

บทที่ 6

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลอง

เมื่อได้ทำการทดลองตามแผนการทดลองที่วางไว้อย่างเคร่งครัดแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองดังกล่าวจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์เชิงสถิติตามหลักการของการออกแบบการทดลอง โดยจะแยกเป็นสองการทดลองตามผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยเพื่อพิจารณาว่าปัจจัยใดที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากการผลิตเพลทอนอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นต้องพิจารณาข้อมูลว่าที่ระดับปัจจัยใดจะทำให้เกิดค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเกิดของเสียต่ำที่สุด และผลการเลือกระดับปัจจัยดังกล่าวจะนำไปสู่การทำการทดลองเพื่อการยืนยันผลต่อไป โดยผลของการทดลองรุ่น G201 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และผลของการทดลองรุ่น F4PN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.2

6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

แผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการทดลองนี้คือ แผนการทดลอง 2^5 แฟคทอเรียล ซึ่งแผนการทดลองนี้จะใช้สำหรับการคัดเลือกหาปัจจัยเบื้องต้นที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการที่เราสนใจและจากแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ได้ดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้ทั้งหมด ซึ่งได้ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยผลของการทดลองรุ่น G201 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และผลของการทดลองรุ่น F4PN ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.2 และในหัวข้อย่อยต่อไปนี้จะป็นรายละเอียดของการวิเคราะห์ผลการทดลองตามหลักการสถิติต่างๆ ดังนี้

6.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

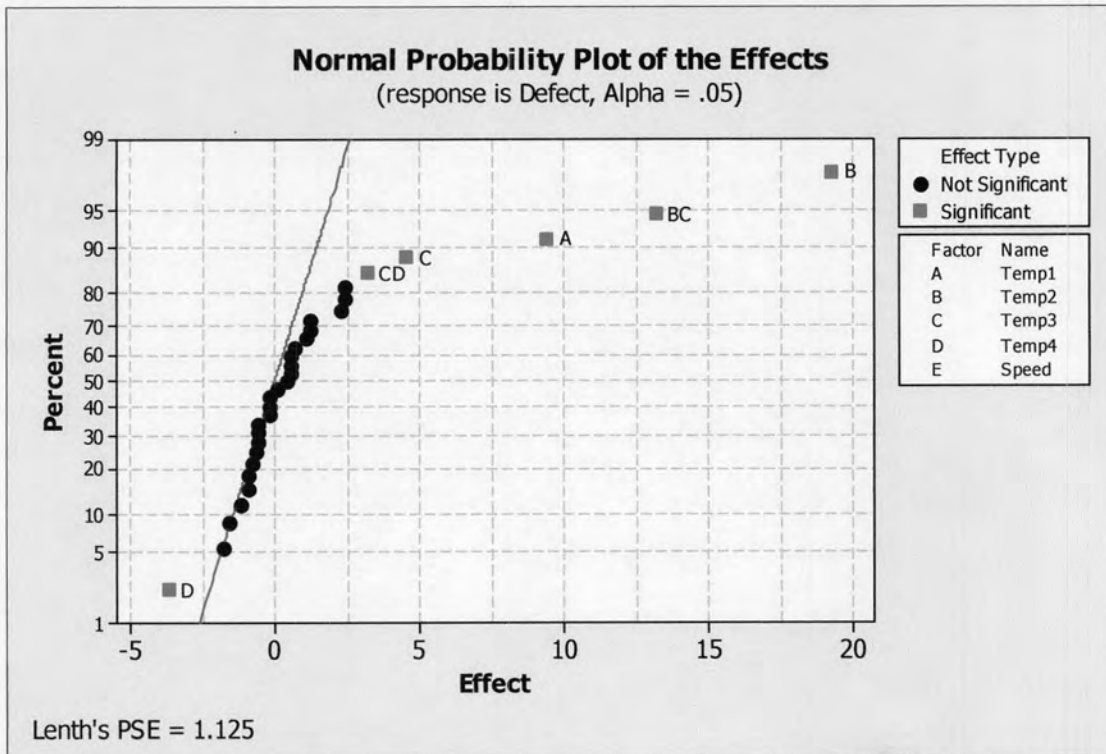
ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลลัพธ์ของการทดลองนี้ได้ใช้โปรแกรม Minitab Release 14 เพื่อช่วยในการประมวลผล ซึ่งจะเริ่มจากการทำการพล็อต Normal Probability Plot และ Pareto Chart ของอิทธิพล (Effect) ของปัจจัยต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองคือ จำนวนการเกิดของเสีย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1 ถึง 6.4

