การผลิตแก๊สชีวภาพและประยุกต์ใช้ในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวัน ในโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก จังหวัดตาก

The Biogas Production and The Application of Lunch Project for Student at Suksasongkhro Tak School Tak Province

ยุธนา ศรีอุดม[1*] อนุรัตน์ เทวตา[2] และ ไพโรจน์ จันทร์แก้ว[3]

[1,2,3]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างและใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพให้กับครูและนักเรียน ให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างและประยุกต์ใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อนำแก๊สที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก๊ส LPG สำหรับหุงต้มและประกอบอาหารในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวัน โดยมีครูและนักเรียนเข้าร่วมฝึกอบรม จำนวน 330 คน จากการประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ พบว่า ผลเกณฑ์การประเมินสูงสุดอันดับแรก คือ ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร (ค่าเฉลี่ยรวม 4.37, S.D. 0.67) อันดับสอง คือ ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.33, S.D. 0.66) อันดับสาม คือ ด้านวิทยากร (ค่าเฉลี่ยรวม 4.26, S.D. 0.65) และอันดับสุดท้าย คือ ด้านความรู้ความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.13, S.D. 0.72) โดยมีความพึงพอใจในด้านความรู้ความเข้าใจหลังการอบรมเฉลี่ยสูงสุด คือ 4.44 และมีเกณฑ์ความพึงพอใจด้านการตอบข้อซักถามในการฝึกอบรมต่ำสุด คือ 4.16 ส่วนการประเมินผลสำเร็จของโครงการ พบว่า บ่อหมักแก๊สที่ทำการติดตั้งสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ทุกบ่อ และนำไปใช้ทดแทนแก๊ส LPG ได้โดยเฉลี่ย 1,400-1,500 บาท/เดือน มีต้นทุนในการสร้างระบบรวม 58,000 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี และเกิดโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับแก๊สชีวภาพจำนวน 3 โครงการ ได้แก่ 1. การเปรียบเทียบการเกิดแก๊สชีวภาพระหว่างเศษอาหารกับมูลสัตว์ 2. การเปรียบเทียบมูลสุกรและมูลโคมาทำเป็นแก๊สชีวภาพ และ 3. การเปรียบเทียบศักยภาพการเกิดแก๊สระหว่างมูลสุกรแห้งกับมูลสุกรสด

Abstract

This research aims to transfer biogas digester construction technology and application of biogas in household to teachers and students of Suksasongkhro Tak school. They were instructed and trained about biogas digester construction and application of biogas produced from animal manure on household cooking in order to reduce LPG use. A total number of 330 teachers and students participated in the training. Results from 5-point scale questionnaire for project evaluation showed that the highest rank was location, duration and food ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.67). The second was knowledge utilization ($\bar{x}$ = 4.33, S.D. = 0.66). The third was trainers ($\bar{x}$ = 4.26, S.D. = 0.65) and the lowest was knowledge and understanding ($\bar{x}$ = 4.13, S.D. = 0.72). Regarding level of average post-training satisfaction, the highest was 4.44 for knowledge and understanding while the lowest was 4.16 for question and answer. For success of the project, it was found that every biogas digester done by participants could produce biogas used in place of LPG and could reduce monthly expense by about 1,400-1,500 baht. The total construction cost of biogas production system was 58,000 baht, with a payback period of 4 years. For students, there were 3 science projects about biogas; including 1) comparison of biogas produced from food remains and animal manure; 2) comparison of biogas produced from pigs and cows manure; and 3) comparison of biogas produced from dry and fresh pigs manure.

คำสำคัญ : แก๊สชีวภาพ การถ่ายทอดเทคโนโลยี

Keywords : Biogas, Technology Transfer

* *ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ Num_kmutt@hotmail.com โทร. 08 4483 1435*

