

ขนาดรูปเล่มที่เหมาะสมของด้านกัมมันต์เม็ด
สำหรับการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานย้อมผ้า



นายฉวีรัตน์ ประยูรพรหม

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-922-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Optimum Pore Sizes of Granular
Activated Carbon for Colour
Removal form Dye wastewaters**



MR.VOJSIRA PRAYURNPROHM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School**

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-634-922-8

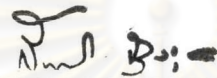
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ขนาดรูปทรงที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดสำหรับการกำจัดสีจากน้ำเสีย
โรงงานย้อมผ้า

โดย นายจณัฏฐ์ ประยูรพรหม

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ อุสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



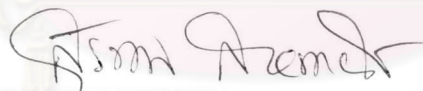
.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอด)



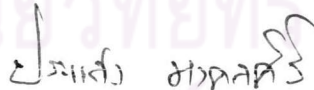
.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)



.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ)



วจน์สิริ ประยูรพรหม : ขนาดรูพรุนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กสำหรับการกำจัดสี
จากน้ำเสียโรงงานย้อมผ้า (Optimum Pore Sizes of Granular Activated Carbon for
Colour Removal from Dye wastewaters) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 227 หน้า
ISBN 974-634-922-8

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการกำจัดสี โดยใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กที่มีขนาดรูพรุนแตกต่างกัน 4 ค่าเป็นตัวดูดติดผิว ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อม 4 ประเภทได้แก่ สีรีแอกทีฟ สีไดเรกต์ สีอะโซอิก และสีดีสเพิส ทำการศึกษาระยะที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กเทียบกับน้ำเสียสีย้อมชนิดต่างๆ ทำการศึกษอิทธิพลความเข้มข้นของสีรวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไอโอดีนนัมเบอร์และโมลาสนัมเบอร์ที่มีต่อการกำจัดสี น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ นำมาผ่านถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กทั้งในแบบแบตช์โดยอาศัยการเขย่าและแบบต่อเนื่องโดยอาศัยการไหลผ่านคอลัมน์สูง 2 เมตร ที่มีชั้นถ่านสูง 1 เมตร และมีอัตราการไหล 5 ปริมาตรเบดต่อชั่วโมง

ผลการทดลองปรากฏว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีแปรผันตามไอโอดีนนัมเบอร์ เช่นเดียวกันกับโมลาสนัมเบอร์ เวลาอิ่มตัวของการดูดติดผิวแตกต่างกันไปตามประเภทสีย้อมและโทนสี ปรากฏค่าพีเอชเหมาะสมของการดูดติดเป็นช่วงสำหรับสีย้อมแต่ละชนิด ผลจากฟรอนต์ลิชไอโซเทอร์มแสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กที่มีขนาดรูพรุนใหญ่ที่สุด (18.9368 \AA) ให้ผลดีที่สุดในการกำจัดสี ค่าความเข้มข้นสีสูงที่สุดให้ค่าความจุการดูดติดผิวมากที่สุดในการกำจัดสีทุกชนิด ภาวะที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กสำหรับกำจัดสีรีแอกทีฟและสีไดเรกต์อยู่ในช่วง 265-860 ปริมาตรเบด ส่วนสีอะโซอิกและสีดีสเพิสเกิดการอุดตันขณะทดสอบ ไม่สามารถบอกค่าภาวะที่เหมาะสมได้ การใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กกำจัดสีเหมาะสมสำหรับสีรีแอกทีฟและสีไดเรกต์ ส่วนสีอะโซอิกและสีดีสเพิสเกิดการอุดตันรวมถึงมีค่าสีในน้ำเสียออกสูง ต้นทุนโดยสังเขปราคาถ่านกัมมันต์เม็ดเล็กในการกำจัดสีประมาณ 90 บาทต่อ 1 ลบ.ม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต วจน์สิริ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C617682: MAJOR SANITARY ENGINEERING

KEY WORD: COLOUR/ PORE SIZES/ GRANULAR ACTIVATED CARBON/ COLOUR REMOVAL/ DYE WASTEWATERS

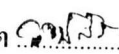
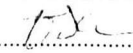
VOJSIRA PRAYURNPROHM : OPTIMUM PORE SIZES OF GRANULAR ACTIVATED CARBON FOR COLOUR REMOVAL FROM DYE WASTEWATERS.

THESIS ADVISOR : PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph.D. 227pp. ISBN974-634-922-8

This study is the comparison of the results of the colour removal by using GAC with four different pore sizes as adsorbent. The study has been made on the efficiency of the colour removal of four types of dyes, i.e. reactive dye, direct dye, azoic dye and disperse dye. The suitable loading of GAC comparing with various types of dye wastewaters have been studied. The effect of colour saturation as well as the relation of iodine number and molasses number required for colour removal by using GAC have also been studied. Dye wastewaters used is the synthetic dye wastewaters. Dye wastewaters is brought to pass through GAC both in batch test by employing shaking and in the continuous test by employing column two meters high with one meter GAC height and flow rate of five bed volume per hour.

