

## เอกสารอ้างอิง

1. ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ, 2553, รายงานสถานภาพของการวิจัย และผลิตเอทานอล ไบโอดีเซล ไบโอแก๊ส และน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย, สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, หน้า 85-93.
2. เที้ยวหมู่บ้านช้างเลี้ยงใหญ่ที่สุดในโลก ที่บ้านกระโพ- ตากลาง สุรินทร์. [Online] , Available: <http://www.moohin.com/trips/surin/elephant/>. [2 เม.ย 54].
3. ปานเทพ รัตนากร, 2553, วารสารมูลนิธิแห่งประเทศไทย ประจำเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2553, วิ.เจ พรินต์ติ้ง, หน้า 14-32.
4. สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, คู่มือตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ, หน้า 70-71.
5. สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว) และเทศบาลตำบลต้นเปา, 2554. ศูนย์กระจายสินค้ากระดาษและหัตถกรรมต้นเปา [Online] , Available: <http://www.tonpao.go.th/saapaper/>. [10 มิ.ย 54].
6. ศิริพงศ์ ทองจันทร์, 2549, รากฐานอำนาจของผู้นำชุมชนเลี้ยงช้างชาวไทย-กวย(ส่วย) ศึกษากรณี หมู่บ้านช้าง อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์, ปรัชญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(รัฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยรามคำแหง, หน้า 58.
7. Zeng, X., Ma, Y. and Ma, L., 2007, “Utilization of Straw in Biomass Energy in China”, **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Vol.11 , No. 5, pp. 976-987.
8. ลักษณะของช้างเอเชีย [Online] , Available: [http://pirun.ku.ac.th/~b4814030/introduce/asian/data\\_asia.html](http://pirun.ku.ac.th/~b4814030/introduce/asian/data_asia.html) [ 10 พ.ย 53].
9. งานพัฒนาและจัดการสารสนเทศ ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศห้องสมุดมหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2549, ช้างเอเชีย [Online], Available: [http://www.lib.ru.ac.th/journal/elephant\\_asian.html](http://www.lib.ru.ac.th/journal/elephant_asian.html) [ 15 มิ.ย 53].
10. นิสากร โหมยรัตนะ, 2538, คู่มือการกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ, หน้า 1-13.
11. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลและก๊าซชีวภาพ, หน้า 1-5
12. วีระยุทธ ทองหนู, 2552, การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก เพื่อให้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ, วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 18-48

13. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2553, **คู่มือการผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับฟาร์มปศุสัตว์**, สำนักพิมพ์ค้นคว้าพลังงาน, หน้า 1-1 - 1-7
14. เสนีย์ กาญจนวงศ์, 2551, **การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมในครัวเรือนผลิตกระดาษสาโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ผิว**, สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ, หน้า 6-7
15. หน่วยบริการกลางเพื่อการวิเคราะห์กระบวนการและสิ่งแวดล้อม สถาบันพัฒนาและฝึกอบรม ดันแบบ, 2551, **การวิเคราะห์หา Chemical Oxygen Demand โดยวิธี Closed Reflux Colorimetric Method**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 3-4
16. หน่วยบริการกลางเพื่อการวิเคราะห์กระบวนการและสิ่งแวดล้อม สถาบันพัฒนาและฝึกอบรม ดันแบบ, 2551, **การวิเคราะห์ BOD และการหาค่า DO โดยวิธี Azide Modification**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 3-4
17. ชัยณรงค์ ธรรมกุล, 2551, **การพัฒนาเครื่องฟอกไข่โดยใช้ถังหมักก๊าซชีวภาพร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 11-14.
18. วีระยุทธ ทองหนู, 2552, **การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก เพื่อให้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ**, วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 11-14.
19. ชัยธร เกิดลำเจียก, 2553, **การผลิตแก๊สชีวภาพความชื้นต่ำจากกากเป็ยร์สด**, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 11-14.
20. ประทีน กุลละวณิชย์, 2550, **ภาพรวมเชิงสถานภาพและศักยภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ในประเทศไทย**, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ฉบับพิเศษ ปีที่ 30, หน้า 693-700.
21. มรกต ตันติเจริญ และคณะ, 2547, **การผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายหรือไบโสมผสมกับมูลวัว**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
22. ชยันต์ กิมยงค์, 2545, **การพัฒนาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์แบบสอง ขั้นตอนที่ใหญ่วนกลับ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

เทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 19-77.

23. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.), ได้ค้นคว้าและพัฒนาเครื่องต้นแบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหาร
24. บุญมา ปานประดิษฐ์, 2550, **ถังหมักมหัศจรรย์เปลี่ยนขยะเป็นก๊าซชีวภาพ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ, โรงพิมพ์ บริษัท ออฟเซ็ทครีเอชั่น จำกัด, หน้า 1-75.
25. ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ, 2546, **การพัฒนาการผลิตพลังงานในรูปก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร**, โครงการวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 3-7.
26. นุชรา สีนบัวทอง, 2537, **การศึกษาการทำงานของกรหมักไร้อากาศชนิดที่มีตัวกลางยึดเกาะในการบำบัดของเสียจากมูลโค**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 1-35.
27. ชินพงศ์ วังใน และภาวิณี ชัยประเสริฐ , 2549, **การประยุกต์ใช้ถังปฏิกรณ์ไม้อากาศแบบถูกผสมสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพและบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสกัดปาล์ม**, หน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมชีวเคมีและโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-4.
28. พิเชิต สกุดพราหมณ์ และมงคล โฉมงาม, 2552, **การผลิตแก๊สชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์โดยกรหมักอินทรีย์วัตถุที่ไม่ต้องการอากาศ**, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, หน้า 8-47.
29. Macias-Corral, M., et al., 2008, Anaerobic digestion of municipal solid waste and agriculture waste and the effect of co – digestion with dairy cow manure. **Bioresource Technology**, pp. 8288-8293.
30. Lehtomaki, A., Huttunen, S. and Rintala, J.A, 2007, Laboratory investigations on co – digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio Resources, **Conservation and Recycling**, pp. 591-609.
31. Benjamin, S., Magbanua, Jr., Thomas, T., Adams., Johnston, Phillip, 2001, Anaerobic Co digestion of hog and poultry waste. **Bioresource Technology**,. pp. 165-168.
32. Gelegenis, J., et al., 2007, Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, by co digesting with diluted poultry- manure. **Applied Energy**, pp.646-663.
33. McCarty, P.L., 1964, **Anaerobic Waste Treatment Fundamenta**, Public Work, Texas, pp.8-97

