บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การดำเนินงานวิจัย กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและงานวิเคราะห์บางส่วนใช้บริการของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการทดลองนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์และการทดลองแบบ Batch

3.1.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

- <u>ตัวแปรอิสระ</u>

: ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเรซิน

: ชนิดของสีย้อม

: ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์

- <u>ตัวแปรตาม</u>

: ขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซิน

: ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

- <u>ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่ในการทดลอง</u>

: ขนาดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้ในการทดลอง

: ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

: เวลาที่ใช้ในการทดลอง

: การปรับสภาพวัสดุด้วยวิธีทางเคมี

: ความเร็วรอบในการกวนที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การศึกษาลักษณะพื้นผิว การศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุ การศึกษาความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน การทดลองเปรียบเทียบผลของการแลกเปลี่ยนตามค่าตัวแปรที่กำหนด

รูปแบบการทดลองประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมขั้นต้น ประกอบด้วย

- การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง โดยเก็บวัดุที่ใช้ในการทดลองจากที่ต่างๆคือ ชานอ้อยนำมาจากโรงงานผลิตน้ำตาลจากจังหวัดสุพรรณบุรี ผักตบชวานำมาจากคลองริมหมู่บ้านการเคหะบริเวณถนนสุขาภิบาล และ เส้นใยลูกปาล์มนำมาจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มจังหวัดตรัง แล้วนำมาทำความสะอาดและบดให้ได้ขนาดที่ต้องการ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 0.17 มม.) ดังรูปที่ 3.1

- การเตรียมสารเซลลูโลสจาก ชานอ้อย ผักตบชวา และ เส้นใยลูกปาล์ม โดยแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ Untreated Cellulose และ Quaternized Cellulose

2. การศึกษาลักษณะพื้นผิวของวัสดุ

- ศึกษาลักษณะพื้นผิวของชานอ้อย ผักตบชวา และ เส้นใยลูกปาล์มทั้งสองชนิด ด้วยกล้องจุลทัศน์อิเลคตรอนแบบสแกน(ScanningElectron Microscope ,SEM) *

3. การศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุ

- ศึกษาโครงสร้างของวัสดุทั้งสองชนิดก่อน และ หลังการกำจัดสีด้วย เครื่องอินฟาเรดเสปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infared Spectrometer , FTIR) *

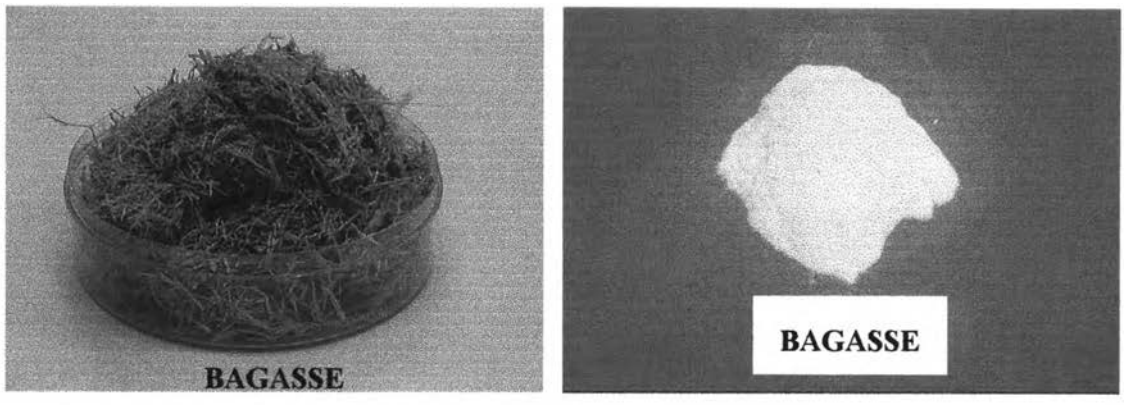
4. การศึกษาขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเซลลูโลส

5. การเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนตามค่าตัวแปรในตารางที่ 3.1

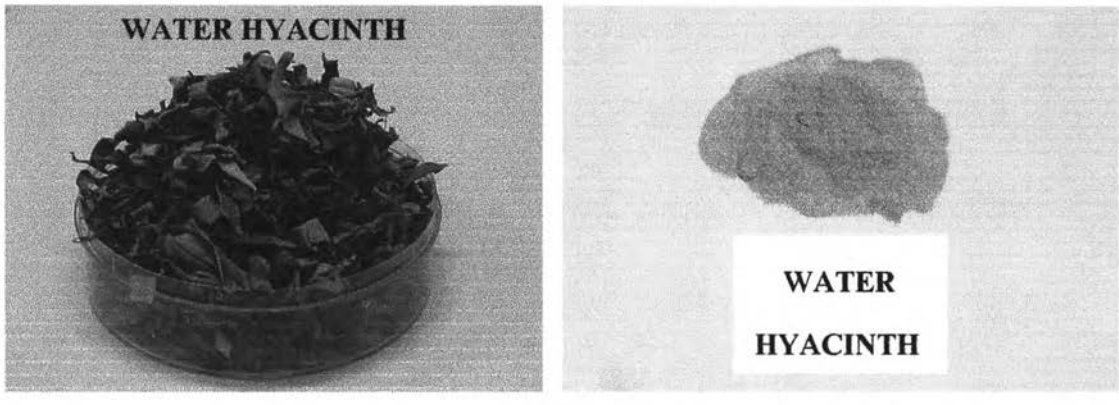
* เครื่องมือชนิดนี้ต้องใช้บริการของศูนย์เครื่องมือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเนื่องจากทางภาควิชาไม่มีเครื่องมือ

3.1.3 .<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

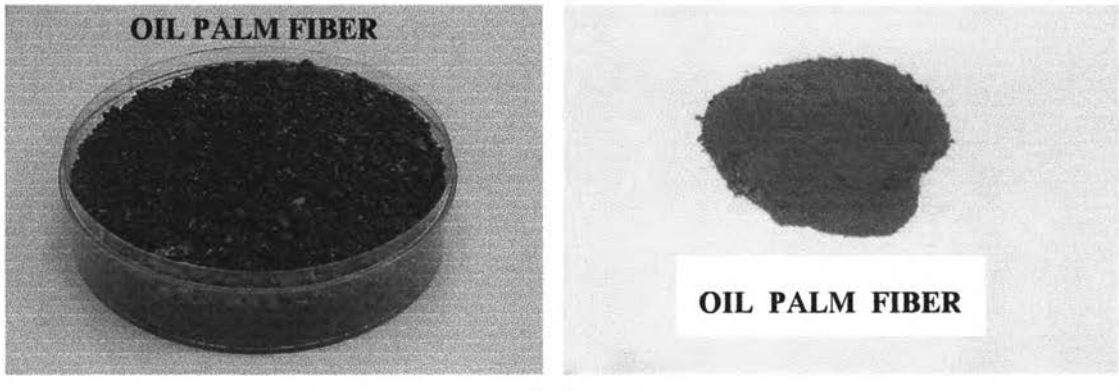
- บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
- เครื่องกวน (ชุด Jar Test)
- เครื่องวัดพีเอช
- เครื่องบดวัสดุ
- เครื่องคัดแยกขนาด



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 3.1 วัสดุทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง เมื่อยังไม่ได้ปรับสภาพก่อนบด(ซ้าย) และหลังบด(ขวา)
(a) ชานอ้อย (b) ผักตบชวา และ (c) เส้นใยลูกปาล์ม

ตาราง 3.1 แสดงตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปร	พารามิเตอร์
- ตัวแปรอิสระ	
1. ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเรซิน	- ชานอ้อย
	- ผักตบชวา
	- เส้นใยลูกปาล์ม
2. ชนิดของสีย้อม	- Reactive Dye
	: Remazol Black B
	: Remazol Billiant Blue
	: Remazol Red 3BS
	- Direct Dye
	: Best Direct Black B
	: Sirus Blue KFCN
	: Sirus Rubine KZBL
3. ความเข้มข้นของสารละลายสี	- 10 mg/l
	- 20 mg/l
	- 30 mg/l
- ตัวแปรคงที่	
1. ขนาดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้ในการทดลอง	- Ø < 0.17 mm
2. ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง	- 0.5 ลิตร
3. เวลาที่ใช้ในการทดลอง	90 นาที
4. การปรับสภาพวัสดุด้วยวิธีทางเคมี	Quarternizing – Crosslinking
5. ความเร็วรอบในการกวนที่ใช้ในการทดลอง	120 รอบ/นาที
- ตัวแปรตาม	
1. ลักษณะของน้ำที่ผ่านการบำบัด	- ค่าสีของสารละลายสี (SU)
2. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของวัสดุ	- % Removal

- เครื่องชั่งสารเคมี
- เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
- เตาอบวัสดุ
- กระดาษกรองใยแก้ว
- Quazt Cell สำหรับเครื่องวัดสเปคโตรโฟโตรมิเตอร์

