การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากภาพแก๊สชีวภาพเพื่อใช้งานในครัวเรือนโดยการดูดซึมทางเคมีด้วยสารละลายคีเลทไอรอน

Hydrogen Sulfide Removal from Biogas for Household Application by Chemical Absorption with Chelate Iron Solution

จรัญ บุญกาญจน์[1] รัตนา จริยาบูรณ์[2] สุดารัตน์ ถิ่นจะนะ[3] พรพิมล แสนสุข[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

[3]แผนกวิชาพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อ.เมือง จ. นราธิวาส 96000

บทคัดย่อ

การกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากแก๊สชีวภาพสำหรับการใช้งานในครัวเรือนเป็นสิ่งจำเป็นเพราะ H_2S เป็นแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติการกัดกร่อนสูง และมีกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกำจัด H_2S โดยใช้กระบวนการดูดซึมทางเคมีด้วยสารละลายคีเลทไอรอน (Fe(III)EDTA)ในคอลัมน์บรรจุ ศึกษาผลของตัวแปรดำเนินการของคอลัมน์บรรจุโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ในการออกแบบสภาวะการทดลอง การสร้างแบบจำลองและการสภาวะดำเนินการที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าคอลัมน์บรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ความสูง 50 ซม. บรรจุด้วยวัสดุบรรจุชนิด Raschig ring ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. และสารละลาย Fe(III)EDTA ปริมาตร 350 มล. เป็นชุดกำจัด H_2S ที่เหมาะสมและเมื่อใช้งานที่สภาวะที่เหมาะสมที่ทำนายจากแบบจำลองคืออัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ 5 ลิตร/นาที ความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA 1 โมล/ลิตร ปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA 350 มล. และความเข้มข้นของแก๊ส H_2S ในแก๊สชีวภาพเท่ากับ 1000 ppm พบว่าอายุการใช้งานของชุดกำจัด H_2S คือ 8.14 ชม. และเมื่อทำการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย Fe(III)EDTA ของชุดกำจัด H_2S โดยการเติมอากาศในอัตรา 5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 12 ชม. ก็จะสามารถใช้งานชุดกำจัดไฮโดรซัลไฟด์ดังกล่าวได้ใหม่โดยให้ประสิทธิภาพเท่าเดิม จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดกำจัดแก๊ส H_2S ที่พัฒนาขึ้นนี้มีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงเพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สชีวภาพสำหรับการใช้งานในระดับครัวเรือนได้

คำสำคัญ : การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ, ไฮโดรเจนซัลไฟด์, คีเลทไอรอน, แก๊สชีวภาพ, เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง

Abstract

The removal of hydrogen sulfide (H_2S) from biogas for cooking purpose in households is necessary since H_2S is hazardous to human health, high corrosive and strong un-pleasant smell. The aim of this research is to develop the H_2S removal unit by chemical absorption process in packed column using

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chelate iron (Fe(III)EDTA) as an absorbent. The Response Surface Methodology (RSM) technique was applied for experimental design, model construction, and operating condition optimization. The results show that the H_2S removal unit comprises of a 5 cm diameter column, 50 cm height containing Rasching ring packing media of 1.5 cm diameter and Fe(III)EDTA solution of 350 mL were found suitable for this purpose. At the optimum operating conditions, predicted from the model, including the biogas flow rate of 5 L/min, Fe(III)EDTA concentration of 1 mol/L, 350 L of Fe(III)EDTA solution, and inlet H_2S concentration in biogas of 1000 ppm, the life time of H_2S removal unit is 8.14 hr and it can be regenerated by bubbling air at flow rate of 5 L/min for 12 hr. The regenerated H_2S removal unit gave the same H_2S removal efficiency as the fresh one. Thus, it can be concluded that the H_2S removal unit developed in this work has a high potential to use as a biogas up-grading mean for household utilization.

Keywords : Biogas up-grading, Hydrogen sulfide, Chelate iron, Biogas, Response Surface Methodology