34. Ferguson, J.F., Fis B.J and M. Benjamin. M.1984, Nuetralization in Anaerobic Treatment of an Acidic Waste, **Water Research**, Vol.8, No.7, pp.573-580.
35. Malina J.F.Poland F.G., 1992, Design of anaerobic process for the treatment of industrial and municipal wastes, **Technomic Publising** Company Inc.pp.167-210.
36. Polprasert, C. 1996. **Organic waste recycling**, 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley & Sons, Ins., U.S.A, pp. 115-165.
37. เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ , 2524, การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร, หน้า 3-17
38. สีนินุช ศศิชาติ, 2545, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, หน้า 508-517.
39. Speece, R.E, and Ken.J.A, 1970, The Effect of Short-term Temperature variations on methane production. **Journal of the Water Pollution Control Federation**.1990-1997.
40. เพ็ญศิริ ประชาภิตตกุล, 2552, หัวเรื่องเอกสารประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 8, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 137
41. Boe, K., Karakashev, D., Trably, E. and Angelidaki, I., 2008, “Effect of Post-Digestion Temperature on Serial CSTR Biogas Reactor Performance”, **Water Research**, Vol. 43, No.3,pp.669-676.
42. Metcalf and Eddy, I., 2004: Wastewater Engineering. Treatment and Reuse, **ed. I. Edition. McGraw-Hill**, New York.
43. Henze, M, and Harremoes., P.1983, Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactor. **Water Sci Thecnol.**, vol.15, pp. 1-101.
44. Bhattachaya, S.K. and G.F. Parkin. 1998. The effect of ammonia on methane fermentation processes. **Journal of the Water Pollution Control Federation**, Vol.6, pp.55-59.
45. Sung, S., Dague, R.R fundamental principles of the anaerobic sequencing batch reactor process. .1992: 47<sup>th</sup> **Purdue Industril Waste Conference Proceedings**. 393-407.
46. Lei, Z., Chen, J., Zhang, Z. and Sugiura, N., 2010, “Methane Production from Rice Straw with Acclimated Anaerobic Sludge: Effect of Phosphate Supplementation”, **Bioresource Technology**, Vol.101, No.12, pp.4343-4348.
47. มั่นสิน ตันกุลเวศม์, 2542, เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 9/1-9/12.

48. Wu, X., Yao, W., Zhu, J. and Miller, C., 2010, "Biogas and CH<sub>4</sub> Production by Co-Digesting Swine Manure with Three Crop Residues As an External Carbon Source", **Bioresource Technology**, Vol. 101, No. 11, pp. 4042-4047.
49. Hagegard, K., 2008, "Small-Scale Biogas by Lake Victoria Analyzing and Implementing the Biogas Technology for Cooking in Rural African Household", Department of Chemical and Biological Engineering Division of Chemical Environmental Science, **Chalmers University of Technology Goteborg, Sweden**, pp 14-19

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

นางสาวอัจฉรา พิเลิศ

วัน เดือน ปี เกิด

11 มีนาคม 2527

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียน สิรินคร จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ 2546

ระดับปริญญาตรี

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์  
การแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
พ.ศ 2549

ระดับปริญญาโท

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน  
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ 2554

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

อัจฉรา พิเลิศ, รัตนชัย ไพรินทร์ และจงจิตร หิรัญลาภ, 2554,  
“การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสีย  
กระดาษสาจากมูลช้าง”, การประชุมวิชาการ การบูรณาการ  
งานวิจัยสู่ประชาคมอาเซียน ครั้งที่ 5, 4-5 สิงหาคม 2554,  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อัจฉรา พิเลิศ, รัตนชัย ไพรินทร์ และจงจิตร หิรัญลาภ, 2554,  
“การอบแห้งแผ่นยางพาราด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับ  
ฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง”, การประชุม  
วิชาการราชชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 3, 17-18 สิงหาคม 2554,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ขอคัดลงว่าด้วยการ โอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

วันที่ 20 ตุลาคม 2554

ข้าพเจ้า นางสาวอังฉรา พิเลิศ

รหัสประจำตัว 52400803

เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญา  โท  ปร.ด

หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

อยู่บ้านเลขที่ ๑๑/๑ ถนน.....

ตำบล/แขวง ทุ่งมก... อำเภอ/เขต ทุ่งมก... จังหวัด ลพบุรี

รหัสไปรษณีย์ ๓2120 เป็น "ผู้โอน" ขอโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาให้กับมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี ดร. พัฒนะ รักความสุข ตำแหน่ง คณบดีคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

เป็นตัวแทน "ผู้รับโอน" สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาและมีข้อตกลง ดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างและน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา  
มูลช้างร่วมกับฟางข้าว"

ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ ผศ.ดร. รัตนชัย ไพรินทร์, ศ.ดร.จงจิตร หิรัญลาภ

ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537  
ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่า  
วิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ หรือให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อ  
สาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้า  
จะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีก่อน

5. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ไปประดิษฐ์หรือพัฒนาต่อยอดเป็นสิ่งประดิษฐ์หรืองาน  
ทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอื่น ภายในระยะเวลาสิบ (10) ปีนับจากวันลงนามในข้อตกลงฉบับนี้ ข้าพเจ้าจะกระทำได้  
เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าธนบุรีมีสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญานั้น พร้อมกับได้รับชำระค่าตอบแทนการอนุญาตให้ใช้สิทธิดังกล่าว  
รวมถึงการจัดสรรผลประโยชน์อันพึงเกิดจากส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของวิทยานิพนธ์ในอนาคต โดยให้เป็นไปตาม  
ระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วยการบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

6. ในกรณีที่มีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาอื่นที่ข้าพเจ้าทำขึ้น โดยมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นเจ้าของ ข้าพเจ้าจะมีสิทธิได้รับการจัดสรรผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญาดังกล่าวตามอัตราที่กำหนดไว้ในระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วยการบริหารผลประโยชน์อันเกิดทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์

(นางสาวอัจฉรา พิเลิศ)

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์

(ดร. พัฒนะ รักความสุข)

ลงชื่อ.....พยาน

(ผศ. ดร. รัตนะชัย ไพรินทร์)

ลงชื่อ.....พยาน

(.....)



