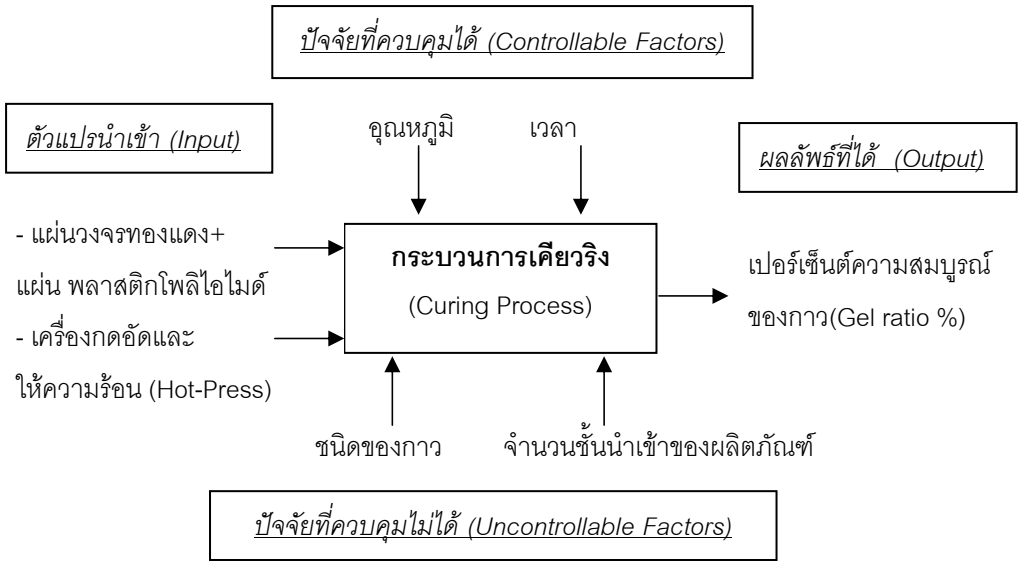
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การคัดเลือกปัจจัยที่จะศึกษาในกระบวนการเคียวริงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว

จากการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนเคียวริง (ภาพที่ 3-1) โดยพิจารณาจากกระบวนการปัจจุบันและจากการรวบรวมการค้นคว้าวิจัยของบริษัทรวมทั้งสิทธิบัตรต่างประเทศ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวอาจมีมากมาย แต่การคัดเลือกปัจจัยสำหรับการวิจัยนั้นจึงต้องเลือกเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์และให้มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานจริงมากที่สุดภายใต้ระยะเวลา และ ทรัพยากรที่มี



ภาพที่ 3.1
ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการเคียวริง

โดยปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวที่เลือกสำหรับการวิจัยได้แก่ อุณหภูมิ เวลา จำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ และชนิดของกาว โดยสำหรับกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้คือ อุณหภูมิและเวลา ส่วนชนิดของกาวซึ่ง

ลูกค้ากำหนด ได้พิจารณาให้เป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มจำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ในแต่รอบการทำงานอันจะเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตได้

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ถูกเลือกเพื่อทำการวิจัยจะพิจารณาตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

ตารางที่ 3.1
วัตถุประสงค์ของปัจจัยที่ถูกเลือกในการทำวิจัย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา	ปัจจัย			
	อุณหภูมิ	เวลา	จำนวนชั้นการนำเข้า	ชนิดของกาว
1.เพื่อศึกษาอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว (Gel Ratio %)	✓	✓	✓	✓
2.เพื่อหาระดับที่เหมาะสมเพื่อกำหนดสภาวะของกระบวนการ	✓	✓	✓	
3.เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการ		✓	✓	

ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ที่เลือกต้องผ่านการวิเคราะห์ว่ามีอิทธิพลต่อผลการตอบสนอง โดยการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization Design, CRD)

3.2 **การกำหนดระดับของปัจจัย** (Level)