3.1.4 .<u>สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง</u>

- สาร Quaternized : N-(3-Chloro-2-hydroxypropane) Trimethylammonium Chloride [CHMAC ; $C_8H_{15}Cl_2NO$] (สั่งซื้อจากต่างประเทศ)
- สารสร้างพันธะ : Epichlorohydrin (1-chloro-2,3-epoxypropane) (สั่งซื้อจากต่างประเทศ)
- โซเดียมคลอไรด์
- โซเดียมคาร์บอเนต
- กรดไฮดรอคลอริค
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- สีย้อม

: สีรีแอคทีฟ (Remazol Black B, Remazol Billiant Blue, Remazol Red 3BS)

: สีไดเรกซ์ (Best Direct Black B, Sirus Blue KCFN, Sirus Rubine KZBL)

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1. การเตรียมสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนและน้ำเสียสังเคราะห์

1. <u>เตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง</u>

นำชานอ้อย ผักตบชวา และเส้นใยลูกปาล์ม ล้างด้วยน้ำหลายๆครั้งตากแดดให้แห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดและคัดขนาดด้วยตะแกรงเบอร์ 80 (Sieve Opening 0.177 mm)

2. การเตรียม Untreated Cellulose (Laszlo. 1996)

นำวัสดุที่คัดขนาดแล้วมาแช่สารละลาย NaCl 1% (W/V) และ Na_2CO_3 1% (W/V) เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากอิออน หลังจากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 40°C

3. การเตรียม Crosslinked-Quaternized Cellulose (Laszlo, 1996)

3.1 นำวัสดุจำนวน 1g มาปรับสภาพด้วย NaOH 5 N 1.25 มิลลิลิตร แล้วอัดลงก้นบีกเกอร์ เพื่อให้สารละลายผ่านเข้าไปได้ง่ายขึ้น แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3.2 เติม 4.0 mmol CHMAC 1.0 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำส่วนผสมไปอัดลงก้นบีกเกอร์อีกครั้งหนึ่ง ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที

3.3 นำไปตั้งไว้ในWater Bath เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.4 นำวัสดุที่มาเติมน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีพีเอช 2.0 ด้วย กรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้น กวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

3.5 กรองวัสดุที่เตรียมได้ออกจากสารละลาย ล้างด้วยน้ำที่ปราศจากอิออน แล้วนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิห้อง 60° C

3.6 เตรียม 5 N NaOH 1.2 มิลลิลิตร (6 มิลลิกรัมต่อกรัมเรซิน) และ Epicholohydrin 0.324 มิลลิลิตร (3 มิลลิโมล) เติมลงในวัสดุ ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

3.7 นำมาปรับสภาพด้วยกรด ล้าง และทำให้แห้งดังขั้นตอน 3.4 ถึง 3.6

4 การเตรียมน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

1.น้ำเสียที่มีปริมาณสีย้อม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำสารละลายสีเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร แล้วเจือจางให้มีปริมาตรสุดท้าย 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.น้ำเสียที่มีปริมาณสีย้อม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วทำให้มีปริมาตรสุดท้าย 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.น้ำเสียที่มีความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรmg/l จำนวน 300 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วทำให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีที่มีความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2.2. การศึกษาลักษณะพื้นผิววัสดุ

นำวัสดุที่เตรียมไว้ทั้ง 2 ชนิดไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทัศน์อิเลคตรอนแบบสแกน เพื่อดูพื้นผิว ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3.การศึกษาลักษณะโครงสร้างวัสดุ

นำวัสดุที่เตรียมไว้ทั้ง 2 ชนิดไปตรวจด้วยเครื่องอินฟาเรดเสปกโตรมิเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันนอลในโครงสร้าง ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4.การหาขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของวัสดุ

1.นำน้ำเสียสังเคราะห์วัดค่าสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตรมิเตอร์ โดยวิธี SU เป็นค่าสีก่อนการทดลอง

2.นำน้ำที่ทราบค่าสีแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาณ 0.5 ลิตร

3.นำ Crosslinked-Quaternized Cellulose 1 กรัม ใส่ในสารละลายแล้วกวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 90 นาที

4.กรองวัสดุออกแล้วนำสารละลายสีที่เหลือไปวัดค่าสีด้วยSpectrophotometerโดยวิธี SU เป็นค่าสีหลังการทดลอง แล้วหา % การกำจัดสี

3.2.5.การเปรียบเทียบผลของการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินแต่ละชนิดโดยการเปลี่ยนค่าตัวแปร

