

การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ในชุมชน

Diminishing of hydrogen sulfide from biogas for community use

Suchon Tangtaweewipat^{1*}, Ongart Songsee² และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล¹

Suchon Tangtaweewipat^{1*}, Ongart Songsee² and Boonlom Cheva-Isarakul¹

บทคัดย่อ : ก๊าซชีวภาพที่ผลิตโดยเกษตรกรรายย่อยเมื่อใช้มูลสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุน และมูลนกกระทาไข่ มีไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) 480, 1,773 และ 3,509 ppm ตามลำดับ ก๊าซดังกล่าวมีกลิ่นเหม็น และกัดกร่อนโลหะเป็นอันตรายต่อหัวเตาหุงต้มหรือเครื่องยนต์จึงควรกำจัดออกโดยใช้สารดูดซับที่แช่ในสารละลายเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และโซดาไฟ โดยใช้ปูนซีเมนต์เทาผสมดินเบาหรือทรายละเอียดเมื่อนำไปวัดในฟาร์มสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุน และนกกระทาไข่ พบว่า การใช้ทรายผสมปูนซีเมนต์เทาสามารถลด H_2S ได้ดีกว่าดินเบาผสมปูนซีเมนต์เทาและการใช้ฟอยเหล็ก กล่าวคือ ลดได้ 99.3-97.3, 78.0-74.0 และ 69.4-49.9% ตามลำดับ ($P<0.01$) เมื่อนำตัวกลางทรายละเอียดผสมปูนซีเมนต์เทาบรรจุลงในท่อ PVC ที่มีความยาว 50, 75 และ 100 ซม. พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้นตามความยาวของท่อ คือ ลด H_2S ได้เท่ากับ 99.3-97.3, 99.8-99.0 และ 100-99.6% ตามลำดับ โดยชุดดูดซับที่มีความยาว 100 ซม. สามารถลด H_2S จาก 2,400 ppm เป็น 0 ppm ในวันแรก และ 3 ppm หลังใช้งานนาน 30 วัน โดยตัวดูดซับจะเปลี่ยนสีจากน้ำตาลแดงเป็นสีน้ำตาลเข้ม

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, มีเทน, ไฮโดรเจนซัลไฟด์, ตัวกลางดูดซับ, เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์

ABSTRACT: Biogas produced from the fermentation of excreta from breeding sows, fattening pigs and Japanese laying quails in small scale farms contained hydrogen sulfide (H_2S) at 480, 1,773 and 3,509 ppm, respectively. This gas has offensive smell and is corrosive to motor and metal stove of farmers, thus needs to be eliminated. The adsorbent granules soaking in $FeCl_3$ and NaOH made from grey cement mixed with diatomaceous earth or fine sand. The experiment in breeding sow, fattening pig and Japanese laying quail farms revealed that the adsorbent granules made from fine sand mixed with grey cement had better efficiency in reducing H_2S than diatomaceous earth plus grey cement or scrap iron (99.3-97.3 vs. 78.0-74.0 and 69.4-49.9%, $P<0.01$). The reduction of H_2S increased with the increasing length of the adsorbent tubes, made from fine sand mixed with grey cement, from 50 to 75 and 100 cm (99.3-97.3 to 99.8-99.0 and 100-99.6%, respectively). Adsorbent set of 100 cm length can reduced H_2S in biogas from 2,400 to 0 ppm in the first day and to 3 ppm on day 30 of using period, during which the color of adsorbent granules changed from red brown to dark brown.

Keywords: biogas, Methane, Hydrogen sulfide, adsorbents, Ferric hydroxide

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.

² สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

Faculty of Science and Agriculture Technology, Rajamakala University of Technology Lanna, Nan

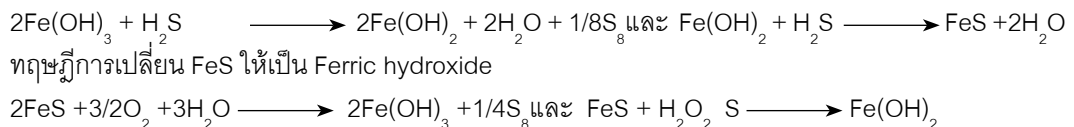
* Corresponding author : suchon.t@cmu.ac.th

ผลการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินอุดหนุนจาก "สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ"