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองรุ่น G201

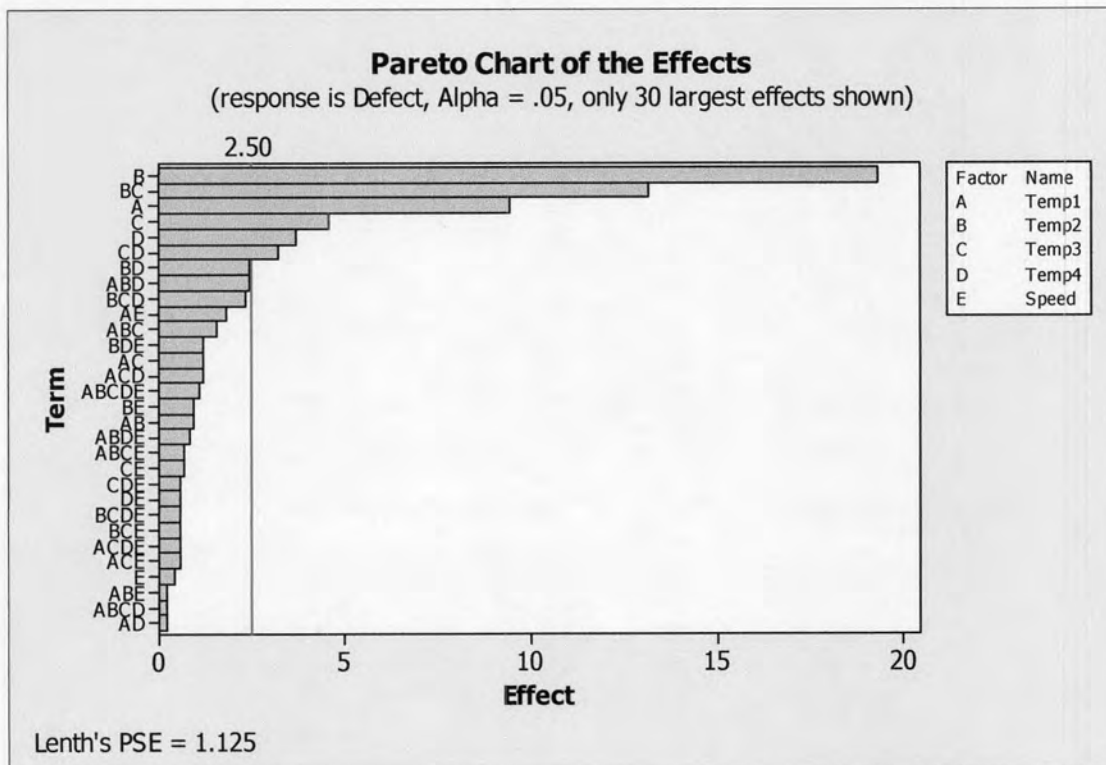
Test No	Run Order	A	B	C	D	E	Defect
3	1	-1	1	-1	-1	-1	25
27	2	-1	1	-1	1	1	21
6	3	1	-1	1	-1	-1	20
4	4	1	1	-1	-1	-1	37
1	5	-1	-1	-1	-1	-1	15
29	6	-1	-1	1	1	1	6
23	7	-1	1	1	-1	1	40
13	8	-1	-1	1	1	-1	4
11	9	-1	1	-1	1	-1	14
14	10	1	-1	1	1	-1	16
9	11	-1	-1	-1	1	-1	14
19	12	-1	1	-1	-1	1	26
24	13	1	1	1	-1	1	42
22	14	1	-1	1	-1	1	22
28	15	1	1	-1	1	1	29
25	16	-1	-1	-1	1	1	15
8	17	1	1	1	-1	-1	46
16	18	1	1	1	1	-1	52
12	19	1	1	-1	1	-1	31
26	20	1	-1	-1	1	1	22
32	21	1	1	1	1	1	51
17	22	-1	-1	-1	-1	1	20
18	23	1	-1	-1	-1	1	30
2	24	1	-1	-1	-1	-1	33
15	25	-1	1	1	1	-1	42
20	26	1	1	-1	-1	1	34
10	27	1	-1	-1	1	-1	19
5	28	-1	-1	1	-1	-1	7
31	29	-1	1	1	1	1	43
7	30	-1	1	1	-1	-1	43
30	31	1	-1	1	1	1	13
21	32	-1	-1	1	-1	1	11