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการผลิตแก๊สชีวภาพ และนำไปใช้เป็นแก๊สหุงต้มตามครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น การวิจัยเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของแก๊สชีวภาพให้มีความปลอดภัยต่อการใช้งานและให้เป็นแก๊สพลังงานที่แข่งขันได้ยังต้องมีการพัฒนาอีกมาก [1] กระบวนการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์มีอยู่ในหลายรูปแบบ ทั้งกระบวนการแบบแห้ง กระบวนการกึ่งแห้ง และกระบวนการแบบเปียก [2] วิธีคีเลทไอรอน (Chelate iron method) เป็นกระบวนการแบบเปียกที่นิยมมากที่สุดในภาคอุตสาหกรรม [2] งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดกำจัด H_2S สำหรับการใช้งานในครัวเรือนโดยใช้วิธีคีเลทไอรอน (Fe(III)EDTA) ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาชุดกำจัด H_2S ในแก๊สชีวภาพที่ใช้งานตามครัวเรือนด้วยวิธีนี้ โดยที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้กระบวนการดูดซับ H_2S ด้วยถ่านกัมมันต์ และผงเหล็ก [3,4] ซึ่งมีข้อด้อยคือการดูดซับด้วยเหล็กเมื่อใช้งานแล้วจะผงเหล็กจะถูกใช้หมดไปในขณะที่การใช้ถ่านกัมมันต์แม้ว่าจะสามารถนำถ่านกัมมันต์กลับมาทำการฟื้นฟูสภาพได้แต่การฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์มีกระบวนการที่ซับซ้อนกว่าการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย Fe(III)EDTA ที่ใช้ในการศึกษานี้ที่สามารถฟื้นฟูสภาพได้โดยการเติมอากาศ [5] ดังนั้นงานวิจัยเพื่อศึกษาหา สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัด H_2S จากแก๊สชีวภาพและหาสภาวะที่เหมาะสมในการฟื้นฟูสภาพสารละลาย Fe(III)EDTA โดยใช้คอลัมน์บรรจุที่ใช้งานได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำซึ่งเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับครัวเรือน

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 คอลัมน์บรรจุสำหรับการศึกษาการกำจัด H_2S จากแก๊สชีวภาพ

คอลัมน์บรรจุสำหรับการศึกษาการกำจัด H_2S จากแก๊สชีวภาพโดยการดูดซึมด้วยสารละลาย Fe(III)EDTA เป็นคอลัมน์รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ความสูง 50 ซม. ภายในคอลัมน์บรรจุด้วยวัสดุบรรจุชนิด Raschig ring ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. และสารละลาย Fe(III)EDTA ในปริมาตรที่ต้องการ แก๊สชีวภาพที่ปนเปื้อนด้วย H_2S จากบ่อผลิตแก๊สจะถูกส่งผ่านท่อส่งแก๊สและวัดอัตราการไหลด้วยโรตามิเตอร์ก่อนจะถูกป้อนเข้าสู่คอลัมน์บรรจุผ่านทางท่อทางเข้า ตัวกระจายแก๊สที่ติดอยู่กับท่อทางเข้าจะกระจายแก๊สเข้าไปในสารละลาย Fe(III)EDTA ที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ แก๊สชีวภาพที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำจัด H_2S แล้วจะไหลออกจากคอลัมน์เพื่อนำไปใช้งานผ่านทางท่อทางออก รายละเอียดของชุดทดลองแสดงดังรูปที่ 1

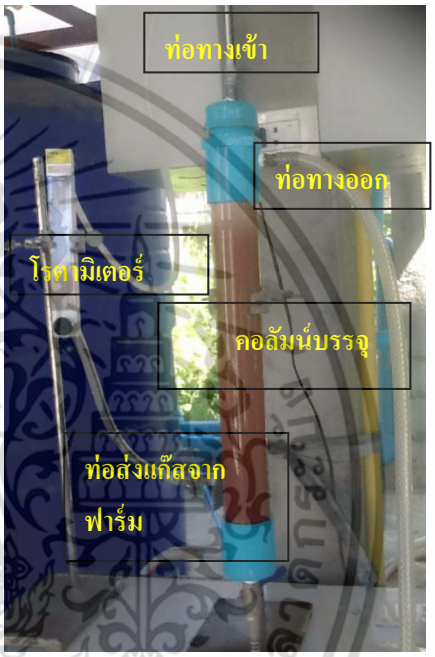
2.2 การออกแบบสภาวะการทดลอง การสร้างแบบจำลอง และ การหาสภาวะที่เหมาะสมจากแบบจำลอง

การออกแบบสภาวะการทดลองทำโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) [6] โดยกำหนดตัวแปรอิสระ ได้แก่ อัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ (X_1) 4-8 ลิตร/นาที ความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA (X_2) 0.25-1.2 โมล/ลิตร ปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA (X_3) 150-400 มล. และตัวแปรตาม คืออายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time) ที่ยังสามารถควบคุมความเข้มข้นของแก๊ส H_2S ในแก๊สชีวภาพที่ทางออกของคอลัมน์บรรจุได้เท่ากับ 200 พีพีเอ็ม หรือต่ำกว่า ซึ่งเป็นระดับความปลอดภัยต่อสุขภาพในการสัมผัสในระยะเวลา 1 ชม. ที่กำหนดโดย OSHA (Occupational Safety and Health Administration) [7]