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน พลังงานทดแทนเป็นเรื่องที่ผู้คนให้ความสนใจศึกษาเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแก๊สโซฮอลล์ พลังงานจากชีวมวล และพลังงานจากแก๊สชีวภาพ ซึ่งพลังงานที่กล่าวมานี้จะถูกนำมาใช้ทดแทนพลังงานหลัก โดยทีมวิจัยจะมุ่งเน้นที่จะศึกษาพลังงานจากแก๊สชีวภาพ ซึ่งแก๊สชีวภาพเป็นแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยของเสียประเภทสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยของเสียเหล่านั้น ได้แก่ ของเสียจากมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งประเทศไทยนับว่ามีของเสียเหล่านี้อยู่ในปริมาณมาก หากนำของเสียเหล่านั้นมาหมักให้เป็นแก๊สชีวภาพ แล้วนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การนำแก๊สชีวภาพไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า การนำแก๊สชีวภาพไปใช้ในการผลิตพลังงานร่วม และ การนำแก๊สชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มในครัวเรือน อีกทั้งการนำของเสียเหล่านั้นมาผ่านกระบวนการหมักแก๊สชีวภาพยังเป็นการลดปัญหาทางด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อสุขภาพ และความเป็นอยู่ เช่น ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ทำให้แม่น้ำลำคลองเน่าเสีย

โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก ตั้งขึ้นในปีงบประมาณ 2506 โดยความร่วมมือระหว่างกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการกับคณะกรรมการพัฒนาภาคเหนือ เพื่อรับเด็กนักเรียนที่ด้อยโอกาสทางการศึกษา ประกอบด้วย เด็กที่ถูกบังคับให้ขายแรงงาน หรือแรงงานเด็ก เด็กเร่ร่อน เด็กที่อยู่ในธุรกิจทางเพศหรือโสเภณีเด็ก เด็กที่ถูกทอดทิ้ง เด็กยากจนมากเป็นพิเศษ เด็กในชนกลุ่มน้อย ฯลฯ ให้ได้มีความรู้ อยู่ดีกินดี เจริญเติบโต มีความสุขกายสบายใจ ให้การศึกษาอบรมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถตามหลักสูตร กระทรวงศึกษาธิการ ตลอดจนปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และส่งเสริมวิชาชีพให้มีรายได้ระหว่างเรียน มีความรับผิดชอบในการสร้างเสริมและพัฒนาตนเองเพื่อเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพของชาติต่อไป ปัจจุบันมีครูและนักเรียนทั้งสิ้น 1,181 คน ซึ่งทางโรงเรียนมีกิจกรรมในการจัดทำโครงการอาหารกลางวันสำหรับเด็กทุกวัน และมีภาระค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มสำหรับประกอบอาหารเดือนละ 9,000-10,000 บาท ประกอบกับโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตากเป็นโรงเรียนประจำมีการประกอบกิจกรรมด้านการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงการอาหารกลางวัน โดยเฉพาะโครงการการเลี้ยงสัตว์ประเภทโคและสุกร ที่มีมูลเหลือจากการนำไปใช้ประโยชน์ในปริมาณมากพอสมควร หากนำมูลสัตว์ดังกล่าวมาผลิตเป็นแก๊สชีวภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวันภายในโรงเรียนจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานทดแทนผ่านกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน และส่งเสริมให้เกิดโครงงานวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียน

ดังนั้น ทีมวิจัยจึงจัดทำโครงการการผลิตแก๊สชีวภาพภายในโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก ซึ่งมีความพร้อมและเหมาะสมสำหรับการขยายผลและเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับครู นักเรียน และผู้ที่สนใจภายนอกได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและส่งเสริมการใช้แก๊สชีวภาพสำหรับลดปริมาณการใช้แก๊สจากการหุงต้มในโครงการอาหารกลางวัน

1.2.2 เพื่อปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานให้กับกลุ่มครูและนักเรียนในโรงเรียน

1.2.3 เพื่อฝึกกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พลังงานและพัฒนาสู่การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียน

2. วิธีการศึกษา

2.1 ขั้นตอนดำเนินการ

ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างและการใช้งานบ่อหมักก๊าซชีวภาพฯ เป็นการฝึกอบรมครูและนักเรียน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการเตรียมการ ประกอบด้วย

1) ประชุมวิทยากรกระบวนการเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับอบรมให้ความรู้

2) ติดต่อประสานงานและชี้แจงทำความเข้าใจในโครงการร่วมระหว่างทีมวิจัยและครูในโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย

3) สำรวจข้อมูลปริมาณสัตว์เลี้ยงและปริมาณการใช้แก๊สภายในโรงเรียน

4) จัดเตรียมเอกสารแผ่นพับสำหรับเผยแพร่ จัดเตรียมเอกสารการประเมินผลการอบรมและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

ขั้นตอนการฝึกอบรมความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีพลังงานและฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างและใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วย

1) ประชุมวิทยากรกระบวนการเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับอบรมให้ความรู้ โดยใช้อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

2) ติดต่อประสานงานและชี้แจงทำความเข้าใจในโครงการร่วมระหว่างทีมวิจัยและครูในโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยกลุ่มเป้าหมายที่เข้ารับการอบรม ประกอบด้วย ครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 330 คน

3) จัดเตรียมเอกสารแผ่นพับสำหรับเผยแพร่และจัดเตรียมเอกสารการประเมินผลการอบรม

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วย

1.1 พลาสติกพีวีซีหนา 0.25 ม.ม. กว้าง 1.8 ม. ยาว 6 ม. จำนวน 3 ผืน

1.2 กาวพีวีซีตราสิงห์ จำนวน 1 กระป๋อง

1.3 ท่อพีวีซี 4 นิ้ว ยาว 1.5 ม. จำนวน 2 ท่อน

1.4 ข้องอพีวีซีเกลียวใน 1 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

1.5 ข้องอพีวีซีเกลียวนอก 1 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

1.6 แผ่นยางขนาดรูใน 1 นิ้ว จำนวน 2 ตัว

1.7 ท่อพีอี 1 นิ้ว ยาว 25 ม. จำนวน 1 ท่อ

1.8 ท่อพีวีซี 1 นิ้ว จำนวน 2 ท่อน

1.9 ข้องอ 1 นิ้ว จำนวน 2 ตัว

1.10 ข้องอ 1 นิ้วลด 6 หุน จำนวน 2 ตัว

1.11 สามทาง 1 นิ้วลด 6 หุน จำนวน 2 ตัว

1.12 สามทาง 6 หุน จำนวน 2 ตัว

1.13 กาวทาท่อพีวีซี จำนวน 1 กระป๋อง

1.14 วาล์วน้ำ 6 หุน จำนวน 3 ตัว

1.15 หัวแก๊ส จำนวน 1 หัว

1.16 ท่อซีเมนต์ ขนาด 80 ซม. จำนวน 1 วง

1.17 ปูนซีเมนต์ จำนวน 1 ถุง

1.18 ทราย จำนวน 2 กระสอบปุ๋ย

2. จัดเตรียมพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

3. อบรมเชิงปฏิบัติการการติดตั้งและการใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพ ในวันที่ 2-3 มีนาคม 2555 ประกอบด้วย

3.1 อบรมให้ความรู้พื้นฐานแก๊สชีวภาพและสาธิตขั้นตอนการสร้างบ่อหมัก รวมไปถึงการให้ความรู้พื้นฐานการนำมูลสัตว์ที่ได้จากการย่อยสลายในบ่อหมักไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร

รูปที่ 1 การอบรมให้ความรู้พื้นฐานแก๊สชีวภาพ

3.2 จัดเตรียมพื้นที่ในการวางบ่อหมัก

รูปที่ 2 การจัดเตรียมพื้นที่ในการวางบ่อหมัก

3.3 ประกอบถุงหมักพีวีซีเข้าด้วยกันด้วยกาวพีวีซี โดยถุงหมักมีขนาดกว้าง 1.8 x 6 เมตร จำนวน 3 ชิ้น

รูปที่ 3 การประกอบถุงหมักพีวีซี

3.4 ติดชุดส่งแก๊สจากตัวถุงหมักพีวีซี

รูปที่ 4 การติดตั้งชุดส่งแก๊สจากตัวถุงหมักพีวีซี

3.5 ผูกท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว เข้ากับถุงหมักพีวีซี ที่ปลายทั้งสองของถุงโดยรัดด้วยยางในรถจักรยานยนต์

รูปที่ 5 การผูกท่อพีวีซีเข้ากับถุงหมักพีวีซี

3.6 ทดสอบการรั่วของถุงด้วยไอเสียจากรถยนต์

รูปที่ 6 การทดสอบรอยรั่วของถุงหมักพีวีซี

3.7 นำถุงหมักลงหลุมจัดวางถุงให้เหมาะสม ต่อท่อนำแก๊สเข้ากับชุดต่อส่งแก๊สที่ถุงพีวีซี

