide gas CO <sub>2</sub> (%)	54.80	54.50	54.70	55.50
Oxygen (O <sub>2</sub> ) (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
Other gas (BAL) (%)	0.06	01.40	0.60	0.80
Hydrogen sulfide (H <sub>2</sub> S) (ppm)	1,334	1,403	1,205	1,082

## 2. ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้ตัวกลาง AC, FH, FA และ AF พบว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนดูดซับด้วยตัวกลาง มีค่าเท่ากับ 1,334, 1,403, 1,205 และ 1,082 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Figure 2) โดยเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านการกำจัดโดยใช้วัสดุดูดซับพบว่าความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงเหลือเท่ากับ 937.5, 1,187.4, 358.8 และ 610.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ของวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เท่ากับร้อยละ 29.72, 15.37, 70.22 และ 43.61 ของวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ (Figure 3) พบว่าวัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด ณ สภาวะคงที่ เนื่องจาก FA เป็นสนิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (สนิมชั้ย, 2546) เป็นสารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เกิดเป็นไฮดรอกไซด์ออกไซด์ ( $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ) เมื่อรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) เกิดเป็นสารประกอบเหล็กซัลไฟด์ จึงทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของวัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพมากที่สุด ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รองลงมาคือ AF ซึ่งเป็นการใช้วัสดุดูดซับ AC ร่วมกับ FA ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลำดับที่สามคือ AC เนื่องจากช่วงแรก AC จะมีความสามารถในการกำจัดที่ดี แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะสูงขึ้นและความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ AC จะถึงจุดอิ่มตัวเร็ว ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลำดับที่สี่คือ FH เนื่องจาก FH มีการปรับสภาพด้วยกรดเพื่อที่จะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสนิม โดยกรด HCl ความเข้มข้นร้อยละ 15 เนื่องจากกรดมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ค่อยดี โดยการนำเอาวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางในการดูดซับควรคำนึงถึงราคาต้นทุนของวัสดุดูดซับด้วย ดังนั้น FA เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ประโยชน์ในการดูดซับก๊าซ

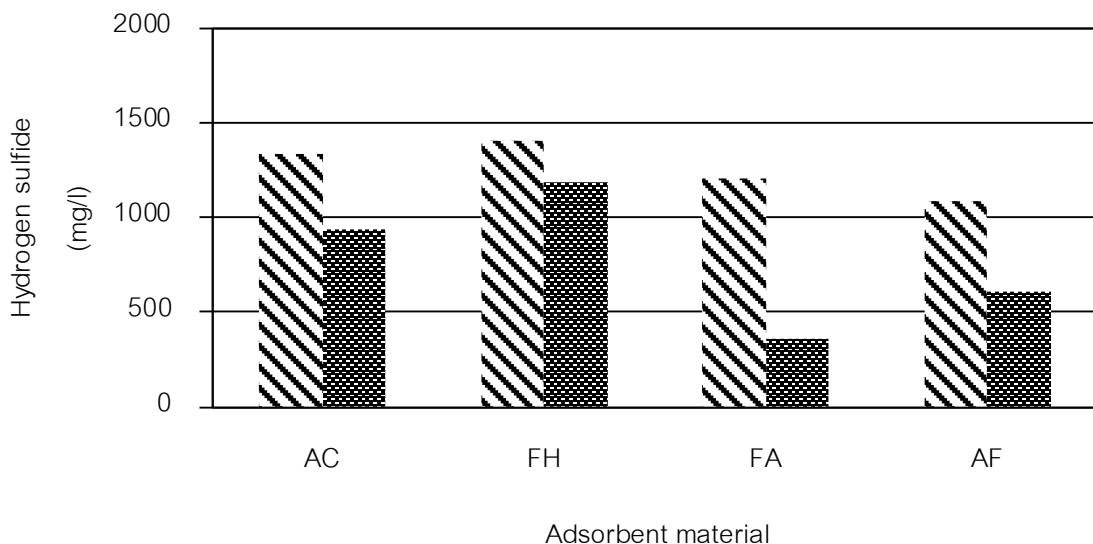


Figure 2 The hydrogen sulfide gas before and after treatment with different adsorbent materials