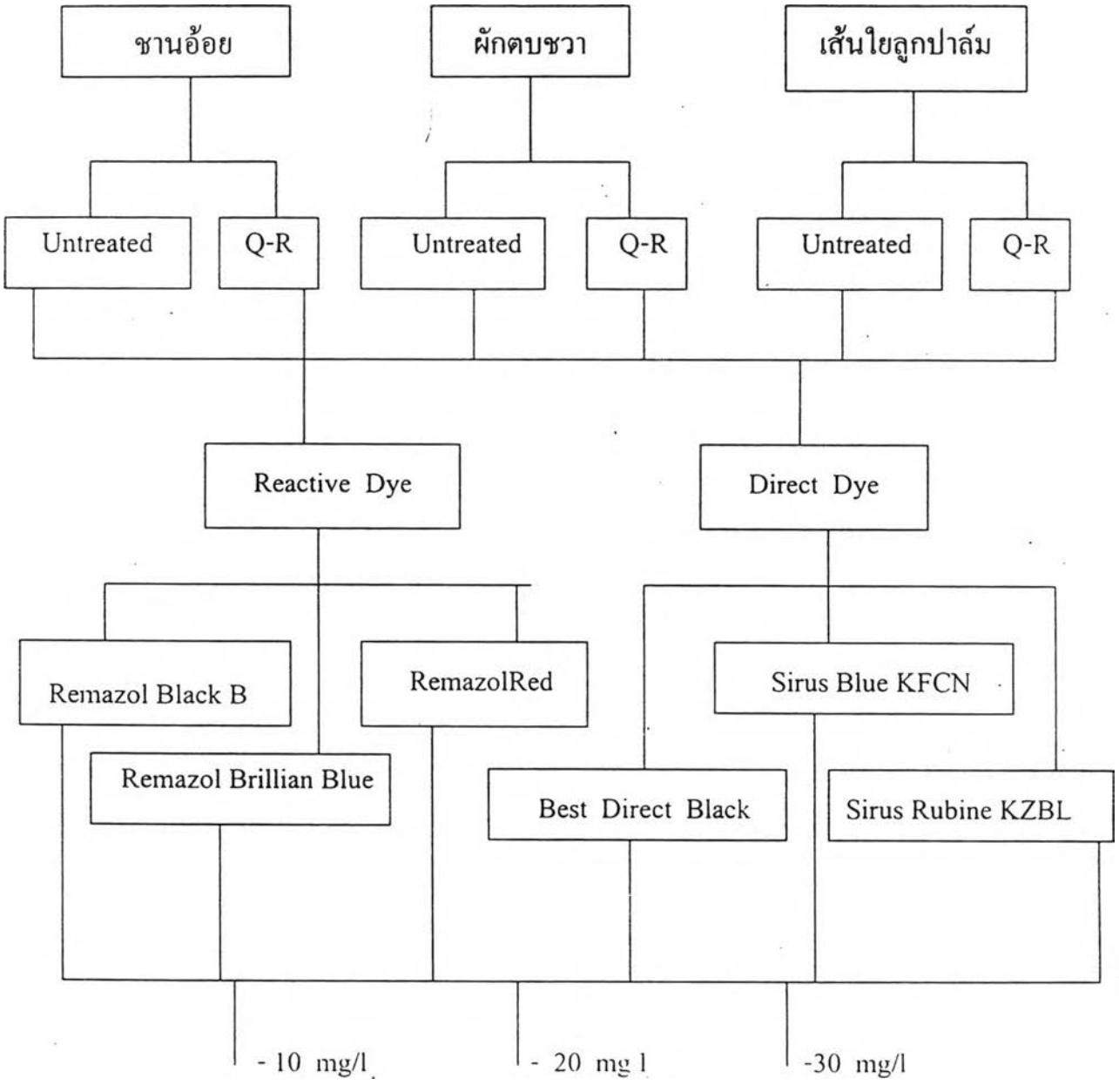
1.นำบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ใส่น้ำเสียที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร(mg/l) ปริมาณ 0.5 ลิตร จำนวน 6 บีกเกอร์ แล้วใส่ชานอ้อย ผักตบชวา และ เส้นใยลูกปาล์ม ที่ยังไม่ผ่านการปรับสภาพ และ ชนิดCrosslinked-Quaternized Cellulose ของวัสดุทั้งสามชนิดใส่ลงในบีกเกอร์ที่ 1-6 ตามลำดับ

2.นำแต่ละบีกเกอร์กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3.กรองวัสดุออก นำสารละลายสีที่เหลือไปวัดค่าสีและพีเอช

4.เปรียบเทียบผลที่ได้จากแต่ละบีกเกอร์

5.ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-4 โดยแปรค่าความเข้มข้นของสี และ ชนิดของสี ดังแสดงในแผนผังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการแปรตัวแปรต่างๆในการทดลองของวัสดุทั้ง 3 ชนิด