บทนำ

จากการที่พลังงานมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น เบนซินมีราคาเฉลี่ย 40 บาท/กก. ก๊าซหุงต้ม (LPG) มีราคาสูงกว่า 18 บาท/กก. ซึ่งพลังงานสองชนิดข้างต้นจัดเป็นพลังงานพื้นฐานของทุกครัวเรือนที่ใช้เพื่อการหุงต้มและเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถจักรยานยนต์ จึงมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกร และประเทศชาติที่ต้องนำเข้าพลังงาน จากการดำเนินงานโครงการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนในครัวเรือนด้วยระบบถุ่หมักฟิวิชี ความจุ 7-8 ลบ.ม. สำหรับผู้เลี้ยงสุกร 10-20 ตัว โคกระบือ 5-6 ตัว หรือสัตว์ปีก 100-200 ตัว ของ รศ.ดร.สุชน ตั้งทวีพัฒน์ และคณะ ตั้งแต่ปี 2549 เป็นต้นมา ทำให้ประหยัดการใช้ก๊าซ LPG ได้มากกว่าเดือนละ 1 ถึง (15 กก.) อีก

ทั้งยังช่วยลดกลิ่นเหม็น และมลภาวะอื่นที่มีต่อสภาพแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง รวมทั้งได้ปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพดี (สุชนและคณะ, 2553) อย่างไรก็ตาม ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ส่วนหนึ่งมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้ ประกอบกับบางรายเลี้ยงสัตว์ในสวนไม้ผลซึ่งอยู่ห่างไกลจากบ้านพัก มีความต้องการที่จะนำก๊าซไปใช้ในครัวเรือน และประสงค์จะใช้ทดแทนน้ำมันรถจักรยานยนต์ แต่ติดปัญหาตรงที่มีก๊าซไม่พึงประสงค์ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ปนเปื้อนอยู่ 1-4% (v/v) ซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะ ทำให้หัวเตาหุงต้มเกิดเป็นสนิมอุดตัน และทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอได้ ดังนั้นหากสามารถพัฒนาตัวกลางสำหรับดูดซับ H_2S ออกได้ จะช่วยให้การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในชุมชนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นสารที่มีความสามารถในการดูดซับได้แก่ Ferric hydroxide ดังสมการ



Kaladjian (2003) ได้ผลิตเม็ด Ferric hydroxide ที่ใช้ทรายเป็นแกนในการจับ โดยใส่ทรายในสารละลาย 1M $FeCl_3$ ทำให้แห้ง แล้วนำไปใส่ในสารละลาย 3M NH_4OH ทำให้แห้งอีกครั้งแล้วนำไปบรรจุในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 35 ซม. ซึ่งสามารถบรรจุเม็ดทรายที่เคลือบ Ferric hydroxide ได้ 600 cm^3 พบว่าสามารถกรองแบคทีเรียในน้ำได้ถึง 99.9% ปิวิตร และคณะ (2548) รายงานว่า การใช้ดินเบาจากจังหวัดลำปางเคลือบด้วย Ferric hydroxide สามารถดูดซับโลหะหนัก (สังกะสี ทองแดง และแคดเมียม) ได้ถึง 92% การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสารตัวกลางเคลือบด้วย Ferric hydroxide ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับ H_2S

วิธีการศึกษา

ทำการผลิตชุดตัวกรองซึ่งภายในจะบรรจุเม็ด Ferric hydroxide ที่ได้จากการใช้ดินเบา หรือใช้ทรายผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาระดับที่

เหมาะสม จากนั้นนำไปทดสอบการดูดซับ H_2S ที่ได้จากบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 8-16 ลบ.ม. ตามที่สุชน และคณะ (2553) ได้ไปส่งเสริมและสนับสนุนสร้างบ่อไว้แล้วเปรียบเทียบกับการใช้ฟอยเหล็กในท่อที่มีความยาว 50 ซม. เมื่อได้ชนิดของตัวกรองที่เหมาะสมแล้ว นำไปใส่ในท่อที่มีความยาวแตกต่างกัน (50, 75 และ 100 ซม.) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ และการคืนสภาพของตัวดูดซับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินเบากับปูนซีเมนต์

ใช้ดินเบาเป็นตัวกลาง โดยใช้ปูนซีเมนต์เทาเทียบกับปูนซีเมนต์ขาวเป็นตัวจับ ผสมดินเบากับปูนในอัตราส่วน 1:0, 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 และ 1:1 ปั้นเป็นเม็ดและตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วทดสอบการละลายน้ำ พบว่า กลุ่มที่ใช้อัตราส่วน 1:0 เม็ดดินเบาแตกกระจายเป็นผงใน 6 นาที กลุ่มที่ใช้อัตราส่วน 1:0.25 มีการแตกกระจายเพียงเล็กน้อย ส่วนกลุ่ม

อื่นๆ ที่ใช้สัดส่วนปูนเพิ่มขึ้นไม่มีการแตกกระจาย การผสมกับปูนซีเมนต์เทามีการแตกของเม็ดมากกว่า ปูนซีเมนต์ขาวเล็กน้อย การเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์มากขึ้นจะทำให้ความคงทนของเม็ดดีขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ปูนซีเมนต์เทาในการศึกษาต่อไป