รูปที่ 7 การนำถุงหมักลงหลุมและจัดวางให้เหมาะสม

3.8 ทำบ่อหรือรางทางเข้าของมูลและบ่อล้นที่ปลายท่อพีวีซีทั้งสองด้าน

รูปที่ 8 การจัดทำรางทางเข้าและบ่อล้น

3.9 ประกอบสายส่งแก๊ส พร้อมทั้งติดตั้งขวดปรับแรงดันและดักน้ำ

รูปที่ 9 การประกอบสายส่งแก๊สและติดตั้งขวดดักน้ำ

เมื่อทำการติดตั้งระบบเรียบร้อยจะทำการเติมมูลสัตว์สดจนเต็มความจุของบ่อ ประมาณ 35-40 ปี๊บ (700-800 กก.) โดยผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:1 ถึง 1:4 ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จะมีแก๊สเพียงพอที่จะใช้งานได้ และควรเติมมูลสัตว์สด วันละประมาณ 1 ปี๊บ

ขั้นตอนการประเมินผลสำเร็จและการติดตามผลของโครงการ ประกอบด้วย

1) การประเมินผลหลังฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการฯ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากผู้เข้าร่วมอบรม ประกอบด้วย ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป และความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

2) การประเมินผลสำเร็จของโครงการ โดยทีมวิจัยจะทำการลงพื้นที่ติดตาม เก็บข้อมูลด้านปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้และค่าใช้จ่ายด้านแก๊สหุงต้มที่ลดลง พูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อรับทราบปัญหาจากการใช้งานและให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหา รวมไปถึงการติดตามการนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ขยายผลให้กับผู้ที่ให้ความสนใจ

2.2 รูปแบบในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งส่วนในการวิเคราะห์ ออกเป็น

2.2.1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปและสถานะผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมใช้สถิติค่าร้อยละ

2.2.2 ผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการฯ ประเมินผลโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

2.2.3 ใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ ประมวลผลสำเร็จของโครงการโดยใช้สถิติค่า ร้อยละ

2.2.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) หมายถึง ระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน โดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกในการคำนวณและให้ความเข้าใจแก่ผู้ลงทุนได้ง่าย

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการฝึกอบรมความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีพลังงาน และฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างและใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วย

3.1.1 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของครูและนักเรียนของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตากที่เข้าร่วมการฝึกอบรมจำนวน 330 คน ประกอบด้วย ครู จำนวน 5 คน เป็นชาย 3 คน และ หญิง 1 คน นักเรียน จำนวน 325 คน เป็นชาย 121 คน และหญิง 204 คน โดยแบ่งเป็น มัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 111 คน เป็นชาย 44 คน หญิง 67 คน มัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 128 คน เป็นชาย 47 คน หญิง 81 คน และมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน เป็นชาย 30 คน หญิง 56 คน โดยแบ่งช่วงอายุของนักเรียนที่เข้ารับการฝึกอบรม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงช่วงอายุของนักเรียนที่เข้ารับการฝึกอบรม

อายุ (ปี)	เพศ		รวม	คิดเป็น %
	ชาย (คน)	หญิง (คน)		
15	15	23	38	11.69
16	30	62	92	28.31
17	39	60	99	30.46
18	37	59	96	29.54
รวม	**121**	**204**	**325**	**100**

3.1.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการอบรมให้ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีพลังงานและแก๊สชีวภาพ และสาธิตขั้นตอนการสร้างบ่อหมัก จากการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่วัดจากระดับความพึงพอใจ ในการรับการฝึกอบรม โดยแบ่งหัวข้อการวัดระดับความพึงพอใจออกเป็น 1. ด้านวิทยากร 2. ด้านสถานที่/ระยะเวลา และอาหาร 3. ด้านความรู้ความเข้าใจ และ 4. ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผลที่ได้จากแบบสอบถามของนักเรียนจำนวน 248 คน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลที่ได้จากแบบสอบถามระดับความพึงพอใจโดยรวมของนักเรียนที่เข้ารับการฝึกอบรม