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองรุ่น F4PN

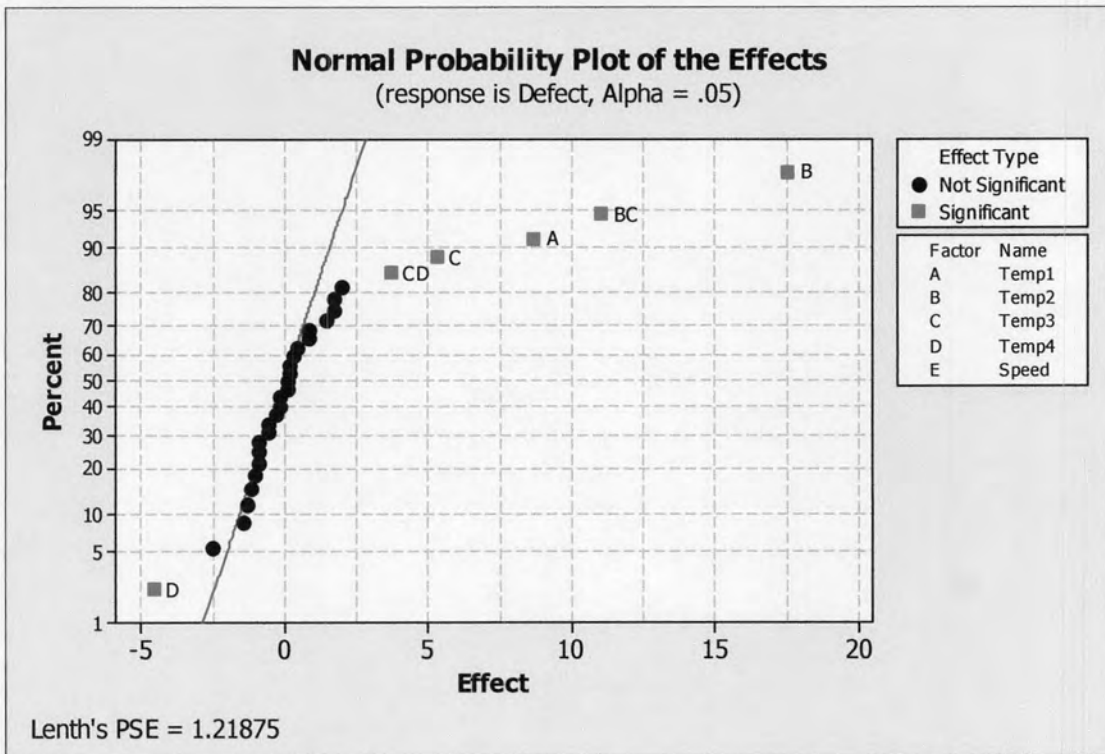
Test No	Run Order	A	B	C	D	E	Defect
2	1	1	-1	-1	-1	-1	34
16	2	1	1	1	1	-1	52
11	3	-1	1	-1	1	-1	14
3	4	-1	1	-1	-1	-1	29
7	5	-1	1	1	-1	-1	43
5	6	-1	-1	1	-1	-1	14
4	7	1	1	-1	-1	-1	39
29	8	-1	-1	1	1	1	10
22	9	1	-1	1	-1	1	22
18	10	1	-1	-1	-1	1	31
23	11	-1	1	1	-1	1	39
21	12	-1	-1	1	-1	1	16
13	13	-1	-1	1	1	-1	10
12	14	1	1	-1	1	-1	33
30	15	1	-1	1	1	1	19
8	16	1	1	1	-1	-1	49
6	17	1	-1	1	-1	-1	24
17	18	-1	-1	-1	-1	1	22
15	19	-1	1	1	1	-1	43
31	20	-1	1	1	1	1	44
27	21	-1	1	-1	1	1	24
10	22	1	-1	-1	1	-1	22
19	23	-1	1	-1	-1	1	29
14	24	1	-1	1	1	-1	19
28	25	1	1	-1	1	1	29
20	26	1	1	-1	-1	1	35
1	27	-1	-1	-1	-1	-1	20
26	28	1	-1	-1	1	1	23
9	29	-1	-1	-1	1	-1	9
24	30	1	1	1	-1	1	45
32	31	1	1	1	1	1	48
25	32	-1	-1	-1	1	1	19



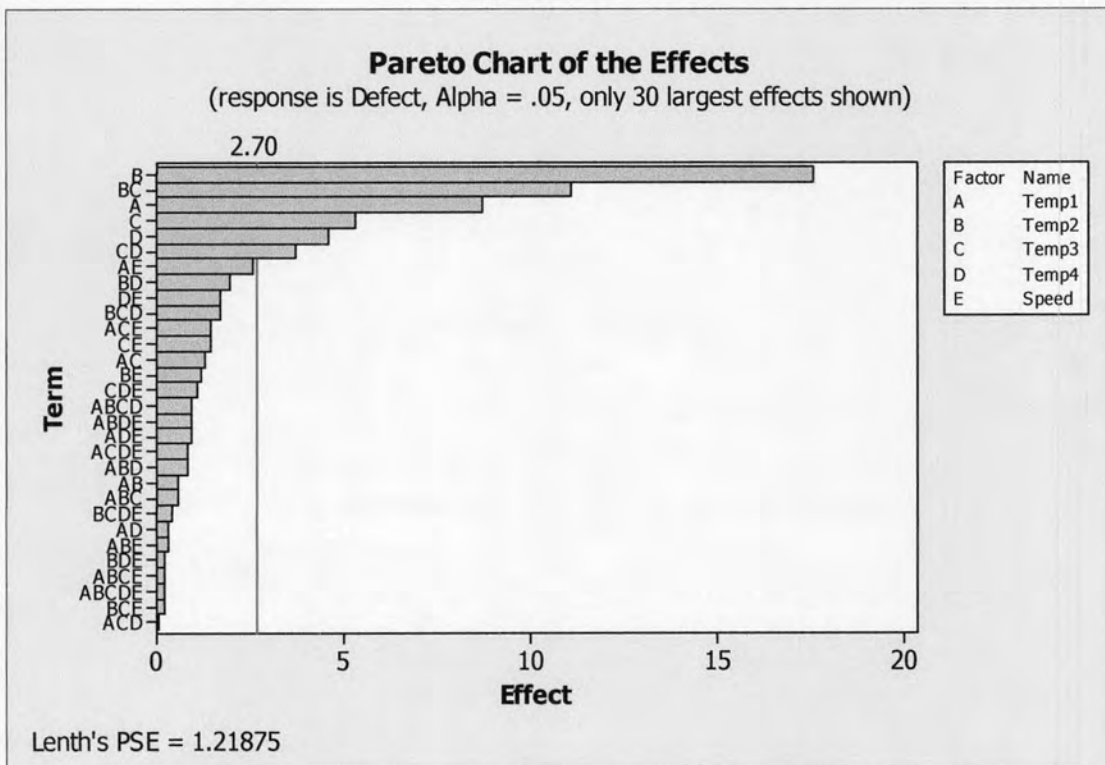
รูปที่ 6.1 Normal Probability Plot ของ Effects จากการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น G201



รูปที่ 6.2 Pareto Chart ของ Effects จากการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น G201



รูปที่ 6.3 Normal Probability Plot ของ Effects จากการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN



รูปที่ 6.4 Pareto Chart ของ Effects จากการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN

จากรูปที่ 6.1 และ 6.2 ซึ่งเป็นการทดลองของผลิตภัณฑ์รุ่น G201 นั้นจะสามารถสรุปในเบื้องต้นนี้ได้ว่ามีปัจจัย A, B, C, D, BC และ CD ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะส่งผลกระทบต่ออาการเกิดของเสียในการผลิตเพลลอนรุ่น G201 (พิจารณาได้จากจุดไม่เรียงอยู่บนเส้นตรงในรูปที่ 6.1 อย่างเจน หรือปัจจัยซึ่งมีค่าผลกระทบที่อยู่ทางด้านขวาของเส้นแนวตั้งในรูปที่ 6.2 ส่วนการทดลองของผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN นั้นเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.3 และ 6.4 จะสามารถสรุปในเบื้องต้นได้เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์รุ่น G201 คือมีปัจจัย A, B, C, D, BC และ CD ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะส่งผลกระทบต่ออาการเกิดของเสียในการผลิตเพลลอนรุ่น F4PN อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยที่มีศักยภาพทั้ง 6 ตัวของแต่ละรุ่น จึงจะสามารถสรุปได้ว่า มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น G201 และ F4PN นั้นสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 6.3 และ 6.4 ซึ่งจะนำเอาปัจจัยที่ไม่มีศักยภาพที่เหลือทั้งหมดมาใช้ในการประมาณค่าพจน์ของ Pure Error ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ไม่มีการทำซ้ำ (Unreplicated Factorial) ได้ อีกทั้งทำให้การวิเคราะห์เปรียบได้กับเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของแผนการทดลองแบบ 2^4 แฟคทอเรียลที่มีการทำซ้ำการทดลองจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองรุ่นที่ได้นั้นพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีศักยภาพทั้ง 6 ตัว ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่ออาการเกิดของเสียในการผลิตเพลลอน (พิจารณาได้จากตารางที่ 6.3 และ 6.4 ค่า P-Value ของปัจจัย A, B, C, D, BC และ CD มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ทุกตัว) ทำให้ปัจจัยหลักที่จะต้องถูกพิจารณาเพื่อการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการนั้นมีจำนวนทั้งสิ้น 4 ปัจจัย คือ A, B, C และ D

ตารางที่ 6.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น G201

Factorial Fit: Defect versus A, B, C, D

Estimated Effects and Coefficients for Defect (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		26.344	0.5821	45.26	0.000
A	9.438	4.719	0.5821	8.11	0.000
B	19.313	9.656	0.5821	16.59	0.000
C	4.563	2.281	0.5821	3.92	0.001
D	-3.688	-1.844	0.5821	-3.17	0.004
B*C	13.187	6.594	0.5821	11.33	0.000
C*D	3.187	1.594	0.5821	2.74	0.011

S = 3.29261 R-Sq = 95.26% R-Sq(adj) = 94.12%

Analysis of Variance for Defect (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	3971.63	3971.63	992.906	91.59	0.000
2-Way Interactions	2	1472.56	1472.56	736.281	67.91	0.000
Residual Error	25	271.03	271.03	10.841		
Lack of Fit	9	187.53	187.53	20.837	3.99	0.008
Pure Error	16	83.5	83.5	5.219		
Total	31	5715.22				

ตารางที่ 6.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN

Factorial Fit: Defect versus A, B, C, D

Estimated Effects and Coefficients for Defect (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		28.406	0.5435	52.27	0.000
A	8.687	4.344	0.5435	7.99	0.000
B	17.563	8.781	0.5435	16.16	0.000
C	5.312	2.656	0.5435	4.89	0.000
D	-4.563	-2.281	0.5435	-4.20	0.000
B*C	11.063	5.531	0.5435	10.18	0.000
C*D	3.688	1.844	0.5435	3.39	0.002

S = 3.07429 R-Sq = 95.06% R-Sq(adj) = 93.88%

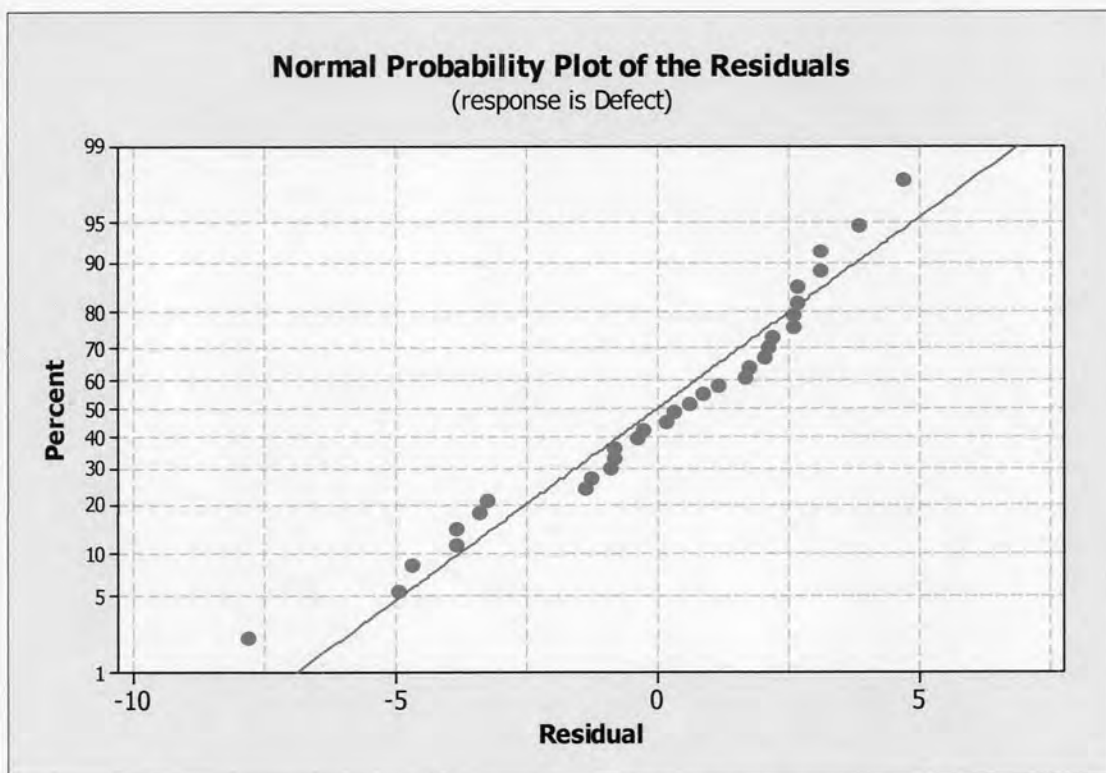
Analysis of Variance for Defect (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	3463.63	3463.63	865.906	91.62	0.000
2-Way Interactions	2	1087.81	1087.81	543.906	57.55	0.000
Residual Error	25	236.28	236.28	9.451		
Lack of Fit	9	84.78	84.78	9.420	0.99	0.481
Pure Error	16	151.5	151.5	9.469		
Total	31	4787.72				

