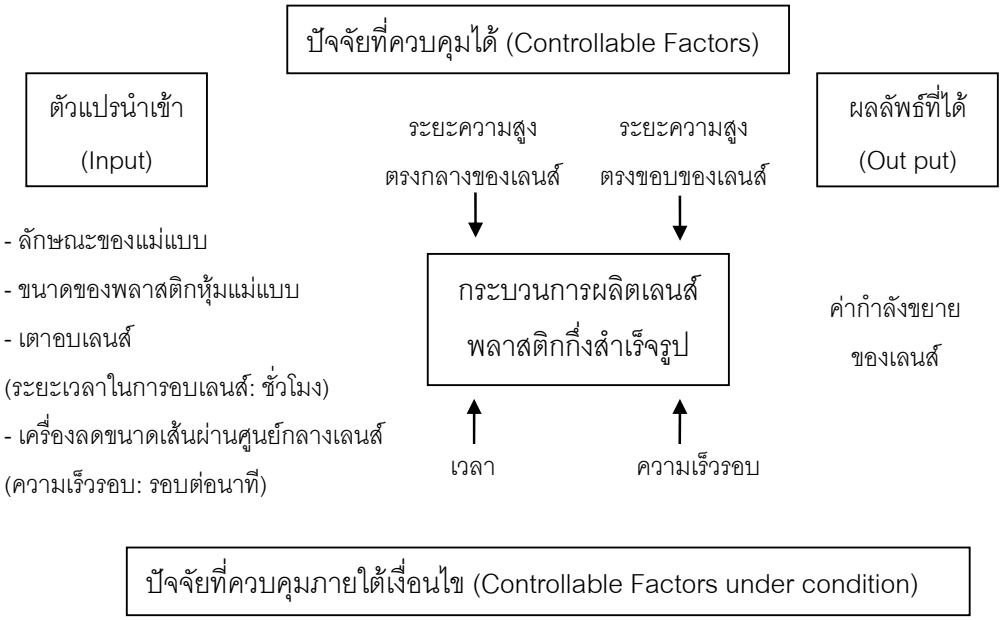
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังขยายของเลนส์โดยการศึกษากระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป

จากการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในกระบวนผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปดังภาพที่ 3.1 โดยพิจารณาจากกระบวนการผลิต และการรวบรวมค้นคว้าวิจัยของบริษัท พบว่ามีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่ากำลังขยายของเลนส์ แต่การกำหนดปัจจัยสำหรับการวิจัยนั้น กำหนดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ และให้มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานจริงมากที่สุดภายใต้ระยะเวลา และทรัพยากรที่มีอยู่



ภาพที่ 3.1
ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป

โดยตัวแปรนำเข้า ลักษณะของแม่แบบ และขนาดของพลาสติกหุ้มแม่แบบจะมีผลต่อระยะความสูงตรงกลางของเลนส์และความสูงตรงขอบของเลนส์ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนขนาดแม่แบบและขนาดของพลาสติกหุ้มแม่แบบในกระบวนการผลิตจะมีผลทำให้เลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปที่ได้มีลักษณะและขนาดที่ต่างกัน ทำให้ค่ากำลังขยายของเลนส์ที่ได้มีค่าต่างกัน เตาอบเลนส์พลาสติกทำให้เลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปเปลี่ยนโครงสร้างภายในมีผลให้เลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น มีระยะเวลาในการอบเลนส์ 2 แบบ คือ 24 ชั่วโมง และ48 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาอบเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปที่ต่างกันจะทำให้โครงสร้างการหดตัวของเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปต่างกันมีผลทำให้ค่ากำลังขยายของเลนส์ต่างกัน และความเร็วรอบในการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเลนส์เนื่องด้วย การลดขนาดเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปเมื่อใช้ความเร็วที่ต่างกันซึ่งในที่นี้มี 2 แบบ คือ 25 รอบต่อนาที และ35 รอบต่อนาที ทำให้ขนาดที่ได้มีความแตกต่างกันก็จะเป็นผลให้ค่ากำลังขยายของเลนส์ต่างกันด้วย ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่ากำลังขยายของเลนส์ที่เลือกสำหรับการวิจัย ได้แก่ ระยะความสูงตรงกลางของเลนส์ ระยะความสูงตรงขอบของเลนส์ เวลา และความเร็วรอบ โดยสำหรับกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ คือ ระยะความสูงตรงกลางของเลนส์ และระยะความสูงตรงขอบของเลนส์ ส่วนเวลา และความเร็วรอบ ซึ่งอยู่ภายใต้กระบวนการผลิตจริง จึงได้พิจารณาให้เป็นปัจจัยที่ควบคุมภายใต้เงื่อนไข ทั้งนี้เพื่อทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะลดวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ถูกกำหนดเพื่อทำการวิจัยจะพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดต้องผ่านการวิเคราะห์ว่ามีอิทธิพลต่อผลการตอบสนอง โดยการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล (2^k Factorial Designs) หลังจากทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่ากำลังขยายของเลนส์แล้วก็จะทำการการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย และระดับที่เหมาะสมต่อไปด้วยการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full factorial)

3.2 **การกำหนดระดับของปัจจัย** (Level)

สามารถกำหนดระดับของปัจจัยอ้างอิงจากสภาวะการผลิตในปัจจุบัน เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป ดังนั้นจึงกำหนดสภาวะปัจปัจจุบันที่ระดับสูง ส่วนระดับต่ำได้จากการปรับลดลงของแต่ละปัจจัยอย่างละหนึ่งถึงสามระดับ การกำหนดระดับของปัจจัยหลัก และปัจจัยที่ควบคุมในการทดลองนี้จะกำหนดระดับของปัจจัย (Levels) เป็นแบบคงที่ (Fixed Level) เนื่องจากเป็นปัจจัยที่

กำหนดค่าได้แน่นอน เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับสภาวะการผลิตในปัจจุบัน และหาสภาวะที่เหมาะสม โดยช่วง (Range) ที่ศึกษาจะอาศัยความรู้ และงานวิจัยที่ศึกษามาช่วยในการตัดสินใจกำหนดระดับของปัจจัย กล่าวคือ ระดับต่ำ ได้จากการพิจารณาทฤษฎี และงานวิจัย ส่วนระดับสูงอยู่ที่สภาวะปัจจุบันของการผลิต

3.3 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) จะกำหนดตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ค่ากำลังขยายของเลนส์ (Diopter) ถ้าค่ากำลังขยายของเลนส์มีค่าระหว่างค่าที่กำหนด 1.85 ถึง 2.15 Diopter หมายถึง เลนส์ที่ได้จากกระบวนการผลิตเป็นเลนส์ที่มีคุณภาพ

3.4 การออกแบบการทดลองเพื่อดำเนินการวิจัย

3.4.1 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น วิเคราะห์กราฟความน่าจะเป็นแจกแจงปกติของผลกระทบของปัจจัย และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k แฟคทอเรียล (2^k Factorial Designs)

เพื่อทำการตรวจสอบปัจจัยที่กำหนดในการศึกษากระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปว่า มีอิทธิพลของปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อค่ากำลังขยายของเลนส์ โดยใช้การวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง โดยสามารถสรุปตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการพร้อมทั้งระดับที่เป็นไปได้ เพื่อเป็นการยืนยันผลความมีนัยสำคัญของปัจจัยอันนำไปสู่การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป ด้วยการทดลอง 2^k แฟคทอเรียลของปัจจัย รวมทั้งทำการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของปัจจัย อันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างปัจจัย และผลตอบสนองโดยการทดลองชนิดนี้ได้ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการทดลองต่างๆ ที่ประกอบไปด้วยปัจจัยหลายๆ ปัจจัย ด้วยการออกแบบการทดลองใน 2 ระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นจำนวน k ปัจจัย ระดับของปัจจัยนี้อาจแทน “ระดับของปริมาณ (Quantitative Level)” เช่น อุณหภูมิ ความดัน และเวลา หรือ“ระดับคุณภาพ (Qualitative Level)” เช่น ประสิทธิภาพ เครื่องจักร และคน

โดยการวิจัยเบื้องต้นนี้ มีปัจจัย 4 ปัจจัย กำหนดแต่ละตัวแปรให้เป็น CT, ET, Time และSpeed ซึ่งแต่ละปัจจัยจะส่งผลต่อระดับผลตอบสนองของการทดลอง

