

สารบัญ

บทที่	หน้าที่
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
 1 บทนำ	 1
1.1 ความสำคัญ/เหตุผล/ปัญหาที่สำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 แผนการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 5
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ	5
2.2 แท่งเชื้อเพลิง	12
2.3 ระบบการจัดการ PDCA	16
2.4 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง	18
2.5 การเปรียบเทียบความคุ้มค่า	18
2.6 ผลงานวิจัยที่ใช้อ้างอิง	21
 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้าที่
3.1	กรอบแนวคิดการวิจัย 28
3.2	การผลิตก๊าซชีวภาพ 28
3.3	การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็นของแท่งเชื้อเพลิงเขียวและถ่านอัดแท่ง 30
3.4	การกักของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง..... 31
3.5	การดำเนินงานวิจัย 31
4 ผลการวิจัย.....	33
4.1	ผลการประชุมร่วมกับชุมชน..... 33
4.2	การผลิตก๊าซชีวภาพระบบไร้ออกซิเจนชนิดกวนสมบูรณ์..... 34
4.3	การเชื้อเพลิงพลังงานชีวมวล..... 41
4.4	ผลการประเมินความคุ้มค่าของการผลิตพลังงานทดแทนจากดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ 59
4.5	การจัดการกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางด้วยขบวนการ PDCA 64
	ให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดฟางรวมถึงประชาชนที่สนใจ
5 สรุปผลการวิจัย.....	67
	สรุปผลการวิจัย..... 67
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก	72
ก	การผลิตก๊าซชีวภาพและการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน..... 73
ข	การผลิตแท่งเชื้อเพลิง 78
ค	ผลการวิเคราะห์แท่งเชื้อเพลิงจากห้องปฏิบัติการ..... 84
ง	ประชาคมและเผยแพร่งานวิจัย..... 104

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้าที่
4.1 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซชีวภาพ	34
4.2 อุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศชนิดกวนสมบูรณ์..	36
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำ	36
4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของระบบบำบัดแบบไร้อากาศชนิดกวนสมบูรณ์.....	38
4.5 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solid:TS).....	40
4.6 ความหนาแน่น น้ำหนัก ปริมาตร และความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงทั้ง2แบบ	42
4.7 ระยะเวลาการติดไฟและปริมาณขี้เถ้า	43
4.8 เวลาในการต้มน้ำจากอุณหภูมิห้องจนถึง 100° C (นาที) ของแท่งเชื้อเพลิงเขียว.....	59
แท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่างๆ และถ่านจากไม้ ที่ปริมาณต่างๆ	
4.9 ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของการผลิตก๊าซชีวภาพ	60
4.10 ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากกากของเสีย.....	61
4.11 ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของการผลิตแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกากของเสีย.....	62
4.12 ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของการทำปุ๋ย	63
4.13 ผลการคำนวณดัชนีทางเศรษฐศาสตร์จากโปรแกรมสำเร็จรูป.....	63
ค 1 ผลการทดลองเชื้อเพลิงเขียว กากของเสีย 3 กก. แป้งมัน 0.5 กก.....	85
ค 2 ผลการทดลองเชื้อเพลิงเขียว กากของเสีย 4 กก. แป้งมัน 0.5 กก.	87
ค 3 ผลการทดลองเชื้อเพลิงเขียว กากของเสีย 5 กก. แป้งมัน 0.5 กก.	89
ค 4 ผลการทดลองถ่านอัดแท่ง กากของเสีย 3 กก. แป้งมัน 0.5 กก.	91
ค 5 ผลการทดลองถ่านอัดแท่ง กากของเสีย 4 กก. แป้งมัน 0.5 กก.	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้าที่
ค 6 ผลการทดลองถ่านอัดแท่ง กากของเสีย 5 กก. แป้งมัน 0.5 กก.	95
ค 7 พลังงานความร้อนเชื้อเพลิงเขียวอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ต่อแป้งมัน 3 : 0.5 กิโลกรัม	97
ค 8 พลังงานความร้อนเชื้อเพลิงเขียวอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ต่อแป้งมัน 4 : 0.5 กิโลกรัม	98
ค 9 พลังงานความร้อนเชื้อเพลิงเขียวอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง ต่อแป้งมัน 5 : 0.5 กิโลกรัม	99
ค 10 พลังงานความร้อนถ่านอัดแท่งอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง..... ต่อแป้งมัน 3 : 0.5 กิโลกรัม	100
ค 11 พลังงานความร้อนถ่านอัดแท่งอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง..... ต่อแป้งมัน 4 : 0.5 กิโลกรัม	101
ค 12 พลังงานความร้อนถ่านอัดแท่งอัตราส่วนกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง..... ต่อแป้งมัน 5 : 0.5 กิโลกรัม	102
ค 13 พลังงานความร้อนถ่านจากไม้	103

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้าที่
1.1 การใช้พลังงานทดแทนประเทศไทยปี 2555.....	1
2.1 ขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ	4
2.2 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ บ่อหมัก Anaerobic Pond	6
2.3 ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)	7
2.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบสัมผัส ACโดยใช้ถังกวนสมบูรณ์	8
2.5 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Up flow Anaerobic Sludge Blanket	10
2.6 ระบบ PDCA	17
3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	28
3.2 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพระบบหมักแบบไร้อากาศชนิดกวนสมบูรณ์.....	30
3.3 กากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง	31
4.1 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบหมักชีวภาพแบบไร้อากาศชนิด กวนสมบูรณ์ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง	35
4.2 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่าง ระหว่างน้ำเข้าและน้ำออก..... ที่ระยะเก็บกักต่างๆ	37
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD).....	38
4.4 การเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำเสีย (DO).....	39
4.5 ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดในน้ำเสีย (Ts).....	40
4.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย (SS)	41
4.7 เครื่องอัดแบบสกรู.....	42
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงเขียว	44
ที่อัตราส่วนผสม 3 : 0.5	
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงเขียว	45
ที่อัตราส่วนผสม 4 : 0.5	