ประเด็นความคิดเห็น	($\bar{x}$)	(S.D.)
ด้านวิทยากร		
1. การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมีความชัดเจน	4.31	0.553
2. ความสามารถในการอธิบายเนื้อหา	4.25	0.61
3. การเชื่อมโยงเนื้อหาในการฝึกอบรม	4.25	0.64
4. มีความครบถ้วนของเนื้อหาในการฝึกอบรม	4.31	0.63
5. การใช้เวลาตามที่กำหนดไว้	4.22	0.69
6. การตอบข้อซักถามในการฝึกอบรม	4.16	0.73
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.26**	**0.65**
ด้านสถานที่ / ระยะเวลา / อาหาร		
1. สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	4.26	0.68
2. ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์	4.52	0.61
3. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	4.31	0.71
4. อาหาร มีความเหมาะสม	4.38	0.69
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.37**	**0.67**
ด้านความรู้ความเข้าใจ		
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนการอบรม	3.36	0.98
2. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการอบรม	4.44	0.63
3. สามารถบอกประโยชน์ได้	4.26	0.68
4. สามารถบอกข้อดีได้	4.30	0.67
5. สามารถอธิบายรายละเอียดได้	4.07	0.70
6. สามารถจัดระบบความคิด/ ประมวลความคิดสู่การพัฒนางานอย่างเป็นระบบ	4.11	0.69
7. บูรณาการทางความคิดสู่การทำงานเป็นทีม/ การปรับตัวของบุคลากร/ การปฏิรูประบบการทำงานในการปฏิบัติงาน	4.29	0.70
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.13**	**0.72**
ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	4.42	0.62
2. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ ถ่ายทอดแก่ชุมชนได้	4.37	0.68
3. สามารถให้คำปรึกษาแก่เพื่อนร่วมงานได้	4.30	0.67
4. มีความมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้	4.29	0.68
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.33**	**0.66**

หมายเหตุ:

ระดับคะแนนเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจหลังการฝึกอบรม
4.51-5.00	มากที่สุด
3.51-4.50	มาก
2.51-3.50	ปานกลาง
1.51-2.50	น้อย
1.00-1.50	น้อยที่สุด

3.2 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สและข้อมูลปริมาณสัตว์ของโรงเรียนฯ ประกอบด้วย

3.2.1 ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 พบว่า โรงเรียนมีการใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) โดยเฉลี่ย 7-8 ถังต่อเดือน (ขนาด 48 กิโลกรัม/ถัง) รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการใช้แก๊สสำหรับหุงต้มและประกอบอาหารภายในโรงเรียนโดยเฉลี่ย 6,300-7,000 บาท/เดือน

3.2.2 ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงสัตว์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณผลิตเป็นแก๊สชีวภาพ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนปริมาณสัตว์เลี้ยงที่มีภายในโรงเรียน

ชนิดสัตว์	จำนวน (ตัว)	แก๊สที่ผลิตได้ (ลบ.ม./ตัว/วัน)	เฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)
1. สุกร	35	0.4-0.5	15.75
2. โค	9	0.1-0.3	1.80
3. ไก่	30	0.3-0.6	13.5
		เฉลี่ยรวม	**31.05**

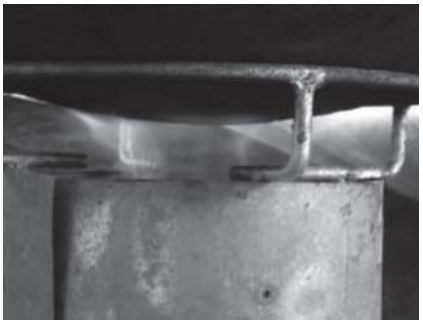
จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า หากนำมูลสัตว์ที่ได้ไปทำการหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ จะได้ปริมาณแก๊สชีวภาพ โดยเฉลี่ยรวมถึง 31.05 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นพลังงานทดแทนแก๊สสำหรับหุงต้ม (LPG) ได้ถึง 14.3 กิโลกรัม หรือคิดเป็นมูลค่าเงินที่ประหยัดได้โดยเฉลี่ย 268 บาทต่อวัน