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด และเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเชื่อม การกึ่งเหล็ก มีค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อยในการนำมาใช้ประโยชน์และยังเป็นการลดปัญหาเรื่องเศษซากกึ่งเหล็กตามโรงกลึงที่ไม่มีวิธีการจัดการที่ถูกต้องด้วย ถ้าปล่อยไว้ก็จะเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

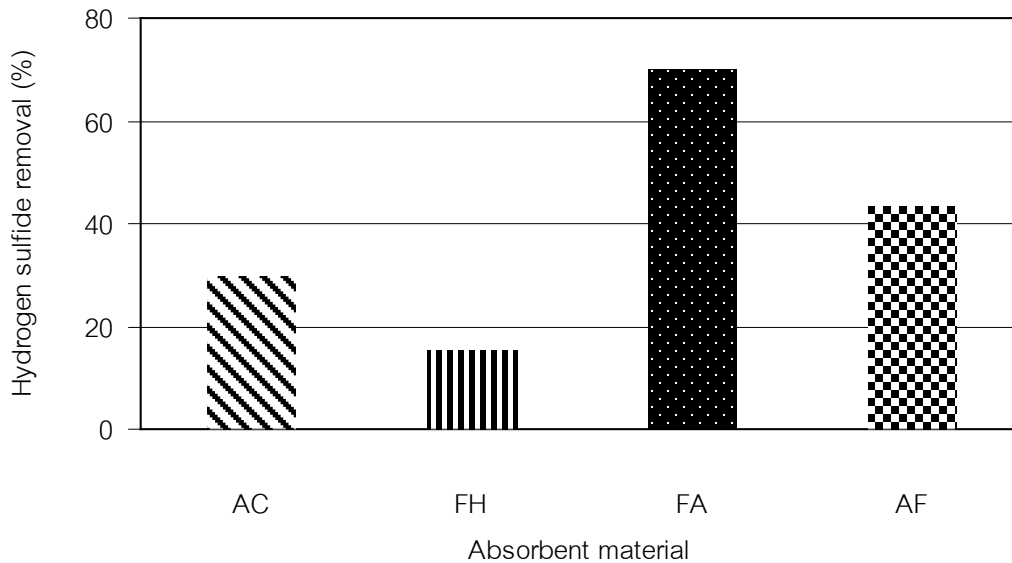


Figure 3 Efficiency of hydrogen sulfide gas removal by different adsorbent materials

### 3. ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับ

Figure 4 แสดงปริมาณการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกันพบว่า FA มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด โดยจะพบว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้า เท่ากับ 1,205 ppm เมื่อเวลาผ่านไป ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัวและสามารถกำจัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าได้เหลือความเข้มข้นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิทย์ (2551) ศึกษาการพัฒนาตัวดูดซับเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ พบว่าเหล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทดลอง และจากงานวิจัยนี้พบว่า AF มีระยะเวลาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยาวนานที่สุด เนื่องจากการรวมกันของวัสดุดูดซับสองชนิดคือ AC และ FH โดยมีการบรรจุ AC ก่อน และตามด้วย FH ทำให้วัสดุที่บรรจุไว้เกิดการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไหลผ่าน เมื่อระยะเวลาในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มากขึ้นความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนถึงสภาวะอิ่มตัว เรียกว่า breakthrough point ซึ่งเป็นเวลาที่ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ค่าการดูดซับถึงจุดอิ่มตัว ค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาออกเท่ากับขาเข้า เรียกว่า breakthrough curve โดยวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ได้ breakthrough point ที่ระยะเวลา 95, 140, 120 และ 215 นาที ตามลำดับ