# ประชุมวิชาการ มอบ. วจัฯ ครั้งที่ 5

4-5 สิงหาคม 2554

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

## การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียที่ได้จากการผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง Produce Of Biogas From Elephant Waste Mixed With Rice Straw And Waste Water From The Production Of Paper

อัจฉรา พิเลิศ<sup>1</sup> รัตนชัย ไพรินทร์<sup>2</sup> และ จงจิตร ธีรฤทธา<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<sup>2</sup> คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<sup>3</sup> ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ด้านอาคาร สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: jeep\_jejy@hotmail.com

### บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาความขาดแคลนทางด้านพลังงาน ส่งผลให้ต้องมีการสนับสนุนการผลิตพลังงานภายในประเทศให้มาก ลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล หันมาใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล หรือก๊าซชีวภาพจากของเสีย และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นต้น สุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีช้างเลี้ยงจำนวนมากกว่า 200 เชือก ซึ่งมากที่สุดในโลก มีปริมาณมูลช้างเหลือมาก นอกจากนำไปใช้เป็นปุ๋ย ผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง และที่เหลือนำไปเผาทิ้ง ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำ มูลช้าง น้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ฟางข้าว นำมาหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ ไปใช้เป็นพลังงานทดแทนแก๊สสูงต้ม ในกระบวนการผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้อัตราส่วนแตกต่างกัน ในถังหมัก 120 มิลลิลิตร และ 3 ลิตร ถังหมัก 120 มิลลิลิตรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยควบคุมอุณหภูมิในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) ที่ 37 องศาเซลเซียส ถังหมัก 3 ลิตร ทำการทดลองในอุณหภูมิแวดล้อม แบบเติมวัตถุดิบครั้งเดียว (Batch) วัตถุดิบแก๊สโดยการแทนที่น้ำ วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ใช้หัวเชื้อทำจากมูลกระบือ มูลโค หมักร่วมกับน้ำเสีย จากการทดลองพบว่า ผลการทดลองที่ดีที่สุด ด้วยอัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (1: 2: 8: 0.075) เนื่องจากเกิดแก๊สชีวภาพได้ผลเร็ว ใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 55 % ส่วนปริมาณเฉลี่ยแก๊สชีวภาพมากที่สุดต่อมูลช้าง 1 ก้อน (น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม) ได้แก๊สชีวภาพ 8.18 ลิตร ในส่วนที่สองทำการวิเคราะห์หาค่า COD จากน้ำเสียในถังหมัก 3 ลิตร ค่า COD ที่มีวัตถุดิบเป็นมูลช้างหลัก มีค่าลดลง โดยเฉลี่ย 56.36% (จาก 4,144 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 1,607 มิลลิกรัมต่อลิตร) และมีอัตราลดลงของ COD ได้ดีกว่าผสมฟางข้าว ในกรณีที่ใช้ฟางข้าว ค่า COD ที่ลดลง โดยเฉลี่ยได้ 29.95 % (จาก 4,027 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 2,633 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังนั้น หากนำมูลช้างแห้ง 1 ตัน สามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 5.45 ลูกบาศก์เมตร เป็นพลังงานชีวมวล สามารถทดแทนเชื้อเพลิงแข็ง ไม้-ฟืน ได้ 8.17 กิโลกรัม พลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 6.54 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง พลังงานก๊าซสูงต้ม (LPG) ได้ 2.51 กิโลกรัม น้ำมันเตาเกรด A ได้ 3 ลิตร น้ำมันดีเซล ได้ 3.27 ลิตร น้ำมันเบนซินได้ 3.65 ค่าความร้อน 18.27 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร จึงเป็นการกระจายเชื้อเพลิงฟอสซิล มาผลิตเป็น แก๊สชีวภาพ ที่ผลิตได้จากของเสีย เป็นพลังงานทดแทน เพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : แก๊สชีวภาพ น้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา ฟางข้าว มูลช้าง

### Abstract

Due to the shortage of energy, we need to support our domestic energy and it also helps reducing the consumption of fossil fuels as well. To look for alternative energy is another choice such as solar energy, biomass, biogas and waste material in agriculture. Surin province is the place where elephants live the most in the world around 200. Then we have a lot of waste from them. We can use it as a fertilizer, paper and the rest to be burned. This research aims produce biogas by combination the elephant waste, wastewater, agricultural waste-rice straw together and ferment them by not using oxygen. It can be used as an alternative fuel to replace the cooking gas in the producing of paper from elephant waste. The study has compared between the 120 ml of bottle in the operating room at a temperature of (Incubator) 37 ° C and a 3-liter of fermentation tank bioreactor experiments in ambient temperature. Fill material only once (Batch) and measure the quantity of gas by replacing the water. The proportion of biogas will be analysis by using inoculums from the fermentation of buffalo waste, cow dung and wastewater by a gas Chromatography. The best results is using the ratio of inoculums/ elephant waste / water / rice straw (1: 2: 8: 0.075), because it had made the fastest time of biogas in only 15 days and in 55% average of methane. One folder of elephant (Weight 1.5 kg) gave biogas in 8.18 liters. In the second part, we will analyze the COD of wastewater from a 3-liter of fermentation tank. The COD value of wastewater from only elephant waste decreased by 56.36% (from 4144. mg to 1607 mg per liter), and the reduction rate of COD is better than a rice straw around 29.95 (from 4027 mg to 2633 mg per liter), then we can conclude that the 1 ton of elephant waste can produce biogas at the average of 5.45 cu m m. It can replace solid fuel from wood refer to 8.17 kg, equivalent to 6.54 kilowatts of electricity per hour ,Cooking gas (LPG) at 2.51 kg or Grade A of bunker oil in 3-liter, 3.27 liters of diesel , 3.65 liters of gasoline or heating value at 18.27 MJ per cubic meter. It is a choice to conserve fossil fuels by produced from elephant waste. It can save our environment and our world.

**Keywords :** biogas waste water from producing paper rice straw the elephant waste

### บทนำ

ในสภาวะปัจจุบัน ประเทศไทยขาดความมั่นคงทางด้านพลังงาน เนื่องจากมีการรับซื้อและนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ส่งผลให้ประเทศไทยขาดดุลบัญชีเดินสะพัดอย่างต่อเนื่อง แนวโน้มประชากรมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี การบริโภคพลังงานก็เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน จากปัญหาดังกล่าวหากให้เป็นเช่นนี้ อนาคตจะขาดความยั่งยืนทางด้านพลังงาน ดังนั้นจึงต้องหามาตรการแนวทางร่วมกัน ที่จะพัฒนาพลังงานให้สามารถพึ่งตนเองได้ มีการกระจายเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่ผลิตได้ภายในประเทศ หากสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์มากเท่าใด ก็จะช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้มากเท่านั้น พลังงานจากแก๊สชีวภาพ เป็นอีกหนึ่งพลังงานทดแทน ที่ประเทศไทยมีศักยภาพเพียงพอ [1] และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม อันจะช่วยลดการพึ่งพิงพลังงานจากฟอสซิลได้ ส่งผลให้เกิดความยั่งยืนและความมั่นคงทางด้านพลังงานแก่ประเทศไทย