รูปที่ 10 โคและสุกรที่เลี้ยงภายในโรงเรียน

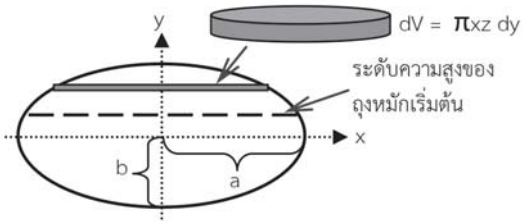
3.2.3 ผลการประเมินความสำเร็จและการติดตามผลของโครงการ ประกอบด้วย

1) ผลจากการอบรมให้ความรู้พื้นฐานในการใช้งานและการติดตั้งบ่อหมักแก๊สชีวภาพจากถุงหมักพีวีซี พบว่า ได้บ่อแก๊สขนาด 8.5 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 บ่อ หลังจากการเติมมูลสัตว์ตามความเหมาะสมและทิ้งระบบไว้ เป็นระยะเวลา 3 อาทิตย์ ระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากถุงหมักพีวีซีสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ทั้ง 4 บ่อ โดยสามารถผลิตแก๊สชีภาพได้โดยเฉลี่ย 2 ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อบ่อ หรือ คิดเป็น 8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถใช้ทดแทนแก๊สสำหรับหุงต้ม (LPG) ได้โดยเฉลี่ย 1,400-1,500 บาท/เดือน ซึ่งการคิดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นพิจารณาโดยประมาณจากการสมมติให้ถุงหมักแก๊สชีวภาพมีรูปทรงรี และทำการวัดระดับความสูงของการพองตัวและยุบตัวในรอบ 1 วัน ของถุงหมักแล้วนำมาอินทิเกรตเพื่อหาปริมาตร ดังแสดงในรูปที่ 13

รูปที่ 11 บ่อแก๊สชีวภาพที่ติดตั้งแล้วเสร็จพร้อมใช้งาน



รูปที่ 12 การนำแก๊สชีวภาพไปใช้สำหรับหุงต้มและประกอบอาหาร



รูปที่ 13 การวิเคราะห์ปริมาณแก๊ส

2) ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) โดยมีต้นทุนในการสร้างระบบรวม 58,000 บาท ประหยัดค่าใช้จ่ายแก๊สสำหรับหุงต้มและประกอบอาหาร 1,400-1,500 บาท/เดือน และมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคืนทุนในแต่ละปี

ปีที่	ต้นทุน	ค่าแก๊สที่ประหยัดได้	คงเหลือ
0	58,000	-	-58,000
1	500*	17,400	-41,100
2	500*	17,400	-24,200
3	500*	17,400	-7,300
4	10,000**	17,400	100

หมายเหตุ: * ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
** ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนพลาสติกพีวีซี

3) ผลจากการอบรมให้ความรู้พื้นฐานด้านพลังงานและการผลิตแก๊สชีภาพทำให้ครูและนักเรียนภายในโรงเรียนมีแนวคิดในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์พลังงานขึ้นภายในโรงเรียน โดยเกิดโครงงานวิทยาศาสตร์พลังงาน จำนวน 3 โครงการ ประกอบด้วย 1. การเปรียบเทียบการเกิดแก๊สชีวภาพระหว่างเศษอาหารกับมูลสัตว์ 2. การเปรียบเทียบมูลสุกรและมูลโคมาทำเป็นแก๊สชีวภาพ และ 3. การเปรียบเทียบศักยภาพการเกิดแก๊สระหว่างมูลสุกรแห้งกับมูลสุกรสด

รูปที่ 14 การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก

รูปที่ 15 การผสมมูลสัตว์ในโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก

รูปที่ 16 การเติมมูลสัตว์เข้าถังหมักของนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก

รูปที่ 17 ถังหมักแก๊สชีวภาพของนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ตาก