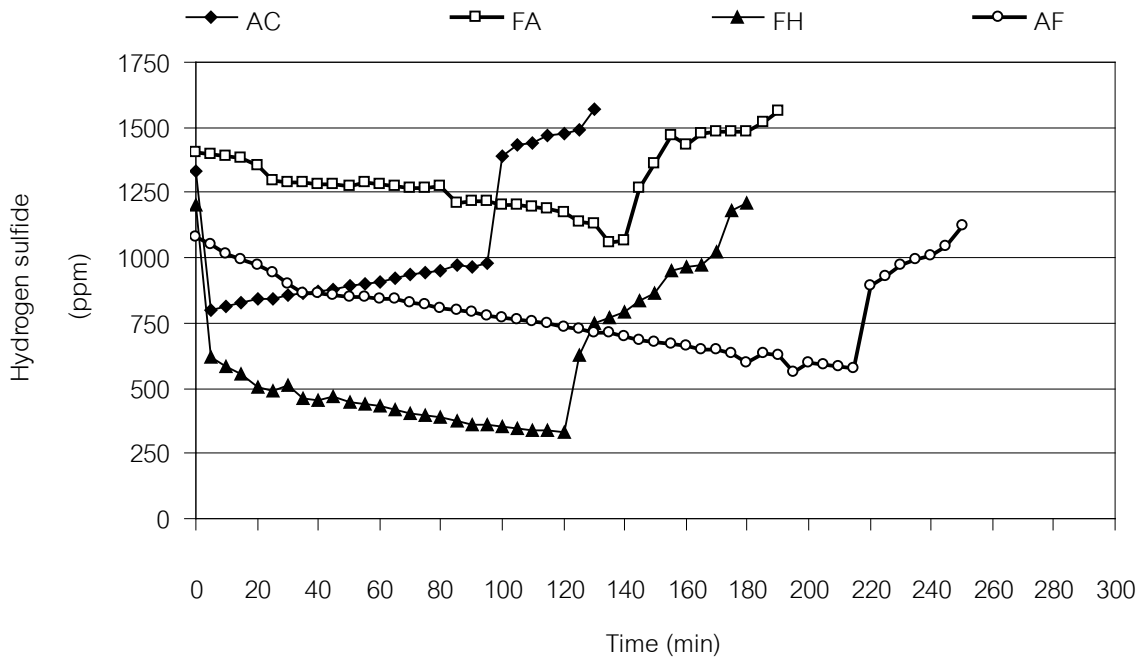


Figure 4 The hydrogen sulfide gas removal by different adsorbent materials

ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ณ สภาวะคงที่ พบว่า FA มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดเท่ากับ 2,249.68 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ FA เนื่องจาก FA มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด เพราะ FA เกิดการรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นเหล็กออกไซด์ ดังนั้นเมื่อปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าสู่คอลัมน์ที่มี FA แล้ว FA จะทำการรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดเป็นเหล็กซัลเฟต ทำให้ FA สามารถลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้น้อยลงได้ ส่วนวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยที่สุดคือ AC มีค่าเท่ากับ 338.34 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ AC เนื่องจากอาจจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำเสียที่ดีแต่ไม่ค่อยเหมาะสมกับการนำมาดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำให้เกิดการกำจัดที่ค่อนข้างน้อยและถึงจุดอิ่มตัวเร็วทำให้การดูดซับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับน้อย เมื่อเทียบกับวัสดุดูดซับ FA, AF และ FH ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69 และ 438.69 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของวัสดุดูดซับ ตามลำดับ (Figure 5)