3. วิธีการทดลอง

3.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของตัวแปรดำเนินการที่มีผลต่อการกำจัด H_2S ด้วยสารละลาย Fe(III)EDTA ในคอลัมน์บรรจุ

ทำการทดลองกำจัด H_2S ในแก๊สชีวภาพ ตามสภาวะการทดลองที่ออกแบบด้วยเทคนิคRSM โดยในแต่ละการทดลองจะเริ่มด้วยการเตรียมสารละลาย Fe(III)EDTA ให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการ เติมสารละลาย Fe(III)EDTA ลงในคอลัมน์บรรจุและปิดฝาด้านบนของคอลัมน์ให้สนิทก่อนนำคอลัมน์ไปเชื่อมต่อกับระบบแก๊สชีวภาพที่ใช้งานกับครัวเรือน ทำการป้อนแก๊สชีวภาพเข้าสู่คอลัมน์บรรจุด้วยอัตราการไหลที่กำหนด H_2S ในแก๊สชีวภาพจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย Fe(III)EDTA เก็บตัวอย่างแก๊สชีวภาพที่ทางเข้าและที่ทางออกของคอลัมน์เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ H_2Sในแก๊สชีวภาพที่เวลาต่างๆด้วยวิธี Iodometric [8] คำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากความเข้มข้นของH_2S ที่ทางเข้าและที่ทางออกของคอลัมน์บรรจุตามสมการ (1) และหาอายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time) ได้จากเวลาสุดท้ายที่ความเข้มข้นของแก๊ส H_2S ในแก๊สชีวภาพที่ทางออกของคอลัมน์ยังคงเท่ากับ 200 พีพีเอ็ม หรือต่ำกว่า



รูปที่ 1 แสดงชุดทดลองกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จากแก๊สชีวภาพติดตั้งใช้งานที่ครัวเรือน

$$H_2S \text{ Removal Efficiency } (\%) = \left[\frac{[H_2S]_{in} - [H_2S]_{out}}{[H_2S]_{in}} \times 100\right] \quad (1)$$

เมื่อ

H_2S Removal efficiency = ประสิทธิภาพการกำจัด H_2S (%)

$[H_2S]_{in}$ = ความเข้มข้นของ H_2S ในแก๊สชีวภาพที่ทางเข้าของคอลัมน์ (พีพีเอ็ม)

$[H_2S]_{in}$ = ความเข้มข้นของ H_2S ในแก๊สชีวภาพที่ทางออกของคอลัมน์ (พีพีเอ็ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างแบบจำลอง การหาสภาวะที่เหมาะสมและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองทำโดยการนำข้อมูลของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร ในรูปแบบของสมการควอดราติก [6] หาค่าสภาวะที่เหมาะสมของแบบจำลองด้วยเทคนิคการหาผลเลิศ และทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

3.3 การฟื้นฟูสภาพสารละลาย Fe(III)EDTAในคอลัมน์บรรจุ

การฟื้นฟูสภาพสารละลาย Fe(III)EDTA ทำโดยการเติมอากาศลงในสารละลาย Fe(III)EDTA ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ด้วยอัตราการไหล 5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 12 ชม. [9] ทดสอบประสิทธิภาพของการฟื้นฟูสภาพโดยนำสารละลาย Fe(III)EDTA ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพที่สภาวะต่างๆไปทดลองกำจัดแก๊ส H_2S ที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนการกำจัด H_2S

4. ผลการทดลอง

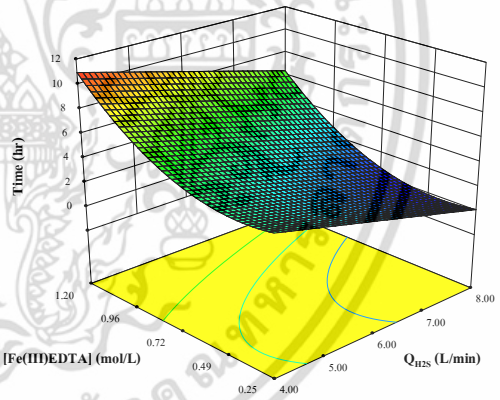
4.1 ผลของตัวแปรดำเนินการต่ออายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA และการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัด H_2S จากแก๊สชีวภาพ

ผลของความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA ([Fe(III)EDTA]) อัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ(Q_{H2S}) และปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA ($V_{Fe(III)EDTA}$) ต่ออายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time) แสดงดังรูปที่ 2 และ 3 และสามารถนำมาวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time) กับ อัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ (X_1) ความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA(X_2) และปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA(X_3) ได้ ดังสมการที่ (2)

$$Time = 7.15 - 1.13X_1 - 8.56X_2 + 0.013X_3 + 10.46X_2^2 \quad (2)$$

โดยที่ X_1 = 4-8 ลิตร/นาที X_2 = 0.25-1.2 โมล/ลิตร และ X_3 =150-400 มล.