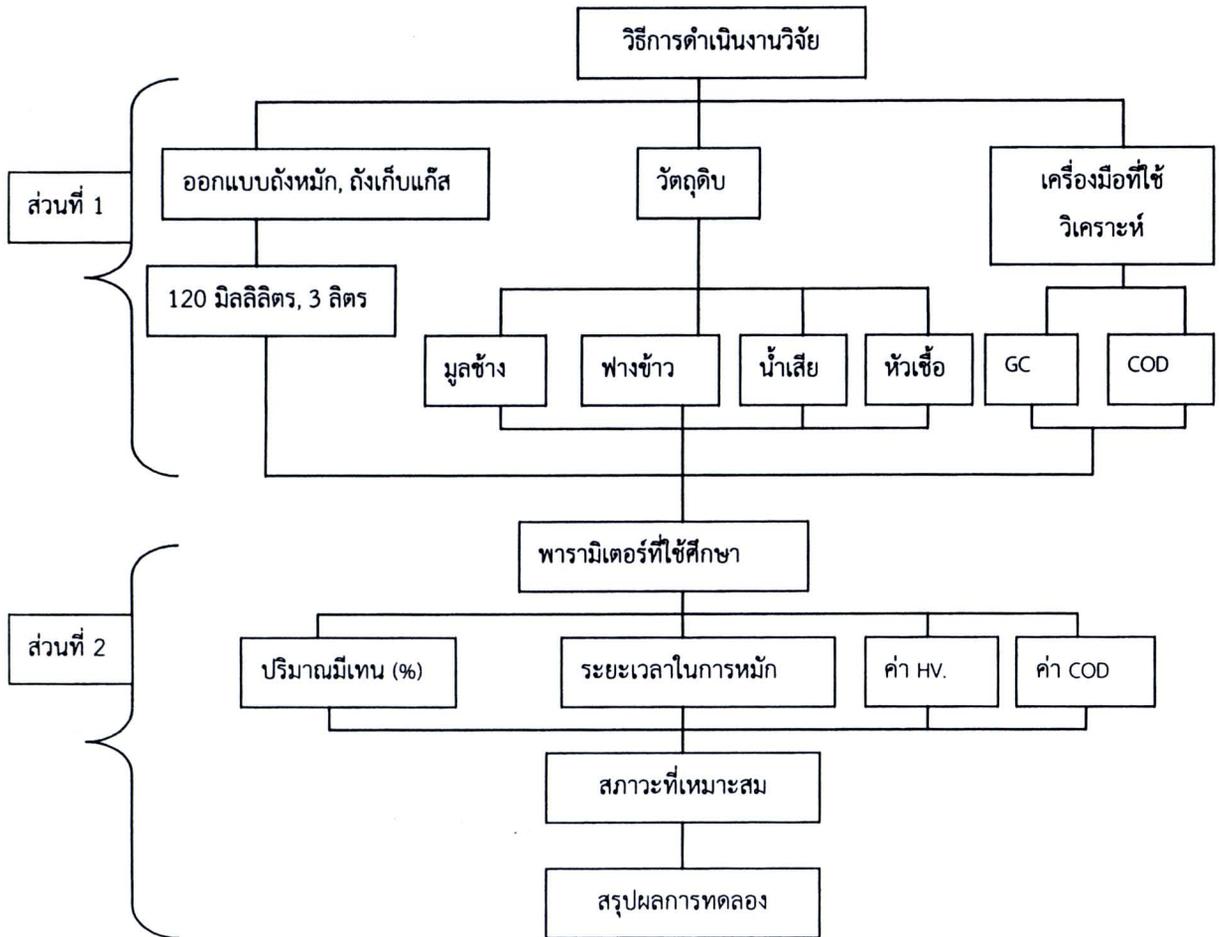
สุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีจำนวนช้างเลี้ยงมากที่สุดในประเทศไทย [2] โดยมีการเลี้ยงช้างมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อไว้ใช้งานและในยามศึกสงคราม แต่ปัจจุบัน ช้างได้ถูกฝึกเลี้ยงไว้เพื่อการแสดงให้นักท่องเที่ยวได้ชม และงานประเพณีวัฒนธรรมของประชาชนในพื้นที่ ที่จะนำช้างมาใช้แห่ในงานบวชนาค งานแต่งงาน เป็นต้น นอกจากนี้ในหมู่บ้านช้าง สิ่งที่ได้พบได้ตามพื้นดิน คือมูลช้าง ซึ่งโดยปกติช้างจะกินอาหารมากวันละ 200 กิโลกรัม [3] ชับถ่ายวันละ 15-20 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5-8 ก้อน น้ำหนักประมาณ 1-2 กิโลกรัมต่อมูล 1 ก้อน [4] ดังนั้น ช้าง 1 เชือก จะขับถ่ายประมาณวันละ 10 กิโลกรัม/วัน ปัญหามูลช้างได้ ส่งกลิ่นรบกวนและอาจเป็นพาหะก่อโรค ส่วนหนึ่งจะมีเจ้าหน้าที่เก็บมูลช้างที่อยู่บริเวณพื้นดิน มารวบรวมกองไว้จุดจุดหนึ่ง เมื่อมูลช้างมีปริมาณมากพอ ก็จะทำการบรรจุมูลช้างใส่ถุงปุ๋ยหลายสิบกกระสอบเป็นปุ๋ยใส่ในนาข้าว นอกจากนี้ยังมีการเผามูลช้างทิ้ง แต่ปัจจุบันได้มีการนำมูลช้างส่วนหนึ่งมาผลิตกระดาษสา ประโยชน์จากกระดาษสา ทำของชำร่วย กระดาษห่อของขวัญ กระดาษสำหรับจดบันทึก ตำรายาโบราณ เป็นต้น [5] กำลัการผลิตกระดาษสาจากมูลช้างใช้มูลช้างในการผลิต 40 กิโลกรัมต่อวัน แปรรูปเป็นกระดาษสาได้ 120 แผ่น (ขนาด 47.5 cm x 74 cm) ในขั้นตอนการผลิตกระดาษสาได้มีน้ำเสียจากการทำความสะอาดล้างมูลช้างให้สะอาด ซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อเก็บน้ำเสีย อย่างไรก็ตามปริมาณมูลช้างยังมีเหลือมากพอที่จะนำมาทำให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงาน นอกจากนี้ อาชีพหลักของคนหมู่บ้านช้างคือ การประกอบอาชีพเกษตรกรรมทำนาข้าวเป็นหลัก [6] ผลผลิตการทำนาข้าวอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากสภาพดินมีลักษณะดินร่วนปนทราย ปริมาณน้ำฝนมีไม่ค่อยมาก ค่อนข้างแห้งแล้ง หลังการเก็บเกี่ยวสิ่งที่ได้ตามนาข้าว คือ ฟางข้าว เหลือทิ้งไว้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ หากมีโค-กระบือ ฟางข้าวที่เหลือจะเป็นอาหารให้กับสัตว์เหล่านั้น หากไม่มี โค-กระบือ จะเกิดการทำลายเผาฟางข้าวและปล่อยทิ้งไว้ให้น้ำท่วมขัง ส่งผลให้เกิดแก๊สเรือนกระจก จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีความสนใจนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ฟางข้าว [7] มาหมักร่วมกับมูลช้างและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้างมาผลิตแก๊สชีวภาพ แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้นำไปเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตกระดาษสา ซึ่งให้ประโยชน์ทางด้านพลังงานที่มีค่าความร้อนสูงในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพสามารถนำไปเป็นปุ๋ยใส่ในนาข้าว และมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างเป็นวัตถุดิบหลักโดยเปรียบเทียบแก๊สชีวภาพที่ได้จากวัตถุดิบที่อัตราส่วนต่างกัน
2. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนเงื่อนไขและสภาวะเหมาะในการผลิตแก๊สชีวภาพ