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของทรายกับปูนซีเมนต์

ใช้ทรายละเอียด (ทรายขาว) เป็นตัวกลาง ผสมกับปูนซีเมนต์เทาซึ่งใช้เป็นตัวจับเม็ดในสัดส่วนปูนต่อทราย 1:1, 1:2 และ 1:3 แล้วนำมาปั้นเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.5 ซม. ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อนำไปทดสอบการละลายในสารละลาย 3M NaOH นาน 12 ชั่วโมง พบว่า เม็ดตัวกลางมีการแตกกระจายมากขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วนของทราย การใช้ทรายมากกว่า 2 เท่าของปูนซีเมนต์ ทำให้เม็ดตัวกลางมีความคงทนลดลง ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ต่อไป

การทดสอบสีของตัวกลางดูดซับ

จากการนำดินเบาผสมปูนซีเมนต์ขาวและปูนซีเมนต์เทาในอัตราส่วนต่างๆ แล้วตากแห้งที่อุณหภูมิห้องเทียบกับการเผาที่ 500 °ซ เพื่อผลิตตัวกลางดูดซับ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ที่มีสีน้ำตาลแดง พบว่า ปูนซีเมนต์ทั้งสองชนิดที่ผสมกับดินเบาในอัตราส่วน 0.25:1, 0.5:1, 0.75:1 และ 1:1 มีสีน้ำตาลแดงเข้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นสูตรที่ใช้ดินเบาอย่างเดียว จะให้สีที่เข้มกว่า การเผาที่อุณหภูมิ 500 °ซ ไม่ทำให้สีของตัวกลางแตกต่างจากการตากแห้งที่อุณหภูมิห้อง

การทดสอบการกำจัด H_2S ด้วยตัวกลางดูดซับ

ใช้แผนการทดลอง 3x3 Factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 เป็นชนิดของสารตัวกลาง 3 ชนิด (ดินเบา ทรายและ ฝอยเหล็ก) บรรจุในชุดกรองที่เป็นท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 50 ซม. ปัจจัยที่ 2 เป็นชนิดของเสียในบ่อหมัก (มูลและปัสสาวะของสุกรขุนมูลสุกรแม่พันธุ์ และมูลนกกระทา) ปรากฏว่า ก๊าซชีวภาพจากถังขั้วถ่ายของสัตว์ทั้งสามประเภทมี H_2S เท่ากับ 1,773, 480 และ 3,509 ppm ตามลำดับเมื่อนำไปผ่านตัวกลางที่ทำจากทรายผสมปูนซีเมนต์เทาจะลด

H_2S ได้ดีที่สุด ($P < 0.01$) โดยลดได้มากถึง 97–99% รองลงไป คือ ตัวกลางที่ใช้ดินเบาผสมปูนซีเมนต์เทา (ลดได้ 74–78%) ในขณะที่ฝอยเหล็กลดได้น้อยที่สุด (50–69%) โดยมีปฏิสัมพันธ์กับชนิดของมูล กล่าวคือสามารถดูดซับ H_2S จากบ่อมูลสุกรพันธุ์ได้ดีกว่ามูลผสมปัสสาวะของสุกรขุน และมูลนกกระทาไข่ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (Table 1)

สำหรับการศึกษาผลของตัวกลางที่บรรจุในท่อความยาว 50-100 ซม. โดยใช้ตัวกลางที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ ทรายผสมปูนซีเมนต์เทา ใช้แผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD ปรากฏว่าความยาวของชุดดูดซับ 100 ซม. สามารถลด H_2S ได้มากที่สุด โดยเฉพาะกับก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสุกรแม่พันธุ์ (ลดได้ 100%) ซึ่งไม่แตกต่างกับท่อที่มีความยาว 75 และ 50 ซม. (ลดได้ 99.3-99.8%) ทำนองเดียวกับชุดดูดซับที่มีความยาว 75 ซม. สามารถลด H_2S จากมูลผสมปัสสาวะของสุกรขุน และมูลนกกระทาไข่ ได้ไม่แตกต่างกับความยาว 100 ซม. อย่างไรก็ตาม การใช้ชุดดูดซับความยาว 50 ซม. ในฟาร์มสุกรขุนและนกกระทาไข่พบว่าลด H_2S ได้ต่ำกว่าชุดดูดซับความยาว 75 และ 100 ซม. อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการใช้ในฟาร์มนกกระทาไข่มีประสิทธิภาพในการลด H_2S ได้น้อยที่สุด (97.3%, $P < 0.01$, Table 2) จากการนำไปทดสอบที่บ้านของเกษตรกรรายหนึ่ง ซึ่งมีบ่อก๊าซชีวภาพที่ใช้มูลนกกระทาไข่ผสมมูลโคเป็นวัสดุหมัก ขนาด 14-16 ลบ.ม. โดยก๊าซที่ได้ในแต่ละวันใช้สำหรับการนึ่งข้าวเหนียวและทำอาหารเช้าเย็นทุกวัน พบว่า ก๊าซที่ได้มี H_2S เท่ากับ 2,400 ppm หลังผ่านตัวกรองที่มีความยาว 100 ซม. เป็นเวลา 10 นาที วัดปริมาณ H_2S ได้เท่ากับ 0 ppm และเมื่อวัดหลังจากใช้งานไปแล้ว 30 วันจะได้ค่า H_2S เท่ากับ 3 ppm ซึ่งให้ผลดีเท่ากับการใช้จุลินทรีย์เพื่อกำจัด H_2S ตามรายงานของ Kwang-Joong *et al.* (1998), Zhuang *et al.* (1994) และ Hee-Wook *et al.* (2009) ที่อ้างว่าสามารถกำจัดได้ไม่น้อยกว่า 95% เมื่อสังเกตสีของตัวดูดซับด้านบนสุดพบว่า มีสีน้ำตาลแดงเข้ม ยังไม่เป็นสีดำ รวมทั้งที่รูหัวเตาที่ใช้หุงต้มอาหาร ซึ่งปกติต้องทะลวงรูหัวเตาทุกสัปดาห์ แสดงว่าชุดดูดซับมีประสิทธิภาพดี ผู้ใช้พอใจ