สามารถกำหนดระดับของปัจจัยอ้างอิงจากสภาวะการผลิตในปัจจุบันซึ่งจะกำหนดไว้ที่ระดับกลาง ส่วนระดับสูงและระดับล่างได้จากการปรับเพิ่มขึ้นและลดลงของแต่ละปัจจัยอย่างละหนึ่งถึงสองระดับ การกำหนดระดับของปัจจัยหลักและปัจจัยที่ควบคุมในการทดลองนี้ จะกำหนดระดับของปัจจัย (Levels) เป็นแบบคงที่ (Fixed Level) เนื่องจากเป็นปัจจัยที่กำหนดค่าได้แน่นอน เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับสภาวะการผลิตในปัจจุบัน และหาสภาวะที่

เหมาะสม โดยช่วง (Range) ที่ศึกษาจะอาศัยความรู้ และงานวิจัยที่ศึกษามาช่วยในการตัดสินใจกำหนดระดับของปัจจัย กล่าวคือ ระดับสูง ได้จากการพิจารณาทฤษฎีและงานวิจัย, ระดับกลาง คือที่สภาวะปัจจุบันของการผลิต และ ระดับล่าง ได้จากการพิจารณาทฤษฎีและงานวิจัย

3.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) จะกำหนดตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว หรือ Gel Ratio% ซึ่งบ่งบอกสัดส่วนความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงของโมเลกุลโพลิเมอร์ในกาว (Cross Link) ถ้าเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวมีค่ามากหมายถึง โมเลกุลโพลิเมอร์ของกาวเกิดการเชื่อมโยงกันได้สมบูรณ์มาก ซึ่งการเชื่อมโยงคือการทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวของโมเลกุล

วิธีการ (Method) ในการวิเคราะห์ Gel Ratio% เป็นวิธีการมาตรฐานของบริษัทในปัจจุบัน ซึ่งจะอธิบายต่อไปในหัวข้อ 3.6

3.4 การออกแบบการทดลองเพื่อดำเนินการวิจัย

3.4.1 การออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยการออกแบบการทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์หรือการจำแนกทางเดียว (Complete Randomized Design; CRD หรือ One-Way ANOVA)

เพื่อทำการตรวจสอบปัจจัยที่เลือกทำการศึกษาในกระบวนการเคียวริงว่า มีอิทธิพลจริงต่อผลตอบสนองเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว อันเป็นการละลายพฤติกรรมของปัจจัย โดยใช้การวิเคราะห์ผลทางสถิติว่าด้วยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน นอกจากนี้เพื่อสามารถกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง โดยสามารถสรุปตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการพร้อมทั้งระดับที่เป็นไปได้

3.4.2 การวิเคราะห์กราฟความน่าจะเป็นแจกแจงปกติของผลกระทบของปัจจัยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

