

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
คำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ความสัมพันธ์ระหว่างสีกับโครงสร้างของโมเลกุล.....	6
การย้อมสี.....	8
กระบวนการฟอกย้อม.....	12
ประเภทของเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม.....	12
การกำจัดสีย้อมในน้ำเสียจากการย้อมผ้า.....	20
การดูดซับ.....	21
การศึกษาค่าเทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับ.....	28
ถ่านกัมมันต์.....	29
วัตถุดิบที่ใช้เตรียมถ่านและถ่านกัมมันต์.....	34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	48
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	48
สารเคมีและวัสดุดูดซับ.....	48
การเตรียมถ่านและถ่านกัมมันต์.....	49
วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
ผลการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้.....	56
ผลการศึกษา pH และอุณหภูมิในการดูดซับสีย้อม.....	59
ผลการศึกษาเวลา และอุณหภูมิในการดูดซับสีย้อม.....	64
ผลการศึกษาความเข้มข้น และอุณหภูมิในการดูดซับสีย้อม.....	69
ผลการศึกษาไอโซเทอม และอุณหภูมิในการดูดซับสีย้อม.....	79
ผลการศึกษาเทอร์โมไดนามิกส์ในการดูดซับสีย้อม.....	108
5 บทสรุป.....	114
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	114
ข้อเสนอแนะ.....	121
บรรณานุกรม.....	123
ภาคผนวก.....	131
ภาคผนวก ก ตัวอย่างภาพถ่ายของวัตถุดิบและตัวดูดซับ.....	132
ภาคผนวก ข การหาความยาวคลื่นสูงสุด (Maximum curve).....	135
ภาคผนวก ค การสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve).....	137
ภาคผนวก ง การคำนวณค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (Detection limit).....	139
ภาคผนวก จ การหาค่าร้อยละของการกลับคืน (% Recovery).....	144
ภาคผนวก ฉ วิธีการคำนวณ.....	150
ประวัติผู้วิจัย.....	155

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงสีที่เห็นเมื่อมีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ.....	6
2 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมประเภทต่าง ๆ และชนิดของเส้นใยที่เหมาะสมกับ สีย้อมแต่ละประเภท.....	11
3 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์.....	14
4 ค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วของกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อมเปรียบเทียบ กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม.....	16
5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของถ่านและถ่านกัมมันต์ และเปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่ได้.....	56
6 ค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) ของถ่านและถ่านกัมมันต์.....	59
7 ค่าคงที่ของ Langmuir Isotherm ในการดูดซับสีเหลือง.....	102
8 ค่าคงที่ของ Freundlich Isotherm ในการดูดซับสีเหลือง.....	102
9 ค่าคงที่ของ Langmuir Isotherm ในการดูดซับสีแดง.....	104
10 ค่าคงที่ของ Freundlich Isotherm ในการดูดซับสีแดง.....	104
11 ค่าคงที่ของ Langmuir Isotherm ในการดูดซับสีน้ำเงิน.....	106
12 ค่าคงที่ของ Freundlich Isotherm ในการดูดซับสีน้ำเงิน.....	106
13 ค่า ΔG° , ค่า ΔH° และค่า ΔS° ในการดูดซับสีเหลือง.....	109
14 ค่า ΔG° , ค่า ΔH° และค่า ΔS° ในการดูดซับสีแดง.....	110
15 ค่า ΔG° , ค่า ΔH° และค่า ΔS° ในการดูดซับสีน้ำเงิน.....	111
16 ข้อมูลการสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve).....	138
17 ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์และสารละลายมาตรฐานสีเหลือง.....	141
18 ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์และสารละลายมาตรฐานสีแดง.....	142
19 ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์และสารละลายมาตรฐานสีน้ำเงิน.....	143
20 ตัวอย่างเกณฑ์การยอมรับ % Recovery สำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำทิ้ง.....	146
21 แสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างในการดูดซับสีย้อมสีเหลือง.....	147
22 แสดงค่า % Recovery ในการดูดซับสีย้อมสีเหลือง.....	147
23 แสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างในการดูดซับสีย้อมสีแดง.....	148
24 แสดงค่า % Recovery ในการดูดซับสีย้อมสีแดง.....	148

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

25 แสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างในการดูดซับสีย้อมสีน้ำเงิน.....	149
26 แสดงค่า % Recovery ในการดูดซับสีย้อมสีน้ำเงิน.....	149