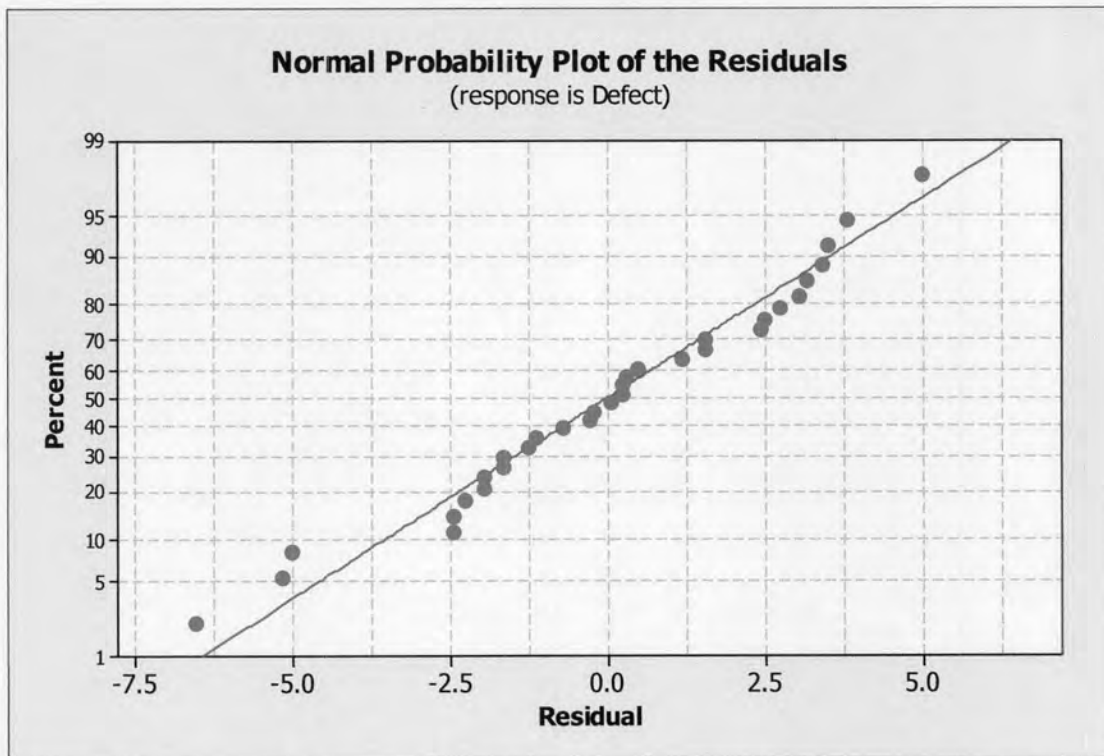
6.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking)

การที่ผลการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีความแปรปรวนจะมีความน่าเชื่อถือที่สูงได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบสมมติฐานที่จำเป็นจะต้องถูกทดสอบก่อนเสมอ กล่าวคือ ค่าที่ได้จากการทดลองมีความเหมาะสมพอที่จะถูกอธิบายด้วยตัวแบบที่ตั้งไว้ได้ และค่าผิดพลาด (Errors) มีการกระจายแบบปกติอย่างอิสระด้วยค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนที่ไม่ทราบค่า σ^2 , $\epsilon_{ijklm} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ ซึ่งหากสมมติฐานเหล่านี้เป็นจริงการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีความน่าเชื่อถือที่สูงมาก อย่างไรก็ตามการตรวจสอบดังกล่าวมิได้กระทำได้ง่ายในทางปฏิบัติ การพิจารณาค่าเรซิดิวล (Residual) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบว่าสมมติฐานดังกล่าวถูกต้องหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ดูรูปแบบการกระจายของค่าเรซิดิวลจะต้องเป็นไปแบบไร้รูปแบบ ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) ของข้อมูลจะเป็นการทดสอบว่า $\epsilon_{ijklm} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ เป็นจริง โดยการพิจารณา Normal Probability Plot ของเรซิดิวล โดยใช้หลักการที่ว่าค่า ϵ_{ijklm} มีการกระจายแบบปกติจริง กราฟดังกล่าวจะต้องมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้จากการพล็อตด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 6.5 และ 6.6 นั้น พบว่าค่าเรซิดิวลสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด มีการเรียงตัวเป็นเส้นตรง จึงทำให้สรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติจริง

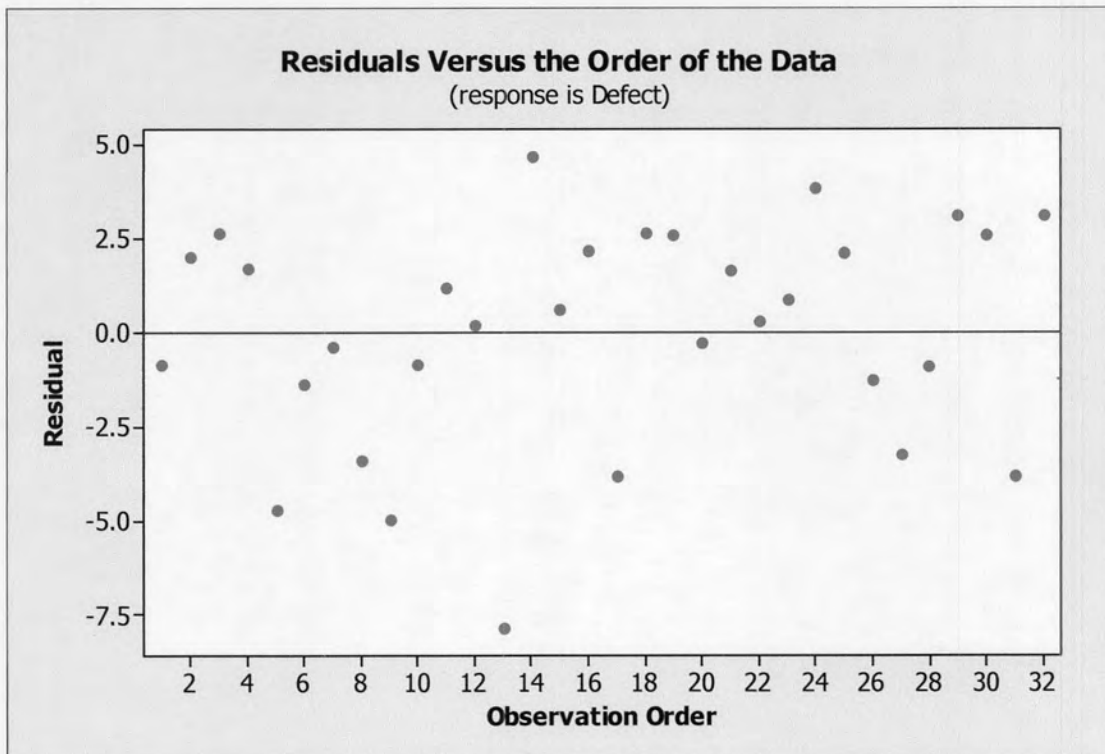


รูปที่ 6.5 Normal Probability Plot ของ Residuals สำหรับการทดลองผลิตภัณฑ์ G201

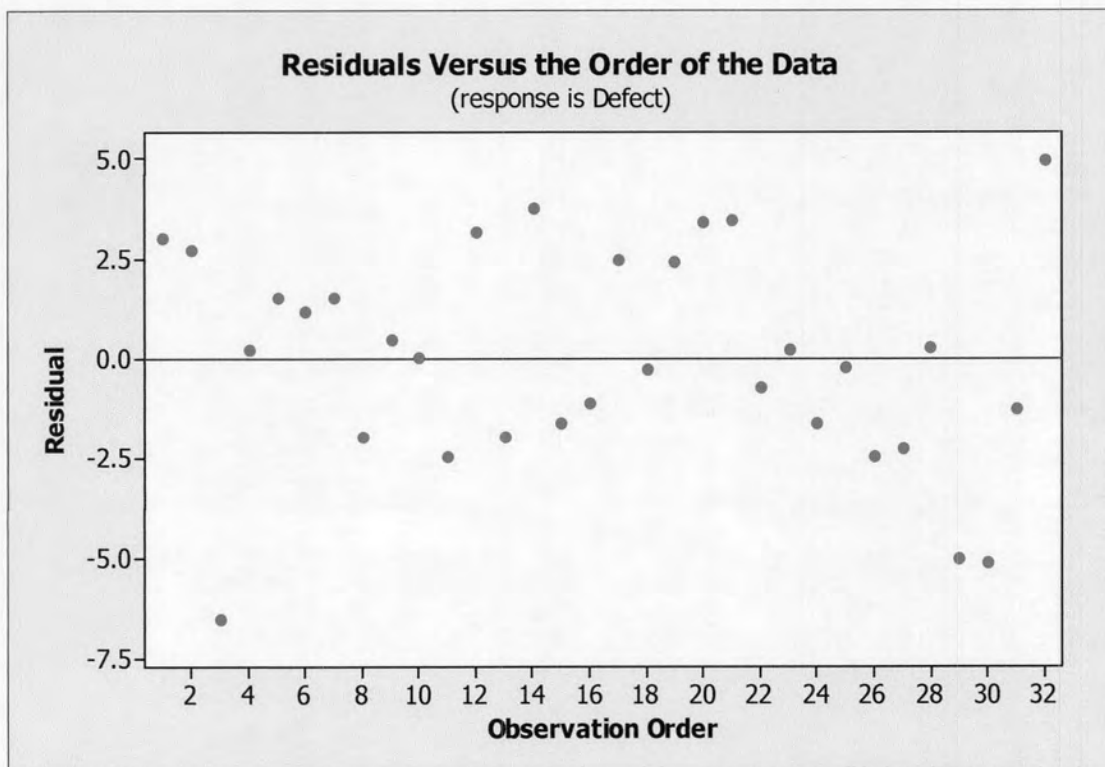


รูปที่ 6.6 Normal Probability Plot ของ Residuals สำหรับ การทดลองผลิตภัณฑ์ F4PN

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของข้อมูล จะพิจารณาจากรูปแบบการกระจายตัวของค่าเรสซิดิวล ที่สัมพันธ์ลำดับของการทำการทดลองของชุดการทดลองทั้งหมดว่า จะต้องเป็นไปในรูปแบบของการกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ลำดับการทดลองที่ถูกต้อง ทำให้ค่าผิดพลาด (Error) ต่างๆ ที่เกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้กระจายตัวเข้าถึงทุกหน่วยของการทดลองอย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งจากรูปที่ 6.7 และ 6.8 เป็นการพล็อตค่าของเรสซิดิวลของการทดลองผลิตภัณฑ์ G201 และ F4PN ตามลำดับ เทียบกับลำดับที่ของการทำการทดลอง พบว่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมีการกระจายตัวอย่างอิสระไม่มีรูปแบบ ซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่ได้นั้นมีความอิสระต่อกัน (Independent) ตามหลักของการวิเคราะห์