ระดับของปัจจัย มี 2 ระดับ

ET: ความสูงตรงกลางของเลนส์ มีช่วงระดับที่ 3, 12 มิลลิเมตร

CT: ความสูงตรงขอบของเลนส์ มีช่วงระดับที่ 6, 18 มิลลิเมตร

Time: เวลา มีช่วงระดับที 24, 48 ชั่วโมง

Speed: ความเร็วรอบ มีช่วงระดับที่ 25, 35 รอบต่อนาที

การทดลองและระดับของปัจจัยตามกระบวนการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Design แต่ละการทดลองมีการทดลองซ้ำ (Repetition) 3 ครั้ง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

แผนภาพแบบการทดลอง 2^k Factorial Design

No.	Run Order	Condition				Diopter		
		CT	ET	Time	Speed	R1	R2	R3
1	5	-1	-1	-1	1			
2	3	1	-1	-1	-1			
3	15	-1	-1	1	1			
4	13	-1	1	-1	1			
5	8	-1	-1	-1	-1			
6	2	1	1	-1	1			
7	10	1	1	1	1			
8	4	-1	1	1	-1			
9	14	1	1	-1	-1			
10	6	1	-1	1	1			
11	9	1	-1	-1	1			
12	1	-1	-1	1	-1			
13	16	-1	1	-1	-1			
14	12	1	-1	1	-1			
15	7	-1	1	1	1			
16	11	1	1	1	-1			

(หมายเหตุ: ในระดับของปัจจัยที่ทดลองแทนระดับค่าสูงด้วย +1 และค่าต่ำด้วย -1)

3.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย และระดับที่เหมาะสมโดยใช้การออกแบบการทดลอง แฟคทอเรียลเต็มรูป (Full factorial)

การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป คือ การทดลองที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการออกแบบแผนการทดลองเนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ ศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย หรือที่เรียกว่า “อันตรกิริยา” (Interaction) เช่น กรณีที่ศึกษา ซึ่งมี 4 ปัจจัย คือ ปัจจัย CT, ET, Time และSpeed โดยทั่วไปผู้ทดลองจะให้ความสำคัญแก่การศึกษา ผลกระทบหลัก และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัย (Two-Factors or 2-ways Interaction) เท่านั้น (Montgomery, 2005) เนื่องจากผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยมากจึงไม่นิยมนำมาพิจารณา จะเห็นว่าการทดลองแฟคทอเรียลนั้นมีความแตกต่างจากการศึกษากรณี CRD และRBD ทั้งในด้านจำนวนปัจจัยที่มีได้ไม่จำกัด และยังสามารถศึกษาผลกระทบร่วมในกรณีที่สองปัจจัยใดๆ อาจไม่เป็นอิสระต่อกันด้วย แต่ต้องพึงระวังเสมอว่าจำนวนทดลองที่ทำมีค่าอย่างน้อยเท่ากับผลคูณระหว่างค่าระดับปัจจัยของทุกปัจจัย ถ้าจำนวนปัจจัย (k) มีจำนวนมากจำนวนการทดลอง (Runs: N) จะมีค่าสูงไปด้วย

โดยการวิจัยเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมนี้ มีปัจจัย 4 ปัจจัย กำหนดแต่ละตัวแปรให้เป็น CT, ET, Time และSpeed ซึ่งแต่ละปัจจัยจะส่งผลต่อระดับผลตอบสนองของการทดลอง

CT: ความสูงตรงกลางของเลนส์	มีช่วงระดับที่ 3, 6, 9, 12 มิลลิเมตร
ET: ความสูงตรงขอบของเลนส์	มีช่วงระดับที่ 6, 10, 14, 18 มิลลิเมตร
Time: เวลา	มีช่วงระดับที 24, 48 ชั่วโมง
Speed: ความเร็วรอบ	มีช่วงระดับที่ 25, 35 รอบต่อนาที

การทดลอง และระดับของปัจจัยตามกระบวนการออกแบบการทดลองแบบ Full factorial Design แต่ละการทดลองมีการทดลองซ้ำ (Repetition) 3 ครั้ง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

แผนภาพแบบการทดลอง Full Factorial Design

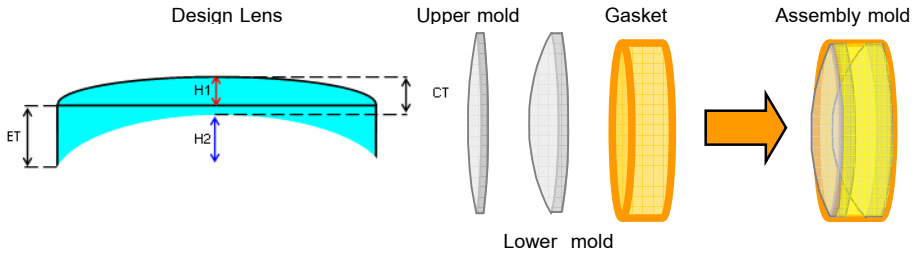
Result		Speed 25 rpm						Speed 35 rpm					
CT	ET	Time 24 hrs			Time 48 hrs			Time 24 hrs			Time 48 hrs		
3	6												
	10												
	14												
	18												
6	6												
	10												
	14												
	18												
9	6												
	10												
	14												
	18												
12	6												
	10												
	14												
	18												

3.5 การดำเนินการทดลอง

3.5.1 การผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป

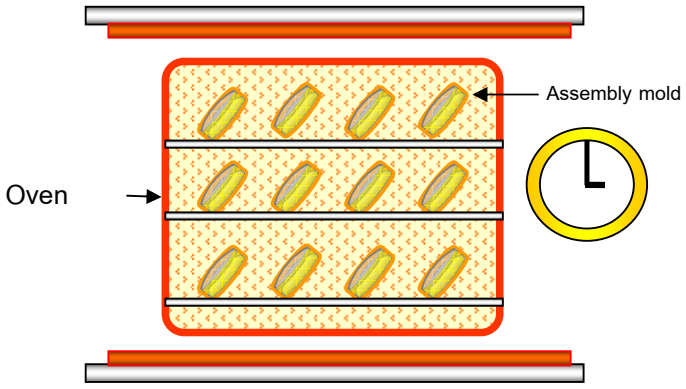
ทำการทดลองผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปตามเงื่อนไข (Condition) ที่ออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลองทั้งหมดด้วยการสุ่มลำดับการทดลอง และระดับของปัจจัยตามกระบวนการออกแบบการทดลองทำการทดลองเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

1. เริ่มด้วยการออกแบบเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป โดยทำการปรับเปลี่ยนระดับความสูงตรงกลางของเลนส์ และระดับความสูงตรงขอบของเลนส์ ตามที่ออกแบบการทดลองไว้ โดยเลือกแม่แบบให้เหมาะสมเพื่อให้เลนส์ที่ได้ออกมาตามแบบที่กำหนด ดังภาพที่ 3.2



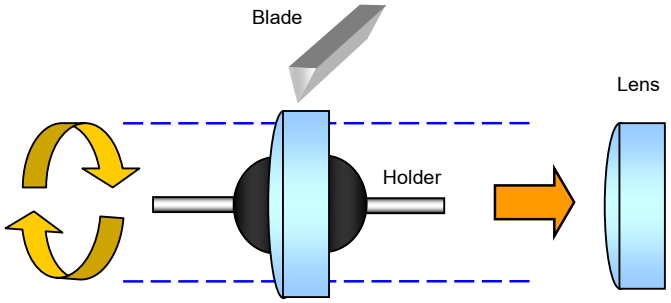
ภาพที่ 3.2
ขั้นตอนการออกแบบเลนส์

2. นำไปผ่านกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) โดยเตาอบเลนส์พลาสติกเพื่อใช้ความร้อนทำให้มอนอเมอร์เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีกลายเป็นพอลิเมอร์หรือเลนส์พลาสติก การเปลี่ยนแปลงสภาวะของกระบวนการของเตาอบตามแผนการทดลองที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งสภาวะของกระบวนการที่ทำการเปลี่ยนแปลง คือ เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน ดังภาพที่ 3.3