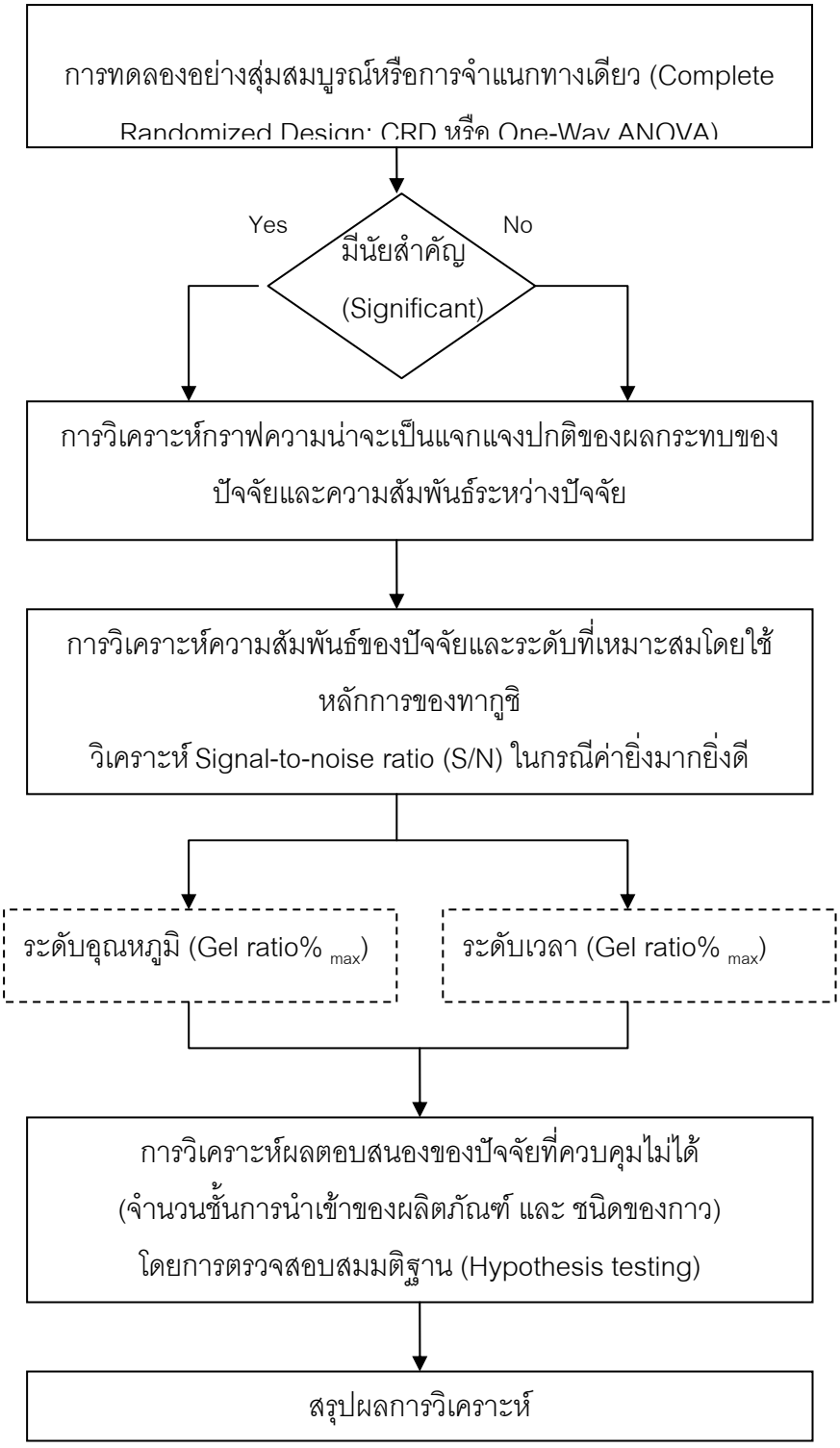
เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวรวมถึงผลกระทบร่วมเพื่อเป็นการยืนยันผลความมีนัยสำคัญของปัจจัย อันนำไปสู่การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป โดยทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^k ของปัจจัย อุณหภูมิ, เวลา, ชนิดของกาว และ จำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์

3.4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยและระดับที่เหมาะสมโดยใช้หลักการของทากูชิ

เพื่อเป็นการตัดสินใจการปรับเปลี่ยนระดับที่เกิดขึ้นของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ โดยทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย Signal-to-noise ratio (S/N) ในกรณีค่ายิ่งมากยิ่งดี ของปัจจัยอุณหภูมิ และเวลาที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว รวมทั้งวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวของปัจจัยอุณหภูมิและเวลา

3.4.4 การวิเคราะห์ผลตอบสนองของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว โดยปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ของการศึกษานี้ได้แก่ ชนิดของกาว และ จำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการการตรวจสอบสมมติฐานวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่อยู่ติดกัน ณ สภาวะที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทากูชิที่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวมีค่ามากที่สุด



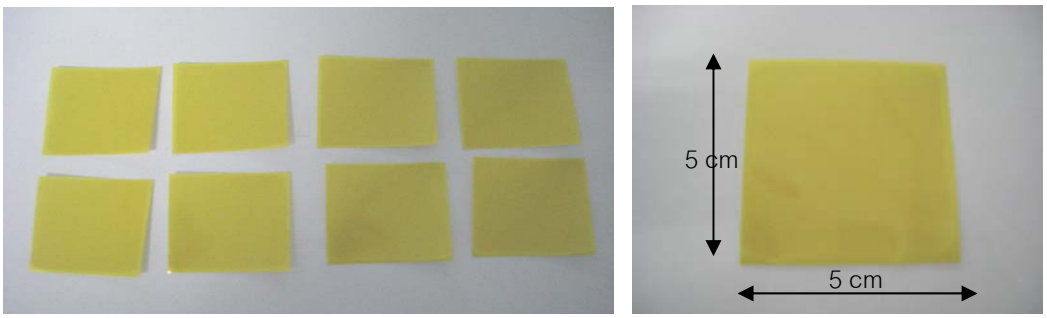
ภาพที่ 3.2
ขั้นตอนการออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์