### อุปกรณ์และวิธีการ

ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสามูลช้าง ได้ดำเนินการทดลอง ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการเตรียมอุปกรณ์วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ส่วนที่สอง คือ สภาวะที่เหมาะสมโดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### วัตถุดิบและอุปกรณ์

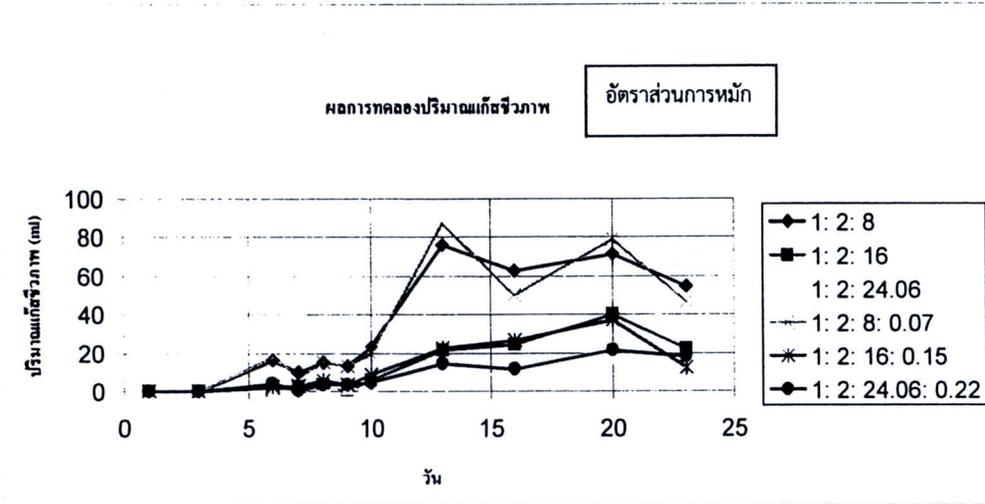
##### วัตถุดิบ

1. มูลช้าง
2. ฟางข้าว
3. น้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง ( pH  $\approx$  8, วัดค่า COD ได้ประมาณ 310 มิลลิกรัม/ลิตร )
4. หัวเชื้อ (ทำจากวัตถุดิบ มูลโค, มูลวัว หมักร่วมกับน้ำเสียจากกากเบียร์สด วัดค่า COD ประมาณ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร หัวเชื้อใช้เพื่อย่นระยะเวลาให้จุลินทรีย์ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วขึ้น ทำให้ไม่ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบผลิตแก๊สชีวภาพ [8] )

##### อุปกรณ์ดงหมัก 120 มิลลิลิตร, 3 ลิตร

1. หลอดเก็บตัวอย่างแก๊สสำหรับฉีด GC ปริมาตร 75 มิลลิลิตร
2. เครื่อง GC
3. Digestion vessel ขนาด 16\*100 mm และฝาเกลียว
4. Hot air Oven ตู้อบสามารถใช้งานได้ที่  $150 \pm 2$  °C
5. เครื่อง Spectrophotometer สำหรับใช้ที่ความยาวคลื่น 420 nm 600 nm พร้อม adapter สำหรับ

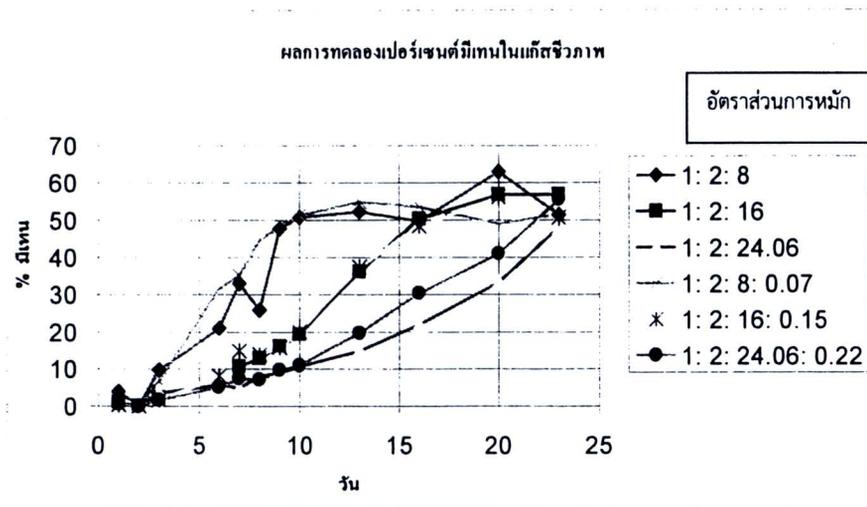
หลอดขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 4 ผลการทดลองปริมาณแก๊สชีวภาพในถังหมัก 120 มิลลิลิตร