บัญชีภาพ

ภาพ

หน้า

1	โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมรีแอกทีฟที่มีโครโมฟอร์เป็นประเภทไอโซ.....	10
2	สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย....	17
3	สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ.....	18
4	สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าดัก.....	19
5	ไอโซเทอมแบบต่าง ๆ ของการดูดซับพื้นฐาน.....	24
6	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรอยด์ลิค.....	26
7	การไอโซเทอมที่เกิดการเบี่ยงเบนไปจากสมการของฟรอยด์ลิค.....	27
8	ไอโซเทอมของการดูดซับของสารละลายของสีโดยใช้คาร์บอนเป็นตัวดูดซับ.....	28
9	โครงสร้างของกราฟไฟท์.....	30
10	การเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำเข้าหาด่านกัมมันต์.....	34
11	ขั้นตอนการเตรียมด่านจากไมยราบยักษ์.....	49
12	ขั้นตอนการเตรียมด่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์.....	50
13	ภาพถ่าย SEM ของด่านและด่านกัมมันต์ที่เตรียมจากไมยราบยักษ์ เปลือกมังคุด และเมล็ดมะขาม เปรียบเทียบกับด่านกัมมันต์มาตรฐาน.....	58
14	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีเหลือง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C.....	60
15	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีเหลือง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C.....	60
16	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีเหลือง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C.....	61
17	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีแดง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C.....	61
18	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีแดง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C.....	62
19	ปริมาณการดูดซับของการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีแดง ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C.....	62

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ

หน้า

45 ปริมาณการดูดซับของการศึกษาความเข้มข้น ในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีน้ำเงิน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C.....	76
46 เปอร์เซ็นต์การดูดซับของการศึกษาความเข้มข้น ในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีน้ำเงิน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C.....	77
47 ปริมาณการดูดซับของการศึกษาความเข้มข้น ในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีน้ำเงิน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C.....	77
48 เปอร์เซ็นต์การดูดซับของการศึกษาความเข้มข้น ในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีน้ำเงิน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C.....	78
49 ปริมาณการดูดซับของการศึกษาความเข้มข้น ในการดูดซับสารละลายสีย้อม สีน้ำเงิน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C.....	78
50 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีเหลือง.....	80
51 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีเหลือง.....	80
52 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีแดง.....	81
53 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีแดง.....	81
54 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีน้ำเงิน.....	82
55 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดูดซับสีน้ำเงิน.....	82
56 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีเหลือง.....	83
57 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีเหลือง.....	83
58 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีแดง.....	84
59 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีแดง.....	84
60 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีน้ำเงิน.....	85
61 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านไมยราบยักษ์ ดูดซับสีน้ำเงิน.....	85
62 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีเหลือง.....	86
63 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีเหลือง.....	86
64 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีแดง.....	87
65 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีแดง.....	87

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
66 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีน้ำเงิน.....	88
67 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเปลือกมังคุด ดูดซับสีน้ำเงิน.....	88
68 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีเหลือง.....	89
69 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีเหลือง.....	89
70 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีแดง.....	90
71 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีแดง.....	90
72 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีน้ำเงิน.....	91
73 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านเมล็ดมะขาม ดูดซับสีน้ำเงิน.....	91
74 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีเหลือง.....	92
75 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีเหลือง.....	92
76 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีแดง.....	93
77 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีแดง.....	93
78 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีน้ำเงิน.....	94
79 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ดูดซับสีน้ำเงิน.....	94
80 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีเหลือง.....	95
81 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีเหลือง.....	95
82 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีแดง.....	96
83 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีแดง.....	96
84 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีน้ำเงิน.....	97
85 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เปลือกมังคุด ดูดซับสีน้ำเงิน.....	97
86 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีเหลือง.....	98
87 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีเหลือง.....	98
88 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีแดง.....	99
89 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีแดง.....	99
90 ผลการศึกษา Langmuir Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีน้ำเงิน.....	100
91 ผลการศึกษา Freundlich Isotherm ของถ่านกัมมันต์เมล็ดมะขาม ดูดซับสีน้ำเงิน.....	100

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
92 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง $1/T$ และ $\ln K$ ในการดูดซับสีเหลือง.....	109
93 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง $1/T$ และ $\ln K$ ในการดูดซับสีแดง.....	110
94 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง $1/T$ และ $\ln K$ ในการดูดซับสีน้ำเงิน.....	111
95 ภาพถ่ายของวัตถุดิบและถ่านจากไมยราบยักษ์ เปลือกมังคุด และเมล็ดมะขาม.....	133
96 ภาพถ่ายของเม็ดถ่านไมยราบยักษ์ เปลือกมังคุด และเมล็ดมะขาม.....	134
97 ความยาวคลื่นสูงสุดของสีย้อมรีเอกทีฟ.....	136
98 กราฟมาตรฐานของสีย้อมรีเอกทีฟ.....	138