3.5 การดำเนินการทดลอง

3.5.1 กระบวนการเคียวริง

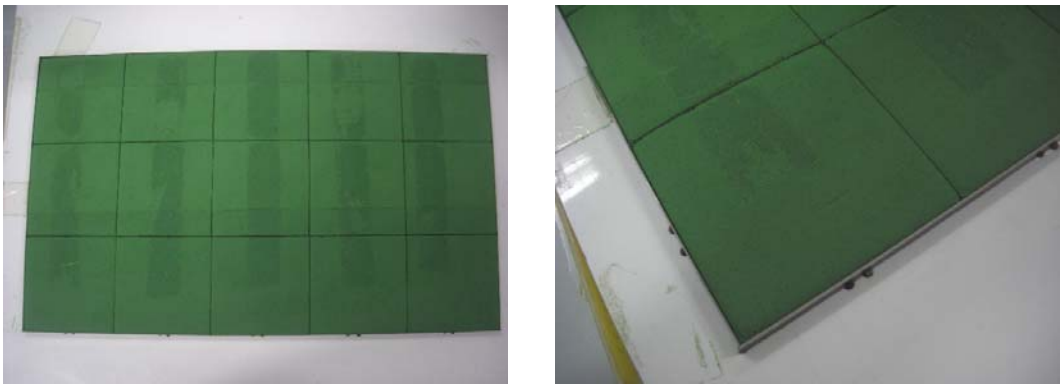
ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงสภาวะต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

1. เริ่มด้วยการเตรียมแผ่นพลาสติกฉนวน (Cover lay) ตัดแผ่น Cover lay ขนาด 5cm x 5cm เท่า ๆ กัน ดังภาพที่ 3.2 โดยใช้ VIC DIE ดังภาพที่ 3.3 ซึ่ง VIC DIE คือ DIE ที่สร้างขึ้นโดยใส่ฝังใบมีดลงบนแท่นไม้ตามรูปร่างที่ต้องการตัด ค่าความเผื่อของ VIC DIE มีค่าเท่ากับ 0.2 mm ทำให้ขนาดของแผ่นฉนวนที่ได้มีขนาดเท่า ๆ กัน ในทุกครั้งของการตัด



ภาพที่ 3.3

แผ่น Cover lay ขนาด 5cm x 5cm



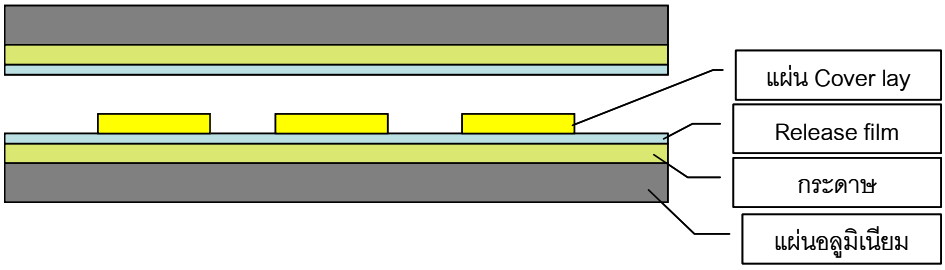
ภาพที่ 3.4

VIC DIE เพื่อตัดแผ่น Cover lay ขนาด 5cm x 5cm

2. นำไปผ่านกระบวนการเคียวริงโดยเครื่องให้ความร้อนและการกดอัดโดยเปลี่ยนแปลงสภาวะของกระบวนการของเครื่องตามแผนการทดลองที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งสภาวะของกระบวนการที่ทำการเปลี่ยนแปลงได้แก่

- เวลาในการให้ความร้อน
- อุณหภูมิที่ให้ความร้อน
- จำนวนชั้นการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ และ
- ชนิดของกาวของแผ่น Cover lay

เพื่อเตรียมนำเข้าสู่เครื่องกดอัดและให้ความร้อน โดยการนำแผ่น Cover Lay จัดวางบนแผ่นอลูมิเนียมและกระดาษ โครงสร้างของการเตรียมแผ่นฉนวนเข้าสู่กระบวนการเคียวริงเป็นดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.5