**ผลการทดลองการเกิดเปอร์เซ็นต์มีเทนของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ**

จากผลการทดลองเปอร์เซ็นต์มีเทนในแก๊สชีวภาพ ช่วงระยะเวลา 10 วันแรกก็เริ่มต้นการผลิต ปริมาณการผลิตแก๊สมีเทนยังไม่มาก เพราะอยู่ในช่วงที่แบคทีเรียทำการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ (Hydrolysis) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก ได้แก่ น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมัน หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการแบคทีเรียสร้างกรด (Acidogenesis) และการกำจัดกรดอะซิติกจากกรดไขมันอื่นๆ (Acetogenesis) จึงเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือการสร้างมีเทนในช่วงระยะเวลาการหมักทุกผลการทดลองที่ระยะเวลา 10-20 วัน เป็นช่วงระยะเวลาที่กรดอะซิติกและไฮโดรเจนจะถูกแบคทีเรียผลิตแก๊สมีเทน ในกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 5 เปอร์เซ็นต์มีเทน เปอร์เซ็นต์มีเทนมากสุดในระยะเวลา 15 วันเป็นผลการทดลองที่ 4 ให้ %CH<sub>4</sub> 54.88 ลักษณะการติดไฟเป็นเปลวไฟสีน้ำเงิน [11] รองลงมาเป็นการทดลองที่ 1, 5, 2, 6 และ 3 ตามลำดับ หลังจากระยะเวลาผ่านไป 15 วัน การทดลองที่ 1, 2, 3, 5, 6 ยังมีการผลิตแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นการทดลองที่ 6 ได้ %CH<sub>4</sub> 55.50 รองลงมาเป็นการทดลองที่ 2, 4, 1, 5, 3 เนื่องจากระยะเวลาที่แบคทีเรียทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้ก๊าซมีเทนเกิดขึ้นใช้ระยะเวลา นาน ค่าพหุคูณความร้อน Heating Value (H.V.) จากแก๊สชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 55 ได้ 7,425 (กิโลแคลอรี/ม<sup>3</sup>)



รูปที่ 5 ผลการทดลองเปอร์เซ็นต์มีเทนในแก๊สชีวภาพ

CAROMATOPAC		C-R6A		FILF		1		
								
AAMPI F NO	0							
REPORT NO	31415							
NO	TIME	ARFA	MK	IDNO	CONC	NAME		
1	0.363	2958		1	2.8764	AIR	2.87 % Air	
2	1.133	72227		2	55.5874	CH4	55.58 %CH <sub>4</sub>	
3	2.657	2830						
4	2.455	88244	V	3	48.33	CO2	48.33 %CO <sub>2</sub>	
TOTAL				166251				100

รูปที่ 6 ผลการทดลององค์ประกอบของแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี

**ผลการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมัก 3 ลิตร**

**ผลการทดลองค่า COD ในถังหมักผลิตแก๊สชีวภาพขนาด 3 ลิตร**

จากการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้ทำการเก็บน้ำเสียในถังหมัก ขนาด 3 ลิตร ที่อัตราส่วน เจือปน 6 แดกต่างกัน 6 เจือปน มาทำการวิเคราะห์ หาค่า COD ความสกปรกของน้ำในถังหมัก เพราะเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย ในโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยวิธีการหมักแบบไร้ออกซิเจน [12] เป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นของระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ใช้ทำลาย สารอินทรีย์ในตะกอนสลัดจ์เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเป็นกระบวนการขั้นต้นที่ใช้ลดความเข้มข้น ของกระบวนการสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยลง วิธีการเช่นนี้จะช่วยประหยัดพลังงานและสารเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ได้มาก จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบ ค่า COD เริ่มต้นหมักและหลังหมักใช้ระยะเวลา 90 วัน ซึ่งผลที่ได้แสดงค่า ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3 ปริมาณค่า COD ในถังหมัก 3 ลิตร**

การทดลองที่	อัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว กรัม	COD (mg/L)		COD ที่ลดลง (%)
		ก่อนการหมัก	หลังการหมัก	
1	1: 2 :8 :-	5,623	1,864	66.8
2	1: 2: 16: -	4,508	1,479	67.19
3	1: 2: 24: -	2,211	1,479	33.10
4	1: 2 :8 :0.075	5,218	3,084	40.89
5	1: 2: 16: 0.15	4,723	2,895	38.70
6	1: 2: 24: 0.22	2,140	1,920	10.28

การวิเคราะห์หาค่า COD ความสกปรกในน้ำเสีย น้ำที่มีค่า COD ปริมาณมาก ก่อนการหมักเป็นการทดลอง ที่ 1 ค่า COD 5,623 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4 ค่า COD 5,218 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะมีปริมาณสารอินทรีย์ในมูลช้างมากที่สุด รองลงมาเป็นการทดลองที่ 2, 5, 4, 6 ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป ค่า COD ได้มีปริมาณการลดลง โดยค่า COD ที่มีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพลดลงมากที่สุด เป็นการทดลองที่ 2 COD ที่ลดลง (%) ได้ 67.19 และการทดลองที่ 1 COD ที่ลดลง (%) 66.8 เพราะค่าไม่ต่างกันมากนัก รองลงมาเป็นการทดลองที่ 4,5,3,6 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า ถังหมักที่ใส่ฟางข้าว %COD จะลดลงโดยเฉลี่ย 29.95 ลดลงได้น้อยกว่า การหมักที่มีแต่มูลช้าง % COD ลดลง 56.36 เพราะ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น แบคทีเรีย (anaerobic bacteria) [13] จะสามารถย่อยสลายอินทรีย์สารในมูลช้าง ได้ดีกว่า ฟางข้าว เนื่องจากส่วนประกอบหลักฟางข้าวเป็นเซลลูโลส ส่งผลให้ค่า COD ที่ลดลงมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพต่ำ ทดสอบการจุดติดไฟแก๊สชีวภาพ ของชุดการทดลองที่ 4 ลักษณะเปลวไฟมีสีฟ้า ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการจุดติดไฟ [14] (% มีเทน 55-70 เปลวไฟมีสีน้ำเงิน )