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้าที่
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงเขียว ที่อัตราส่วนผสม 5 : 0.5	45
4.11 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสม ของกากของเสียจากการเผาเห็ดฟาง ที่น้ำหนักเชื้อเพลิงเขียว 1 กิโลกรัม	46
4.12 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสม ของกากของเสียจากการเผาเห็ดฟาง ที่น้ำหนักเชื้อเพลิงเขียว 2 กิโลกรัม	47
4.13 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสม ของกากของเสียจากการเผาเห็ดฟาง ที่น้ำหนักเชื้อเพลิงเขียว 3 กิโลกรัม	47
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา ของแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม	48
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา ของแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม	49
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา ของแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม	49
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ที่อัตราส่วนผสม 3 : 0.5	50
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ที่อัตราส่วนผสม 4 : 0.5	51
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับเวลาของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ที่อัตราส่วนผสม 5 : 0.5	51
4.20 พลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของกากของเสีย จากการเผาเห็ดฟางเผา ที่น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 1 กิโลกรัม	52
4.21 พลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของกากของเสีย จากการเผาเห็ดฟางเผา ที่น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 2 กิโลกรัม	53

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้าที่
4.22 พลังงานความร้อนเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของกากของเสีย จากการเผาเห็ดฟางเผา ที่น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 3 กิโลกรัม	53

4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา.....	54
	ของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม	
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา.....	55
	ของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม	
4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของกากของเสียกับอุณหภูมิและเวลา.....	55
	ของแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม	
4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลา ของถ่านจากไม้พิน	56
	ในการต้มน้ำที่น้ำหนักถ่านจากไม้ 1 , 2 และ 3 กิโลกรัม	
4.27	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนและเวลา ของถ่านจากไม้พิน.....	57
	ที่น้ำหนักถ่านจากไม้ 1 , 2 และ 3 กิโลกรัม	
4.28	การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของ แท่งเชื้อเพลิงเขียว	58
	แท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 4 : 0.5 กิโลกรัม และถ่านจากไม้พิน	
	ที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม	
ก 1	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพระบบหมักแบบไร้อากาศชนิดกวนสมบูรณ์.....	74
ก 2	ซังกากของเสียก่อนทำการหมัก	74
ก 3	หลังจากทำการหมักเกิดก๊าซชีวภาพ	75
ก 4	การกวนด้วยปั้มน้ำ.....	75
ก 5	ระบบทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ เพื่อกำจัดความชื้นและก๊าซไข่เน่า	76
ก 6	การเก็บก๊าซชีวภาพลงถัง LPG	76
ก 7	ปริมาตรก๊าซชีวภาพในถัง LPG	77
ก 8	การต่อถังก๊าซ LPG กับเตาก๊าซเพื่อทดสอบการติดไฟ	77
ข 1	ซังน้ำหนักกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง แล้วนำมาผสมกับ	79
	แป้งมันสำปะหลังตามสัดส่วน	

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้าที่
ข 2 นำมาอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรู.....	79
ข 3 นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ตากแดด	80
ข 4 นำแท่งเชื้อเพลิงมาชั่งก่อนทำการทดลอง	80
ข 5 เผาหาระยะเวลาติดไฟ	81
ข 6 ทำการทดลองต้มน้ำหาค่าพลังงานความร้อน	81
ข 7 เผาและบดกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางก่อนนำไปอัดแท่ง.....	82
ข 8 ถ่านอัดแท่งหลังจากการอัด	82

ข 9	วัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิง.....	83
ข 10	ชั่งน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิง.....	83
ง 1	พิธีเปิด การบรรยาย เผยแพร่งานวิจัย เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพ..... และอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง	105
ง 2	ผู้ร่วมงานประชาคม ลงมือปฏิบัติจริง ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์..... มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล	105
ง 3	การเตรียมอุปกรณ์และเตรียมความพร้อม.....	106
ง 4	ฟังคำชี้แจงก่อนลงมือปฏิบัติ.....	106
ง 5	ลงมือผสมกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟางกับแป้งมัน.....	107
ง 6	แสดงตัวอย่างการอัดแท่งเชื้อเพลิง.....	107
ง 7	ลงมือปฏิบัติอัดแท่งเชื้อเพลิง.....	108
ง 8	พิสูจน์คุณภาพของก๊าซชีวภาพด้วยการประกอบอาหาร.....	108
ง 9	พิสูจน์คุณภาพของแท่งเชื้อเพลิงด้วยการประกอบอาหาร.....	109
ง 10	การใช้เชื้อเพลิงแท่งประกอบอาหาร.....	109
ง 11	อาหารหลังจากการลงมือปฏิบัติ.....	110
ง 12	แผนปฏิบัติการจัดการกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง.....	111
ง 13	การเผยแพร่ผลงานวิจัยตามสถานที่ต่างๆ ของชุมชน.....	111
ง 14	คู่มือการจัดการกากของเสียจากการเพาะเห็ดฟาง.....	112