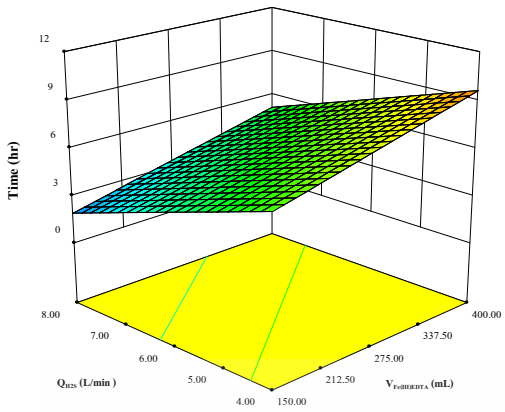
จากแบบจำลองที่ได้เมื่อนำมาหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยเทคนิคการหาผลเลิศ จะได้สภาวะที่เหมาะสมคือ อัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ 5 ลิตร/นาที ความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA 1 โมล/ลิตร และปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA 350 มล. โดยความเข้มข้นของแก๊ส H_2S ที่ทางเข้าหอดูดซึมมีค่าไม่เกิน 1000 พีพีเอ็ม ซึ่งแบบจำลองทำนายอายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time) ที่สภาวะดังกล่าวเท่ากับ7.95ชม. และผลการทดลองจริงที่สภาวะดังกล่าวพบว่าอายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA ที่ได้ เท่ากับ 8.14 ชม. ซึ่งใกล้เคียงกับ 7.95 ชม.ที่ทำนายโดยแบบจำลอง แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้สามารถใช้ทำนายอายุการใช้งานของชุดกำจัดแก๊ส H_2Sในช่วงของตัวแปรที่ศึกษาได้



รูปที่ 2 กราฟพื้นผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA (X_2)และอัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ (X_1) ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time)

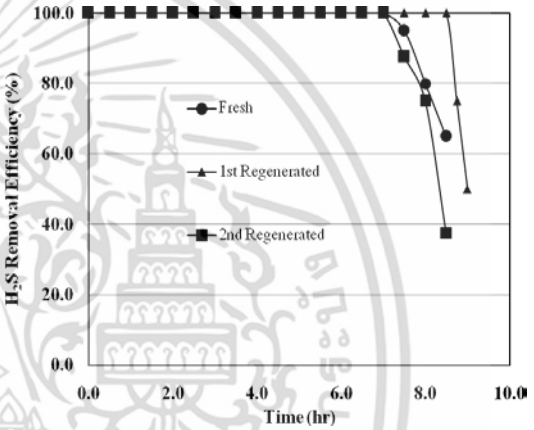
4.2 การทดสอบการใช้งานจริงของชุดกำจัด H_2S โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง และผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย Fe(III)EDTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 กราฟพื้นผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของอัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ (X_1)และปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA (X_3) ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของสารละลาย Fe(III)EDTA (Time)

การทดสอบการใช้งานจริงของชุดกำจัด H_2S โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองและทำการฟื้นฟูสภาพชุดกำจัด H_2S หลังจากการใช้งานโดยป้อนอากาศเข้าสู่ระบบด้วยอัตราการไหล 5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 12 ชม. ได้ผลการทดสอบการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าชุดกำจัดแก๊ส H_2S ให้ร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 100 คือสามารถกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากแก๊สชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อใช้งานชุดกำจัด H_2S ไปประมาณ 8 ชม. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สชีวภาพที่ทางออกสูงกว่า 200 พีพีเอ็ม จะต้องทำการฟื้นฟูสภาพสารละลาย Fe(III)EDTA ของชุดกำจัดแก๊ส H_2S ใหม่ โดยการเติมอากาศเข้าสู่คอลัมน์ดูดซึมแทนการป้อนแก๊สชีวภาพ และจากการฟื้นฟูสภาพสารละลาย Fe(III)EDTA เมื่อใช้ชุดกำจัดแก๊ส H_2S ซ้ำอีก 2 ครั้ง พบว่าชุดกำจัดแก๊ส H_2S ที่ใช้สารละลาย Fe(III)EDTA ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ให้ประสิทธิภาพการกำจัด H_2S ใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย Fe(III)EDTA ใหม่โดยและสารละลายใหม่มีอายุการใช้งานน้อยกว่าการใช้สารละลายที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพครั้งที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ทางเข้าในขณะที่ทำการทดลองใช้สารใหม่มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากรณีของการใช้สารละลาย Fe(III)EDTAที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพครั้งที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากแก๊สชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้กับการกำจัดโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก [3] ที่มีร้อยละของประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ในช่วงร้อยละ 15.37 ถึง 70.22 แสดงว่าการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยการดูดซึมด้วยสารละลาย Fe(III)EDTA ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไฮโดรซัลไฟด์ที่สูงกว่าและสามารถฟื้นฟูสภาพสารละลายกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายกว่า