The result shows that colour removal efficiency vary according to iodine number as happens in the case of molasses number. The saturation time periods of the adsorption differ according to types and colour tones of dyes. It appears to have range of suitable pH values for each type and colour tone of dyes. As a result of Freundlich isotherm show that the largest pore size GAC (18.9368 \AA^0) gives the best result in colour removal. Highest saturation value provides best adsorptive capacity in colour removal for all kinds of dyes. The loading of GAC for reactive dye and direct dye are in the range of 265 to 860 bed volume. For azoic dye and disperse dye, clogging is experienced while testing. Therefore, loading of GAC cannot be shown. It is suitable to use GAC for reactive dye and direct dye. For azoic dye and disperse dye, there are clogging and high colour value in outlet wastewater. Initial cost for using GAC in colour removal would be 90 bath per cubic meter.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด เป็นผลสำคัญให้วิทยานิพนธ์นี้เกิดขึ้นและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช รองศาสตราจารย์ ดร.พีรवरณ พันธุมนาวิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ และอาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนศรี ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่อการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ในบางส่วน ขอขอบคุณกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณบริษัท คาร์โบกาญจน์ จำกัด และบริษัท ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างและสารเคมีบางชนิด ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องรวมถึงเจ้าหน้าที่ในภาควิชาทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือมาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่มีพระคุณอย่างสูงสุด และขอขอบพระคุณพี่ๆ ที่ให้ความกรุณาอย่างสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญรูป.....	ณ

บทที่	หน้า
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎี.....	4
3. การตรวจเอกสาร.....	35
4. การวางแผนและวิธีดำเนินการทดลอง.....	39
5. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	60
6. สรุปผลการทดลอง.....	154
รายการอ้างอิง.....	158
ภาคผนวก.....	160
ประวัติผู้เขียน.....	227

ศูนย์วิทยุทันตวิทยา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 โทนสีสำหรับช่วงความยาวคลื่นเด่นของแสงต่างๆ.....	20
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดเอ.....	42
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดบี.....	42
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดซี.....	43
4.3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดดี.....	43
5.1.1 ผลการวัดไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดเอ.....	61
5.1.2 ผลการวัดไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดบี.....	61
5.1.3 ผลการวัดไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดซี.....	61
5.1.4 ผลการวัดไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดดี.....	61
5.2.1 ผลการวัดโมลาสนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดเอ.....	64
5.2.2 ผลการวัดโมลาสนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดบี.....	64
5.2.3 ผลการวัดโมลาสนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดซี.....	65
5.2.4 ผลการวัดโมลาสนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดดี.....	65
5.4.1 ค่าความจุการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์เม็ดทั้ง 4 ชนิด.....	139
5.5.1 สรุปผลการทดสอบแบบต่อเนื่อง.....	153
ผ.1 ขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดเอ.....	161
ผ.2 ขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดบี.....	162
ผ.3 ขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดซี.....	163
ผ.4 ขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดดี.....	164
ผ.5 ขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณของสีที่ถูกดูดติด.....	165
ผ.6 ค่าความแปรปรวนของฟรอนคลิชไอโซเทอร์ม.....	166

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1 ภาพตัดด้านกัมมันต์เม็ด.....	7
2.2 กระบวนการฟื้นฟูสภาพของด้านกัมมันต์.....	10
2.3 กราฟเบรคทรูสำหรับด้านกัมมันต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของ MTZ.....	13
2.4 รูปแบบฟรอนคลิชไอโซเทอร์ม.....	15
2.5 แถบแสงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแถบแสงสีที่มองเห็นได้.....	20
2.6 การผสมเชิงบวกของแสงสี(light).....	22
2.7 การผสมเชิงลบของสารสี(pigment).....	22
2.8 ทฤษฎีสามเหลี่ยมแมกเวลล์.....	25
2.9 สามเหลี่ยม XYZ ที่พัฒนามาจากสามเหลี่ยมแมกซ์เวลล์.....	25
2.10 ทินโทมิเตอร์และยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....	28
2.11 รูปกราฟการเปลี่ยนค่าหน่วยสีต่างๆ ให้อยู่ในหน่วย CIE.....	28
2.12 รูปกราฟการหาความหนาแน่นทางสายตา.....	29
2.13 แผนภาพสี(Chromaticity diagram).....	32
2.14 รูปรีของอาดัมส์ที่ให้ความรู้สึกเท่ากัน.....	33
2.15 รูปรีที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นวงกลมสำหรับการวัดสีใน Chromaticity diagram.....	33
4.3.1 แผนภาพของคอลัมน์ที่ใช้ทดสอบ.....	40
4.3.2 รูปภาพแสดงรายละเอียดของคอลัมน์.....	41
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของด้านกัมมันต์เม็ดชนิดเอ.....	43
4.3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของด้านกัมมันต์เม็ดชนิดบี.....	43
4.3.5 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของด้านกัมมันต์เม็ดชนิดซี.....	44
4.3.6 ผลการวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงของด้านกัมมันต์เม็ดชนิดดี.....	44
4.4.1 แผนภาพการวัด ไอโอดีนนัมเบอร์.....	48
4.4.2 แผนภาพการวัด โมลาสนัมเบอร์.....	50
4.4.3 แผนภาพการหาเวลาอิมตัวของสีข้อมบนด้านกัมมันต์เม็ดแต่ละชนิด.....	52
4.4.4 แผนภาพการหาพีเอชเหมาะสม.....	54
4.4.5 แผนภาพการทดสอบแบบเบดซ์เพื่อหาด้านกัมมันต์เม็ดที่ให้ผลดี.....	55
4.4.6 แผนภาพการทดสอบแบบเบดซ์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลความเข้มข้นของสี.....	57

4.4.7 แผนภาพการทดสอบแบบต่อเนื่อง.....	59
5.1 ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดทั้ง 4 ชนิด.....	62
5.2 ค่าโมลาสนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดทั้ง 4 ชนิด.....	62
5.3.1 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน.....	67
5.3.2 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟเหลือง.....	68
5.3.3 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟแดง.....	70
5.3.4 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีไครเรคต์สการ์เล็ต.....	71
5.3.5 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีไครเรคต์น้ำเงิน.....	72
5.3.6 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีไครเรคต์เหลือง.....	74
5.3.7 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีอะโซอิกแดง.....	75
5.3.8 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีคิสเพิสแดง.....	76
5.3.9 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีคิสเพิสน้ำเงิน.....	78
5.3.10 การทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีคิสเพิสเหลือง.....	79
5.3.11 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน.....	81
5.3.12 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีรีแอกทีฟเหลือง.....	82
5.3.13 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีรีแอกทีฟแดง.....	83
5.3.14 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีไครเรคต์สการ์เล็ต.....	84
5.3.15 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีไครเรคต์น้ำเงิน.....	85
5.3.16 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีไครเรคต์เหลือง.....	87
5.3.17 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีอะโซอิกแดง.....	88
5.3.18 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีคิสเพิสแดง.....	89
5.3.19 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีคิสเพิสน้ำเงิน.....	90
5.3.20 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของสีคิสเพิสเหลือง.....	91
5.3.21 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีรีแอกทีฟน้ำเงิน.....	93
5.3.22 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีรีแอกทีฟเหลือง.....	94
5.3.23 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีรีแอกทีฟแดง.....	95
5.3.24 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีไครเรคต์สการ์เล็ต.....	96
5.3.25 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีไครเรคต์น้ำเงิน.....	97
5.3.26 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีไครเรคต์เหลือง.....	98
5.3.27 ค่าโมลาสนัมเบอร์และไอโอดีนนัมเบอร์กับการกำจัดสีอะโซอิกแดง.....	99

ของสีร้อยละ 25,50,75และ100	136
5.4.20 ฟรุณฑลชีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดคึกกับสีคีสเพิสเหลืองที่ความเข้มข้น ของสีร้อยละ 25,50,75และ100	138
5.5.1 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน(ค่าสีเริ่มต้น=3390เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	141
5.5.2 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีรีแอกทีฟเหลือง(ค่าสีเริ่มต้น=2927เอดีเอ็ม ไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	142
5.5.3 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีรีแอกทีฟแดง(ค่าสีเริ่มต้น=4997เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	143
5.5.4 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีไคเรกต์สการ์เล็ด (ค่าสีเริ่มต้น=5286เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	144
5.5.5 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีไคเรกต์น้ำเงิน (ค่าสีเริ่มต้น=7209เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	146
5.5.6 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีไคเรกต์เหลือง (ค่าสีเริ่มต้น=18094เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	147
5.5.7 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีอะโซอิกแดง (ค่าสีเริ่มต้น=1044เอดีเอ็มไอ) โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	148
5.5.8 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีคีสเพิสแดง (ค่าสีเริ่มต้น=803เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	149
5.5.9 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีคีสเพิสน้ำเงิน (ค่าสีเริ่มต้น=921เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	151
5.5.10 การทดสอบแบบต่อเนื่องของสีคีสเพิสเหลือง (ค่าสีเริ่มต้น=2133เอดีเอ็มไอ)โดยใช้ ถ่านกัมมันต์ชนิดคึก.....	152
ผ.1 ฟรุณฑลชีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิดกับสีรีแอกทีฟน้ำเงิน บนกราฟมาตรฐานปรกติ	167
ผ.2 ฟรุณฑลชีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิดกับสีรีแอกทีฟแดง บนกราฟมาตรฐานปรกติ	168
ผ.3 ฟรุณฑลชีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิดกับสีรีแอกทีฟเหลือง บนกราฟมาตรฐานปรกติ	169
ผ.4 ฟรุณฑลชีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิดกับสีไคเรกต์สการ์เล็ด	

ของสี่ร้อยละ 25,50,75และ100 225

ผ.60 ปีอีทีไอโซเทอร์มของถ่านกัมมันต์เม็ดชนิดดีกับสปีดพิเศษเหลือถึงความเข้มข้น
 ของสี่ร้อยละ 25,50,75และ100..... 226



ศูนย์วิทยพัทยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย