

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำค้นเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ตรวจสอบเอกสาร	4
2.1 ไม้ยางพารา	4
2.2 ถ่านกัมมันต์	6
2.3 กระบวนการดูดซับและการหาพื้นที่ผิว	17
2.4 Response Surface Methodology	23
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3. วิธีการวิจัย	31
3.1 วัสดุ	34
3.2 อุปกรณ์	35
3.3 วิธีการวิจัย	37
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	46
4.1 การคัดขนาดไม้ยางพารา	46
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ	46
4.3 ลักษณะโครงสร้างพื้นผิว	47
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก	49
4.5 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก	60
4.6 แบบจำลองอธิบายผลของสภาวะดำเนินการจากการกระตุ้นด้วย กรดฟอสฟอริก	61
	(6)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไอน้ำ	73
4.8 สภาพที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	83
4.9 แบบจำลองอธิบายผลของสภาวะดำเนินการจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	84
4.10 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่านกัมมันต์	96
5.สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	98
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	104
ก. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์	105
ข. การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ	108
ค. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์	111
ง. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Regression	115
จ. การคำนวณพลังงาน	122
ประวัติผู้เขียน	129

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบของจีเลื่อยไม้ยางพารา	5
2. ปริมาณการใช้วัตถุดิบชนิดต่างๆในการผลิตถ่านกัมมันต์	7
3. สมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์	7
4. ลักษณะที่แตกต่างกันของการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี	18
5. สภาพการทดลองในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีต่างๆ	28
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษชีวมวลที่ผ่านมา	32
7. สภาพการทดลองการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก ที่ได้จากการออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค RSM	40
8. สภาพการทดลองการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ได้จาก การออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค RSM	44
9. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของจีเลื่อยไม้ยางพาราและวัตถุดิบชนิดอื่น	47
10. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่สถานะต่างๆ	49
11. สภาพการทดลองที่มีผลต่อร้อยละผลได้ พื้นที่ผิว และการดูดซับไอโอดีน	60
12. ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก การคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	64
13. ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ ค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	68
14. ค่าร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	72
15. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	73
16. สภาพการทดลองโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่มีผลต่อร้อยละผลได้ พื้นที่ผิว และการดูดซับไอโอดีน	83
17. ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	87
18. ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองโดยการกระตุ้น ด้วยไอน้ำเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	91

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19. ค่าร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลอง	95
20. ค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและไอน้ำ	96
21. เปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากการผลิตทั้ง 2 วิธี	97
22. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เกรดการค้าชนิดผง	105
23. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เกรดการค้าชนิดเม็ด	106
24. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ชนิดผง	107
25. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด	107
26. ค่าประมาณของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีน	113
27. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อพื้นที่ผิว	115
28. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าการดูดซับไอโอดีน	115
29. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าร้อยละผลได้	116
30. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อพื้นที่ผิว โดยใช้โปรแกรม Regression	117
31. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้โปรแกรม Regression	117
32. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าร้อยละผลได้ โดยใช้โปรแกรม Regression	118
33. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อพื้นที่ผิว	118
34. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าการดูดซับไอโอดีน	119
35. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าร้อยละผลได้	119
36. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อพื้นที่ผิว โดยใช้โปรแกรม Regression	120

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
37. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้น ด้วยไอน้ำต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้โปรแกรม Regression	120
38. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้น ด้วยไอน้ำต่อค่าร้อยละผลได้ โดยใช้โปรแกรม Regression	121

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
1. การดูดซับสารของถ่านกัมมันต์	19
2. ชนิดของเส้นไอโซเทอมของการดูดซับทั้ง 6 แบบ	23
3. เครื่องแอกติเวเตอร์แบบฟลูอิดไดซ์เบคของ B.G. Prakash Kumar	29
4. ขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ในจังหวัดสงขลา	34
5. ชุดตะแกรงร่อนตามมาตรฐานไทเลอร์	35
6. เตาเผาแบบทรงกระบอก	35
7. ชุดกรองลดความดันเพื่อใช้ล้างถ่านกัมมันต์	36
8. เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดอนุภาค	36
9. เครื่องมือวิเคราะห์พื้นที่ผิว	37
10. ชุดการทดลองในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก	38
11. ชุดการทดลองในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	41
12. ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้เทคนิค SEM (Scanning Electron Microscope)	48
13. ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่กระตุ้น ด้วยกรดฟอสฟอริกโดยใช้เทคนิค SEM (Scanning Electron Microscope)	48
14. ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่กระตุ้น ด้วยไอน้ำโดยใช้เทคนิค SEM (Scanning Electron Microscope)	48
15. ผลของเวลาต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	51
16. ผลของเวลาต่อการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	51
17. ผลของเวลาต่อค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	52
18. ผลของเวลาต่อค่าร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	52
19. ผลของเวลาต่อค่าความเป็นกรดต่างของถ่านกัมมันต์	53
20. ผลของอุณหภูมิต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	54
21. ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	55
22. ผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	55
23. ผลของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	56
24. ผลของอุณหภูมิต่อค่าความเป็นกรดต่างของถ่านกัมมันต์	56

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
25. ผลของอัตราส่วนกรดต่อจีลีสต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	57
26. ผลของอัตราส่วนกรดต่อจีลีสต่อค่าการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	58
27. ผลของอัตราส่วนกรดต่อจีลีสต่อค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	58
28. ผลของอัตราส่วนกรดต่อจีลีสต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	59
29. ผลอัตราส่วนกรดต่อจีลีสต่อความเป็นกรดค้างของถ่านกัมมันต์	59
30. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรดที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	62
31. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และเวลา ในการเผาที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	62
32. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรด ที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	63
33. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรด ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	66
34. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรด ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	66
35. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอุณหภูมิในการ เผา ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	67
36. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรด ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	70
37. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอัตราส่วน จีลีส:กรด ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	70
38. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอุณหภูมิใน การเผา ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	71
39. ผลของเวลาคาร์บอนไนซ์ต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	74
40. ผลของเวลาคาร์บอนไนซ์ต่อการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์	75
41. ผลของเวลาคาร์บอนไนซ์ต่อความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	75
42. ผลของเวลาคาร์บอนไนซ์ต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	76

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
43. ผลของเวลาคาร์บอนไนซ์ต่อความเป็นกรดต่างของถ่านกัมมันต์	76
44. ผลของอุณหภูมิต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	77
45. ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับ ไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์	78
46. ผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	78
47. ผลของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	79
48. ผลของอุณหภูมิต่อความเป็นกรดต่างของถ่านกัมมันต์	79
49. ผลของเวลาในการกระตุ้นต่อค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	80
50. ผลของเวลาในการกระตุ้นต่อการดูดซับ ไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์	81
51. ผลของเวลาการกระตุ้นต่อความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์	81
52. ผลของเวลาในการกระตุ้นต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	82
53. ผลของเวลาในการกระตุ้นต่อความเป็นกรดต่างของถ่านกัมมันต์	82
54. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และเวลาในการคาร์บอนไนซ์ที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	85
55. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และเวลาในการคาร์บอนไนซ์ที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	85
56. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และเวลาในการเผาที่มีผลต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์	86
57. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผา และเวลาในการคาร์บอนไนซ์ ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์	89
58. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และเวลาในการคาร์บอนไนซ์ ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์	89
59. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอุณหภูมิในการเผา ที่มีผลต่อค่าการดูดซับ ไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์	90
60. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเผา และอุณหภูมิในการเผา ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	93
61. กราฟพื้นที่ผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาคาร์บอนไนซ์ และอุณหภูมิในการเผา ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	93

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
62. กราฟพื้นผิวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการคาร์บอนไนซ์ และเวลาในการเผา ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของถ่านกัมมันต์	94

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

Ads.	= การดูดซับ (adsorption)
g/cm^3	= กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (gram / cubic centimeter)
hr	= ชั่วโมง (hour)
I.R	= อัตราส่วนในการแช่ (impregnation ratio)
min.	= นาที (minute)
m^2/g	= ตารางเมตรต่อกรัม (square meter / gram)
mg/g	= มิลลิกรัมต่อกรัม (milligram / gram)
S.A	= พื้นที่ผิว (surface area)