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดแก๊ส H_2S กับเวลา เปรียบเทียบระหว่างการใช้สารละลาย Fe(III)EDTA ใหม่ (Fresh) กับสารละลาย Fe(III)EDTA ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพครั้งที่ 1 (1 st Regenerated) และครั้งที่ 2 (2 nd Regenerated)

5. สรุป

จากการศึกษาการกำจัด H_2S ในแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการดูดซึมทางเคมีด้วยสารละลาย Fe(III)EDTA ในคอลัมน์บรรจุขนาดเล็ก สามารถสรุปได้ว่าคอลัมน์บรรจุรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ความสูง 50 ซม. บรรจุด้วยวัสดุบรรจุชนิด Raschig ring ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. และสารละลาย Fe(III)EDTA ความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ปริมาตร 350 มล. เป็นชุดกำจัด H_2S ที่เหมาะสมกับการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพเพื่อใช้งานในระดับครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้กับอัตราการไหลของแก๊สชีวภาพไม่เกิน 5 ลิตร/นาที โดยมีอายุการใช้งานนาน 8 ชม. และสามารถทำการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย Fe(III)EDTA ได้โดยการเติมอากาศในอัตรา 5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 12 ชม.

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณ ภักดีฟาร์ม ต. แพรกหา อ.ควนขนุน จ. พัทลุง ที่ให้ที่สนับสนุน วัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ ในการทดลองและการทดสอบชุดกำจัด H_2S จนทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสรอ้างอิง

[1] J. Krischan, A. Makaruk, and M. Harasek. "Design and Scale-up an Oxidative Scrubbing Process for the Selective Removal of Hydrogen Sulfide from Biogas", Journal of Hazardous Materials, Vol. 215-216, pp. 49-56, 2012.

[2] Y. Yu, Y. Liu, and G. Qi, G. "Rapid Regeneration of Chelated Iron Desulfurization Solution Using Electrochemical Reactor with Rotating Cylindrical Electrodes", Chinese Journal of Chemical Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 136-140, 2014.

[3] V. Tanuslip and S. Laowansiri, "Hydrogen Sulfide Removal from Biogas by Activated Carbon and Iron," The 9th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus National Conference, pp. 419-427, 6-7 December 2012.

[4] S. Chimpan, J. Saejong, P. Janchaikeaw, and C. Bunyakan, "The System of Hydrogen Sulfide Removal from Biogas Suitable for Community. The 8th PSU Engineering Conference (PEC-8), pp.162-167, 22-23 April 2010.

[5] R. Saelee, J. Chungsiriporn, J, Intamanee, and C. Bunyakan, "Removal of H_2S in Biogas from Concentrated Latex Industry with Iron(III)chelate in Packed Column", Songklanakarin J. Sci. Technol, Vol. 31, No. 2, pp. 195-203, 2009.

[6] A. Amari, A. Gannouni, M. Chlendi, and A. Bellagi, "Optimization by Response Surface Methodology (RSM) for Toluene Adsorption onto Prepared Acid Activated Clay", The Canadian Journal of Chemical Engineering, Vol. 86, pp.1093-1102, 2008.

[7] OSHA, Occupational Safety & Health Administration, www.osha.gov.

[8] APHA, AWWA and WPCF, "Standard Methods for The Examination of Water and Waste", 6th ed. Washington, DC, US.

[9] C. Bunyakan, R. Saelee, S. Tinchana, P. Saensuk."Hydrogen Sulfide Removal Unit for Biogas Cleaning for Household Application by Chemical Absorption with Iron Chelate Solution", Research Report, Prince of Songkla University, pp. 35-37, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้