โครงสร้างการจัดวางแผ่น Cover lay เพื่อทำการเคียวริง

เมื่อจัดวางเรียบร้อยแล้ว นำเข้าเครื่องเคียวริง (Hot press) ตามรูป

ภาพที่ 3.6
เครื่องจักรสำหรับให้ความร้อนและกดอัด (Hot -Press)

3. จากนั้นเก็บแผ่น Cover lay ที่ผ่านการเคียวริงตามการทดลองต่าง ๆ เพื่อไปทำการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวต่อไป

3.5.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว (Gel Ratio %)

เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวเป็นค่าที่บ่งบอกสัดส่วนความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงโมเลกุล (Cross link) ของโพลิเมอร์ในกาวว่ามีความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดหลังจากผ่านกระบวนการเคียวริง หากค่า Gel Ratio% มีค่ามากหมายความว่ามีการเชื่อมโยงโมเลกุล (Cross link) ของโพลิเมอร์มาก ย่อมส่งผลให้เกิดความความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวของกาวมาก สำหรับกระบวนการเคียวริงจึงเป็นค่าหนึ่งที่ใช้กำหนดสภาวะของกระบวนการ

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นขั้นตอนที่กำหนดขึ้นซึ่งเป็นมาตรฐานของบริษัทที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. นำแผ่น Cover lay ขนาด 5cm x 5cm ที่ผ่านการเคียวริงแล้ว มาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานที่ความแม่นยำเท่ากับ 0.0001 กรัม และบันทึกน้ำหนักที่วัดได้ เท่ากับ W0

ภาพที่ 3.7

เครื่องชั่งสำหรับการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาว (Gel Ratio %)

2. แช่ในน้ำยา MEK (Methyl ethyl Ketone) 200 มิลลิลิตรต่อแผ่น Cover lay จำนวน 3 แผ่น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. เมื่อครบ 1 ชั่วโมง นำแผ่น Cover lay มาอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเตาอบ (ความละเอียด +- 5°C) ดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.8

เตาอบสำหรับอบแผ่น Cover lay

4. จากนั้นชั่งน้ำหนักแผ่น Cover lay หลังจากการอบด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานเดิม และบันทึกน้ำหนักเท่ากับ W1

5. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกาวด้วยสูตร

$$\text{Gel ratio \%} = \frac{W1 - PI}{W0 - PI} \times 100$$

W0 คือ น้ำหนักของแผ่น Cover lay ก่อนแช่น้ำยา MEK

W1 คือ น้ำหนักของแผ่น Cover lay หลังแช่น้ำยา MEK ที่ผ่านการนำความชื้นออกแล้วด้วยการอบ

PI คือ น้ำหนักของ Polyimide film ซึ่งเป็นชั้นหนึ่งของแผ่น Cover lay มีค่ามาตรฐานเท่ากับ 0.045 กรัม อ้างอิงตามผู้ผลิต

โดยอุปกรณ์ในการทดสอบนั้นได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน และมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าเกณฑ์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ โดยกำหนดให้ดำเนินการทดลองที่เครื่องเดิมตลอดทั้งการวิจัย ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก, ตู้อบ, Curing Press เพื่อลดความแปรปรวนจากเครื่องจักรและอุปกรณ์

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปชื่อ Minitab version 14.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลจากการออกแบบการทดลอง โดยในการวิจัยนี้จะกำหนดช่วงความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% หรือกำหนดค่า α เท่ากับ 0.05

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง (Model Adequacy Checking) จะประกอบด้วย การตรวจสอบต่าง ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ เพื่อตรวจสอบความเป็นปกติของการกระจายตัวข้อมูล

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน

ซึ่งมีสมมุติฐานว่ารูปแบบของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ได้จากข้อมูลในการทดลองต้องเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon_{ij} \approx NID(0, \sigma^2)$ คือ Residuals มีการแจกแจงแบบปกติ และมีความเป็นอิสระต่อกันด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และมีความเสถียรของความแปรปรวน หรือ σ^2 มีค่าคงตัว จึงจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องเชื่อถือได้