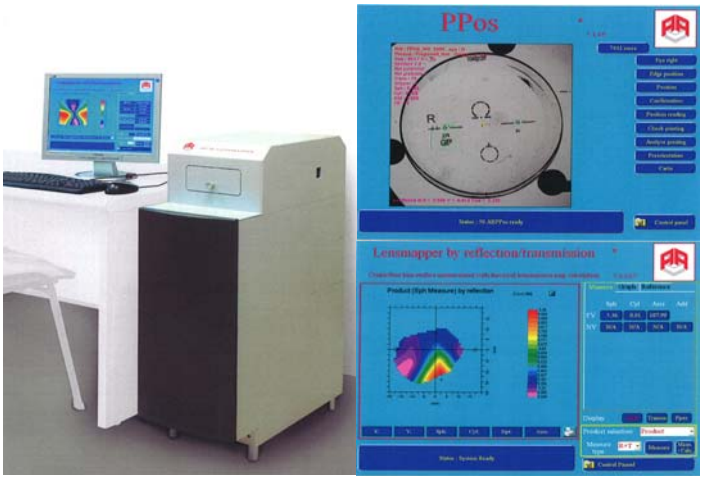
ภาพที่ 3.3
ขั้นตอนการอบเลนส์พลาสติก

3. เมื่อผ่านกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) จะได้เป็นเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปออกมาหลังจากนั้น นำไปผ่านกระบวนการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเลนส์เพื่อให้ได้ขนาดตามที่กำหนดด้วยเครื่อง EDGING ทำการปรับความเร็วรอบตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4
ขั้นตอนการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเลนส์

4. หลังจากผ่านกระบวนผลิตเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป นำเลนส์ที่ได้ไปวัดหาค่ากำลังขยายของเลนส์ ด้วยเครื่องวัดค่ากำลังขยายของเลนส์ Dual Lens mapper ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5
ขั้นตอนการวัดหาค่ากำลังขยายของเลนส์ด้วยเครื่อง Dual Lensmapper
(ที่มา: www.ar.be)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปชื่อ Minitab Version 14.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลจากการออกแบบการทดลอง โดยในการวิจัยนี้จะกำหนดช่วงความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% หรือกำหนดค่า α เท่ากับ 0.05 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง (Model Adequacy Checking) จะประกอบด้วยการตรวจสอบต่างๆ 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 มีค่าคงตัวจึงจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องเชื่อถือได้ซึ่งเมื่อเป็นไปตามหลักการที่กำหนดจึงนำชุดข้อมูลที่ได้ไปทำการทดสอบสมมติฐานต่อไป โดยการที่จะให้ได้ข้อสรุปหรือการตัดสินใจที่ชัดเจนตามสมมติฐานที่สนใจเฉพาะดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการยืนยันโดยใช้ข้อเท็จจริงจากชุดข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างต่างๆ จะต้องมีวิธีการสำหรับการปฏิเสธหรือการยอมรับสมมติฐานอย่างถูกต้องแน่นอน สมมติฐานแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis,H_0) เป็นสมมติฐานของการไม่มีความแตกต่าง ไม่มีความเกี่ยวข้อง หรือไม่มีผลต่อกันในการทดสอบทางสถิติ โดยทั่วไปแล้วสมมติฐานหลักที่แสดงไว้เพื่อต้องการพิสูจน์ว่าจะถูกปฏิเสธหรือยอมรับ เมื่อใด H_0 ถูกปฏิเสธ สมมติฐานรอง H_1 ก็จะถูกยอมรับ

2. สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis, H_1) เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องพิสูจน์ สิ่งที่ต้องการทราบ หรือศึกษาของผู้ทำการวิจัย เป็นสิ่งที่คาดการณ์ ข้อสงสัย ความคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่หวังว่าจะเป็น โดยจะต้องมีความหมายที่แย้งกับสมมติฐานที่กำหนดโดยชัดเจน โดยใช้สัญลักษณ์ H_1

3.7 **สรุปผลการทดลอง**

ทำการสรุปผลหลังจากที่ทำการทดลอง เปรียบเทียบผลก่อนและหลังทำการทดลอง ว่าสามารถที่จะเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ได้จากกการลดต้นทุนของเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปจาก น้ำหนักที่ลดลงได้หรือไม่ พร้อมกับวิเคราะห์ปัญหาผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากการทำการทดลอง และหาวิธีการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง เพื่อที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ต่อไป