4. สรุป

4.1 สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างและใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพให้กับครูและนักเรียนให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างและประยุกต์ใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อนำแก๊สที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก๊ส LPG สำหรับหุงต้มและประกอบอาหารในกิจกรรมโครงการอาหารกลางวัน โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การเตรียมการและชี้แจงทำความเข้าใจ ช่วงที่ 2 การดำเนินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ช่วงที่ 3 การติดตาม และประเมินผลสำเร็จของโครงการ และ ช่วงที่ 4 คือ การจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมีครูและนักเรียนเข้าร่วมฝึกอบรม จำนวน 330 คน ผลจากการดำเนินงาน พบว่า การประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้ผลการประเมิน ดังนี้ ผลการประเมินสูงสุดอันดับแรก คือ ด้านสถานที่/ระยะเวลา/ อาหาร (ค่าเฉลี่ยรวม 4.37, S.D. 0.67) อันดับสอง คือ ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.33, S.D. 0.66) อันดับสาม คือ ด้านวิทยากร (ค่าเฉลี่ยรวม 4.26, S.D. 0.65) และอันดับสุดท้าย คือ ด้านความรู้ความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.13, S.D. 0.72) โดยมีเกณฑ์ความพึงพอใจในด้านความรู้ความเข้าใจหลังการอบรม เฉลี่ยสูงสุด คือ 4.44 และมีเกณฑ์ความพึงพอใจด้านการตอบข้อซักถามในการฝึกอบรมต่ำสุด คือ 4.16 ส่วนการประเมินผลสำเร็จของโครงการ พบว่า บ่อหมักแก๊สที่ทำการติดตั้งสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ทุกบ่อและนำไปใช้ทดแทนแก๊ส LPG ได้โดยเฉลี่ย 1,400-1,500 บาท/เดือน มีต้นทุนในการสร้างระบบรวม 58,000 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี และเกิดโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับแก๊สชีวภาพ จำนวน 5 โครงการ ได้แก่ 1. การเปรียบเทียบการเกิดแก๊สชีวภาพระหว่างเศษอาหารกับมูลสัตว์ 2. การเปรียบเทียบมูลสุกรและมูลโคมาทำเป็นแก๊สชีวภาพ และ 3. การเปรียบเทียบศักยภาพการเกิดแก๊สระหว่างมูลสุกรแห้งกับมูลสุกรสด

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 เนื่องจากการอบรมและติดตั้งระบบดำเนินการในช่วงฤดูฝน ทำให้การอบรมและการติดตั้งทำได้ค่อนข้างจะลำบาก เกิดความล่าช้า ดังนั้น การติดตั้งระบบควรดำเนินการติดตั้งนอกช่วงฤดูฝน

4.2.2 ครูที่ทำหน้าที่ดูแลระบบ มีภาระในการสอนมาก ทำให้มีเวลาในการดูแลเอาใจใส่ระบบบ่อหมักแก๊สชีวภาพค่อนข้างน้อย ทำให้ระบบผลิตแก๊สไม่ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ อีกทั้งหากเป็นช่วงปิดเทอมภาคฤดูร้อน จะทำให้ระบบขาดคนดูแล ขาดการเติมมูลสัตว์ จึงควรจัดเตรียมครูและนักเรียนเพื่อดูแลระบบในช่วงปิดเทอมภาคฤดูร้อน

4.2.3 พื้นที่ที่ติดตั้งระบบมีส่วนผสมของดินทรายเป็นส่วนใหญ่ เมื่อฝนตกจะทำให้ดินเกิดการสไลด์ตัว ลงไปทับกับถุงหมัก เกิดความเสียหายได้ง่าย ดังนั้น จึงควรติดตั้งระบบในพื้นที่ที่มีเนื้อดินค่อนข้างแข็งแรงไม่เกิดการสไลด์ตัวเมื่อดินอุ้มน้ำหรือเมื่อเกิดฝนตก

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2550. **ทฤษฎีการเกิดแก๊สชีวภาพ**. http://www.dede.go.th/

ธีระพล จินดาวงศ์. 2544. **การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบแก๊สชีวภาพของฟาร์มสุกร**. ปริญญามหาบัณฑิต เศรษฐศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551. **โครงการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ.** สำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 27 หน้า

ยุธนา ศรีอุดม และอนุรัตน์ เทวตา. 2556. โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างและใช้งานบ่อหมักแก๊สชีวภาพสำหรับครัวเรือน ในชุมชนบ้านท่าทองแดง จ.ตาก. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร.** 7(1), 138-150.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์. 2553. **การผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือน. คลินิกเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.