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษจากมูลช้าง การทดลอง ที่มีเงื่อนไข อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สามารถนำมาขยายสเกลและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านความร้อนเป็นการทดลองที่ 4 ด้วยอัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (1: 2: 8: 0.075) เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเกิดแก๊สชีวภาพเร็วกว่า ทุกผลการทดลอง ใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 55% นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพ ชุดผลการทดลองที่ 1 จะสอดคล้องกับชุดการทดลองที่ 4 การทดลองที่ 2 กับ 5 และชุดการทดลองที่ 3 กับ 6 เพราะมีปริมาณมูลช้างใช้อัตราส่วนเท่ากัน แตกต่างกัน คือ ปริมาณน้ำเสียและฟางข้าวชุดการทดลอง 4, 5, 6 ขณะเดียวกันมูลช้าง ผสมกับน้ำเสียในระดับอัตราส่วนความเหมาะสม จะสามารถผลิตแก๊สได้ดี ส่วนการวิเคราะห์ ค่า COD ในน้ำเสียหลังจากผ่านการหมักแก๊สชีวภาพสามารถทำให้ค่า COD วัดจุดดับที่มีมูลช้าง มีอัตราการลดลง ได้ดีกว่าฟางข้าว แต่ทั้งนี้การผลิตแก๊สชีวภาพ นอกจากจะช่วยบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ลดปริมาณค่า COD แล้ว ยังได้พลังงานทดแทนเป็นแก๊สชีวภาพ ดังนั้น หากนำมูลช้างแห้ง 1 ตัน สามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 5,459 ลิตร ค่าความร้อน Heating Value (H.V.) จากแก๊สชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 55 ได้ 7,425 (กิโลแคลอรี/ม<sup>3</sup>) สามารถทดแทนเป็นพลังงานชีวมวล เชื้อเพลิงแข็ง ไม้-พิน ที่เป็นเชื้อเพลิงหลักให้ความร้อนขั้นตอน การต้มมูลช้างเปื่อยอยู่ ได้ 8.17 กิโลกรัม จะทำให้ลดการใช้พลังงาน ไม้พิน เป็น 12 กิโลกรัม/วัน จากพลังงานที่ใช้ 20 กิโลกรัม/วัน สำหรับการผลิตกระดาษขั้นตอนการต้มมูลช้าง เมื่อเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 6.54 กิโลวัตต์ ต่อชั่วโมง ดังนั้นจากผลการทดลองด้วยระยะเวลา 30 วัน การทดลองที่ 4 มีความเหมาะสมมากที่สุด ที่ควรนำมาผลิต แก๊สชีวภาพ และสามารถนำแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้ให้เกิดประสิทธิผลด้านความร้อนในกระบวนการผลิตกระดาษ มูลช้างขนาดสเกลที่ใหญ่ขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม ปุ๋ยชีวภาพ ช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันบริเวณนั้นลดลง [15] วัดจุดดับที่นำมาผลิตควรอยู่ใกล้แหล่ง ถังหมักแก๊สชีวภาพ ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพควรนำไปใช้ในพื้นที่ใกล้เคียงหรือใกล้แหล่งถังผลิตแก๊ส เพราะหากวัดจุดดับ อยู่อีกสถานที่หนึ่งและต้องนำมาหมักอีกที่หนึ่ง ต้องเสียเวลาการเคลื่อนย้ายขนส่ง เสียพลังงาน เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน จำเป็นอย่างยิ่งที่วัดจุดดับควรอยู่ใกล้กับแหล่งผลิตแก๊สชีวภาพ
2. แก๊สรั่ว จากวัสดุอุปกรณ์บริเวณรอยต่อเชื่อมถังหมัก ปัญหาไม่สามารถกเก็บแก๊สได้ ควรป้องกันโดยใช้ กาวอีพอกซีที่เชื่อมต่อบิดให้สนิทและหมั่นตรวจเช็คอยู่เป็นประจำ

## เอกสารอ้างอิง

1. ธารพงษ์ วิทจิตศาสตร์ และคณะ, 2553, รายงานสถานภาพของการวิจัย และผลิตเอทานอล ไบโอดีเซล ไบโอแก๊ส และน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย, สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, หน้า 85.
2. 2554. เที่ยวหมู่บ้านช้างเลี้ยงใหญ่ที่สุดในโลก ที่บ้านกระโพ-ตากกลาง สุรินทร์. <http://www.moohin.com/trips/surin/elephant/>. 2 เมษายน 54
3. สำนักหอสมุดกลาง ม.รามคำแหง. 2554. ช้างเอเชีย. [http://www.lib.ru.ac.th/journal/elephant\\_asian.htm](http://www.lib.ru.ac.th/journal/elephant_asian.htm). 15 มิถุนายน 54
4. น.สพ.วัชรินทร์ หินอ่อน. 2554. ร้อยสิ่ง..ที่ช้างเป็น. [http://www.epofclinic.com/wizContent.asp?wizConID=138&txtMenu\\_ID=7](http://www.epofclinic.com/wizContent.asp?wizConID=138&txtMenu_ID=7). 10 มิถุนายน 54
5. สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) และเทศบาลตำบลต้นเปา. 2554. ศูนย์กระจายสินค้ากระดาษสาและหัตถกรรมต้นเปา. <http://www.tonpao.go.th/saapaper/>. 10 มิถุนายน 2554
6. ศิริพงศ์ ทองจันทร์, 2549, รากฐานอำนาจของผู้นำชุมชนเลี้ยงช้างชาวไทย-กวย(ส่วย) ศึกษาเฉพาะกรณี หมู่บ้านช้าง อำเภอกำแพง จังหวัดสุรินทร์, ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(รัฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยรามคำแหง, หน้า 58.
7. Zeng, X., Ma, Y. and Ma, L., 2007, "UtiliZation of Straw in Biomass Energy in China", Renewable & Sustainable Energy Reviews, Vol.11 , No. 5, pp. 976-987.
8. วรกฤษ สุวจิตตานนท์, 2547, ของจุลินทรีย์บนตัววัสดุตัวกรองในถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมโดยใช้การไหลวนกลับของก๊าซชีวภาพ, โครงการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, หน้า 5.
9. ชัยธร เกิดลำเจียก, 2553, การผลิตแก๊สชีวภาพความชื้นต่ำจากกากเบียร์สด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 46.
10. Lei, Z., Chen, J., Zhang, Z. and Sugiura, N., 2010, "Methane Production from Rice Straw with Acclimated Anaerobic Sludge: Effect of Phosphate Supplementation", Bioresource Technology, Vol.101 , No. 12, pp. 4343-4348.
11. วีระยุทธ ทองหนู, 2552, การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกเพื่อใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นในแผ่นยางพาราดิบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 85.
12. มั่นสิน ตันฑุลเวศม์, 2542, เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 9/1 - 9/12.
13. ทวี จิตโมตรีและคณะ, 2537, การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 114.
14. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553, คู่มือปฏิบัติงานการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัย สำหรับฟาร์มปศุสัตว์, โรงพิมพ์ สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน และอนุรักษ์พลังงาน, หน้า 1-11.
15. นิศากร โฆษิธรตัน, 2538, คู่มือการกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ, หน้า 12-13.