Table 1 H₂S reduction from 3 kinds of excreta by different adsorbent granules in 50 cm tube.

Type of excreta	Breeding sow	Fattening pig	Laying quail
H ₂ S before passing through adsorbent tube (ppm)	480.00	1,773.33	3,508.67
H ₂ S reduction(%)			
Grey cement mixed with diatomaceous earth	77.95 ^b	77.30 ^b	74.02 ^{bc}
Grey cement mixed with fine sand	99.25 ^a	98.58 ^a	97.33 ^a
Scrap iron	69.44 ^c	62.51 ^d	49.93 ^e

^{a-c} Means with the same letter are not significantly different (P<0.01)

Interaction between type of adsorbent and animal excreta are significant (P<0.05)

Table 2 H₂S reduction from 3 kinds of excreta by 3 different length of adsorbent tube.

Type of excreta	Breeding sow	Fattening pig	Laying quail
H ₂ S reduction(%) after passing through adsorbent			
- 50 cm.	99.25 ^{abc}	98.58 ^c	97.32 ^d
- 75 cm.	99.79 ^a	98.93 ^{bc}	98.98 ^{bc}
- 100 cm.	100.00 ^a	99.56 ^{ab}	99.60 ^{ab}

^{a-d} Means with the same letter are not significantly different (P<0.01)

Interaction between type of adsorbent and animal excreta are significant (P<0.05)

สรุป

การลดปริมาณ H₂S จากก๊าซชีวภาพ โดยใช้ตัวกลางดูดซับที่ทำจากทรายผสมปูนซีเมนต์เทาสามารถทนต่อการทำลายได้ดีที่สุด และได้สีน้ำตาลแดงของ Fe(OH)₃ เมื่อนำไปบรรจุในท่อที่มีความยาว 100 ซม. สามารถดูดซับ H₂S ได้ดีกว่าการใช้ตัวกลางชนิดดินเผา และการใช้ฝอยเหล็ก รวมทั้งยังให้ผลดีกว่าการใช้ท่อที่มีความยาวสั้นกว่า

เอกสารอ้างอิง

ปวิตร กระจุกกะตา วลัย ศิริทัพ และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์. 2548. การพัฒนาตัวกลางในการกรองจากไดอะทอมไมต์สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการชุบโลหะ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชน ตั้งทวีพัฒน์ องอาจ ส่องสี และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2553. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับเกษตรกรรายย่อย. ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 250 หน้า.

Kaladjian, A. 2003. Using ferric hydroxide to filter out bacteria from water. California State Science Fair. Available [online]: <http://www.usc.edu/CSSF/History/2003/Projects/S0804> [12 sep. 2007].

Hee-Wook, R., Y. Sun-Kyung, C. Jung Min and C. Kyung-Suk. 2009. Thermophilic biofiltration of H₂S and isolation of a thermophilic and heterotrophic H₂S-degrading bacterium, *Bacillus* sp. TSO3. *J. Hazardous Material*, 168:501-506.

Kwang-Joong, O., S. Min-Hee, S. Hee-Joong and K. Donguk. 1988. Removal of hydrogen sulfide in a three phase fluidized bed bioreactor. *J. Chem. Eng.*, 15(2):177-181.

Zhuang, G., J. Pan, Y. Ylao and S. Zheng. 1994. Bacterial desulfurization of the H₂S-containing biogas. *J. Bio. Letter*, 16(10):1087-1090.