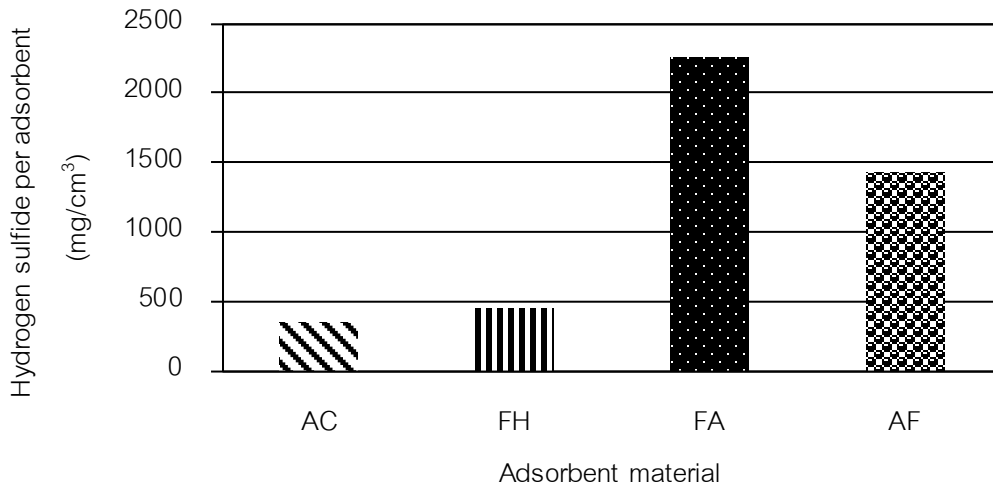


Figure 5 The adsorbed hydrogen sulfide gas per adsorbent materials

### สรุปผลและข้อเสนอนแนะ

การศึกษากำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากระบบก๊าซชีวภาพแบบ Anaerobic Covered Lagoon โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกันพบว่า AC, FH, FA และ AF สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดเมื่อใช้ FA เป็นวัสดุดูดซับ ณ สภาวะคงที่ และพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดของวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF เท่ากับร้อยละ 29.72, 15.37, 70.22 และ 43.61 ตามลำดับ โดยวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ได้ breakthrough point ที่ระยะเวลา 95, 140, 120 และ 215 นาที ตามลำดับ และปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับของ AC, FH, FA และ AF ได้ 338.34, 438.69, 2,249.68 และ 1,418.69 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของวัสดุดูดซับ ตามลำดับ ซึ่งจากงานวิจัยข้างต้นพบว่าวัสดุดูดซับที่กึ่งเหลือไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยนี้ ขอขอบคุณบุคลากรคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดมหาสารคามที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

พັນสิน บุญดีกุล. 2552. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วย Fe-EDTA. วิทยานิพนธ์, (วิศวกรรมเคมี). กรุงเทพฯ ฯ

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



- วรวิทย์ สีห์อนุกุล. 2551. **ศึกษาการพัฒนาตัวดูดซับเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ**. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สมชัย อัครทิวา. 2546. **ความรู้พื้นฐานวิศวกรรมของปฏิกิริยาเชิงเร่ง**. สำนักพิมพ์ท็อป. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, เคมีวิทยา เล่ม 2 : หลักทฤษฎีและสมบัติของสสาร
- สาโรจน์ ฉิมปาน, จิตรา แซ่จ้ง, พัชรี จันทร์ไชยแก้ว และจรัญ บุญกาญจน์. 2553. **ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมกับชุมชน**. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8: 162 - 167.
- Cal M.P., Strickler B.W., Lizzio A.A., Gangwal S.K. 2000. High temperature hydrogen sulfide adsorption on activated carbon II Effects of gas temperature, gas pressure and sorbent generation. **Carbon**. 38: 1767-1774.
- Horikawa M.S., Rossi F., Gimenes M.L., Costa C.M.M. and Silva da M.G.C. 2004. Chemical absorption of H<sub>2</sub>S for biogas purification. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. 21(3): 415 - 422.
- Kapdi S.S., Vijay V.K., Rajesh S.K. and Prasad R. 2005. Biogas scrubbing, compression and storage : perspective and prospectus in Indian context. **Renewable Energy**. 30:1195 - 1202.
- Saelee R. and Bunyakan C. 2012. Degradation kinetics of Fe-EDTA in hydrogen sulfide removal process. **ISRN Chemical Engineering**. 2012: 8 p.