# ราชมงคลสุรินทรวิชาการ'54

ประชุมวิชาการราชมงคลสุรินทร ครั้งที่ 3

ระหว่างวันที่ 17 - 18 สิงหาคม 2554



## การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสามูลช้าง

อัจฉรา พิเลิศ<sup>1</sup>, รัตนชัย ไพรินทร์<sup>2</sup> และ จงจิตร หิรัญธาดา<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<sup>2</sup> คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<sup>3</sup> ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางด้านอาหาร สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

จากปัญหาความขาดแคลนทางด้านพลังงาน ส่งผลให้ต้องมีการสนับสนุนการผลิตพลังงานภายในประเทศให้มากขึ้น ลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล หันมาใช้พลังงานทดแทน โดยใช้วัตถุดิบของเสีย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านพลังงาน สุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเลี้ยงช้างมากที่สุดในโลก มีมูลช้างเหลือปริมาณมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะตอบสนองพลังงานทดแทน โดยนำมูลช้าง น้ำเสียกระดาษสา และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ ฟางข้าว มาหมักเพื่อให้เกิดแก๊สชีวภาพ สามารถใช้ประโยชน์เป็นพลังงานได้ ด้วยวิธีการหมักที่อัตราส่วนแตกต่างกัน ในถังหมัก 120 มิลลิลิตร และหมักในถัง 3 ลิตร หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในห้องปฏิบัติการเป็นแบบ Batch ควบคุมอุณหภูมิในห้อง Incubator 37 องศาเซลเซียส วัดปริมาณแก๊สโดยการแทนที่น้ำ วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จากการทดลองพบว่า ผลการทดลองที่ดีที่สุด เป็นการทดลองเงื่อนไขที่ 4 ด้วยอัตราส่วน หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว (1: 2: 8: 0.075) เนื่องจากระยะเวลาในการเกิดแก๊สชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง ใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 55% ปริมาณเฉลี่ยแก๊สชีวภาพมากที่สุด 87.35 ml ในส่วนที่สองการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมัก 3 ลิตร ทำการเก็บน้ำเสียมาวิเคราะห์หาค่า COD จากการทดลองการหมักแก๊สชีวภาพ ค่า COD ที่มี วัตถุดิบเป็นมูลช้างหลัก COD ที่ลดลง (%) โดยเฉลี่ย 56.36% มีอัตราลดลงได้ดีกว่าผสมฟางข้าว ซึ่งหากใส่ฟางข้าว COD ที่ลดลง % โดยเฉลี่ยได้ 29.95 % ดังนั้น หากนำมูลช้างแห้ง 1 ตัน สามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 5.459 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนเป็นพลังงานชีวมวล เชื้อเพลิงแข็ง ไม้-ฟืน ได้ 8.17 กิโลกรัม พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 6.54 Kw-hr พลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 2.51 กิโลกรัม น้ำมันเตาเกรด A ได้ 3 ลิตร น้ำมันก๊าดได้ 3.27 ลิตร น้ำมันเบนซิลได้ 3.65 ค่าความร้อน 18.27 MJ/m<sup>3</sup> จึงเป็นการกระจายเชื้อเพลิงแข็งมาผลิตเป็น แก๊สชีวภาพ เพื่อเกิดความหลากหลายและความมั่นคงทางด้านพลังงาน

คำสำคัญ: แก๊สชีวภาพ กระดาษสา มูลช้าง พลังงานทดแทน

การอบแห้งแผ่นยางพาราด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง  
Drying of Rubber Sheets with Biogas Energy from the Elephant Dung Mixed with a Straw and  
Waste Water of Sa Paper from Elephant Dung

ริชชชัย ไพรินทร์<sup>1</sup>, อัจฉรา พิเลศ<sup>1\*</sup>, วีระยุทธ ทองหนู<sup>1</sup>, และ จงจิตร หิรัญกุล<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
ธนบุรี

<sup>2</sup> คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ด้านอาคาร สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอม  
เกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

\*E-mail: [jeep\\_jejy@hotmail.com](mailto:jeep_jejy@hotmail.com)



### บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาทางด้านพลังงาน เนื่องจากมีการใช้ก๊าซธรรมชาติ  
ผลิตกระแสไฟฟ้า ถึง 70 % ส่งผลให้มีความเสี่ยงทั้งความมั่นคงทางด้านพลังงาน วัตถุประสงค์ของงานวิจัย  
นี้ ทดลองผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง พร้อมทั้งศึกษา  
แนวทางความเหมาะสม การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การอบแห้งแผ่นยางพาราด้วยแก๊สชีวภาพจาก  
มูลช้างร่วมกับฟางข้าวและน้ำเสียกระดาษสาจากมูลช้าง โดยนำวัตถุดิบ หัวเชื้อ/ มูลช้าง/ น้ำเสีย/ ฟางข้าว  
(ขนาด 3-5 ซม.) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้จากบริเวณในหมู่บ้านช้าง จังหวัดสุรินทร์ ด้วยอัตราส่วน 1: 2: 8: 0.075  
กรัม มาหมักในถังหมักขนาดปริมาตร 200 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ทำการ  
ทดลองในอุณหภูมิแวดล้อมปกติ (33 °C) มีการเติมวัตถุดิบแบบกึ่งต่อเนื่อง วัดปริมาณการเกิดแก๊สโดยการ  
แทนที่น้ำ วัดค่าพีเอช วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี กำหนดค่า  
ความร้อนของแก๊สชีวภาพ วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย (COD) เริ่มต้นการหมัก ขณะเดียวกัน ศึกษาการนำ  
แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ไปเป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ ผลการทดลอง พบว่า ก๊าซ  
ชีวภาพจะเริ่มติดไฟได้อย่างต่อเนื่องในวันที่ 12 ซึ่งเป็นช่วงที่ ค่าพีเอชสูงสุด เปลวไฟมีลักษณะเป็นสีฟ้า  
ได้ค่าพีเอชเฉลี่ยของระบบการหมัก 26 วัน อยู่ที่ 7.6 และค่า พีเอช ที่มีความเหมาะสมผลิตแก๊สชีวภาพอยู่  
ในช่วง 7.5 - 7.9 ระยะเวลาที่หมัก 10 -20 วัน ปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพในแต่ละวันพบว่าสามารถผลิต  
แก๊สได้ โดยเฉลี่ย 25 ลิตร/วัน โดยช่วงระยะเวลา 17 วัน มีปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพมากที่สุดที่ 120 ลิตร  
ได้ก๊าซมีเทน มากสุด 69 % จาก การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี ค่าความร้อนแก๊สชีวภาพที่