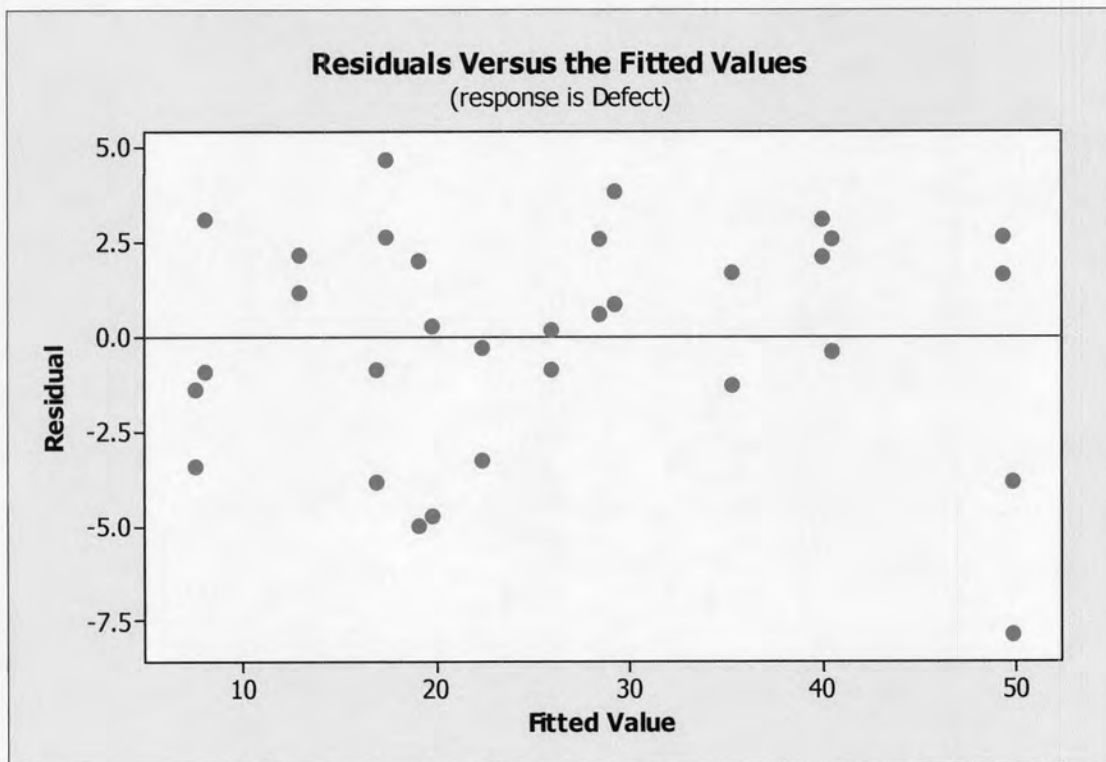


รูปที่ 6.7 กราฟระหว่างค่า Residual กับลำดับที่ของการทำการทดลองของผลิตภัณฑ์ G201

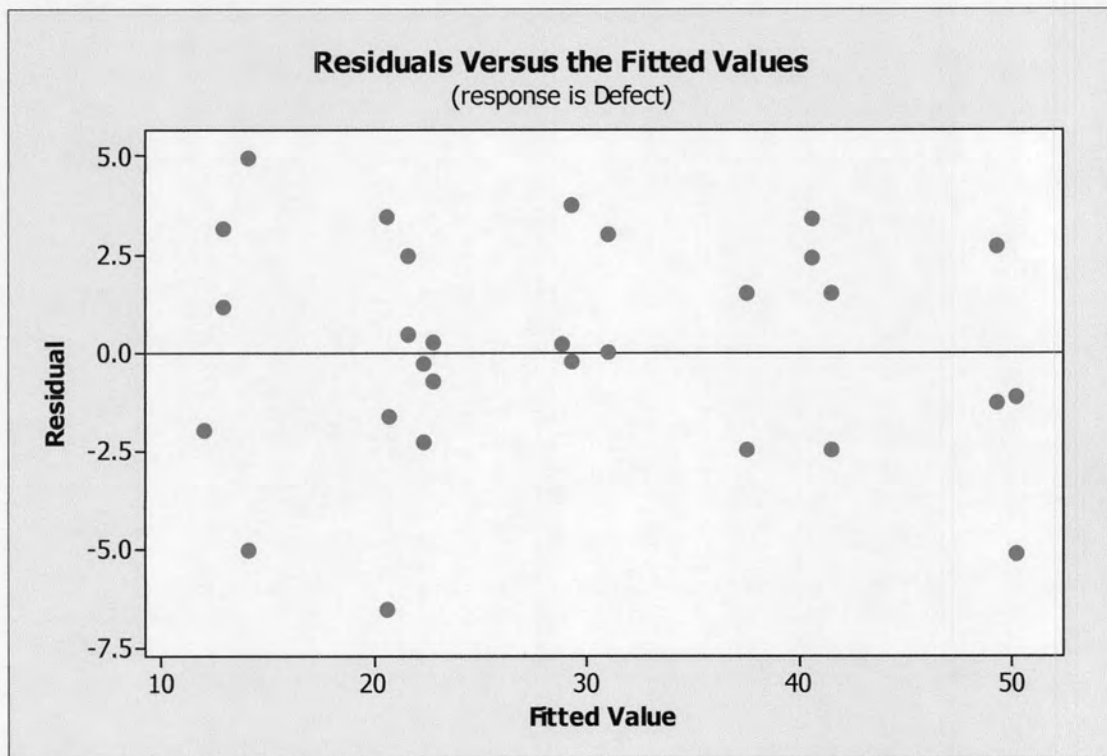


รูปที่ 6.8 กราฟระหว่างค่า Residual กับลำดับที่ของการทำการทดลองของผลิตภัณฑ์ F4PN

3. การตรวจสอบความเสถียรของข้อมูลจากหลักการที่ว่าถ้าตัวแบบและสมมติฐานถูกต้อง การกระจายของค่าเรสซิดวอลจะต้องเป็นไปในแบบไร้รูปแบบ กล่าวคือการกระจายตัวของค่าเรสซิดวอลจะต้องไม่ขึ้นตรงกับตัวแปรใดๆ แม้แต่ค่าคาดหมายของผลตอบสนอง (Predicted response) ก็ตาม ซึ่งในกรณีนี้สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 6.9 และ 6.10 ซึ่งเป็นการพล็อตระหว่างค่าเรสซิดวอลกับค่าคาดหมายของผลตอบสนองของผลิตภัณฑ์ G201 และ F4PN ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียร โดยพิจารณาจากการกระจายตัวของค่าเรสซิดวอลอย่างไร้รูปแบบ



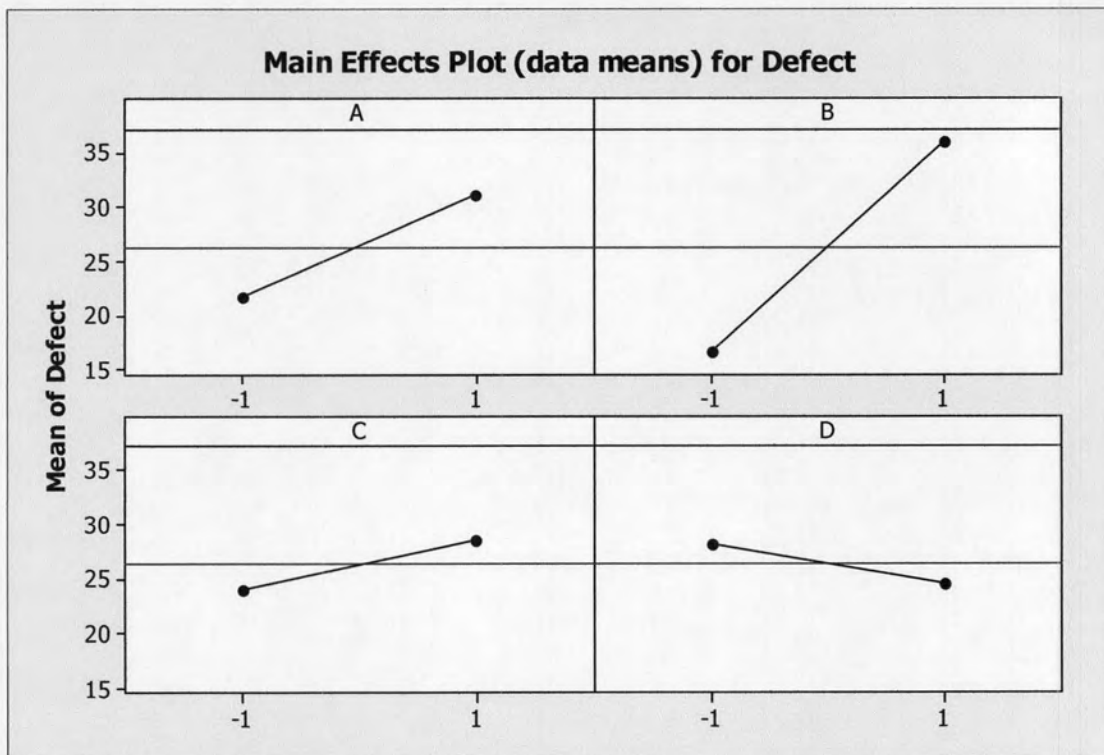
รูปที่ 6.9 ค่าเรสซิดวอลเทียบกับค่าคาดหมายของการทดลองผลิตภัณฑ์ G201



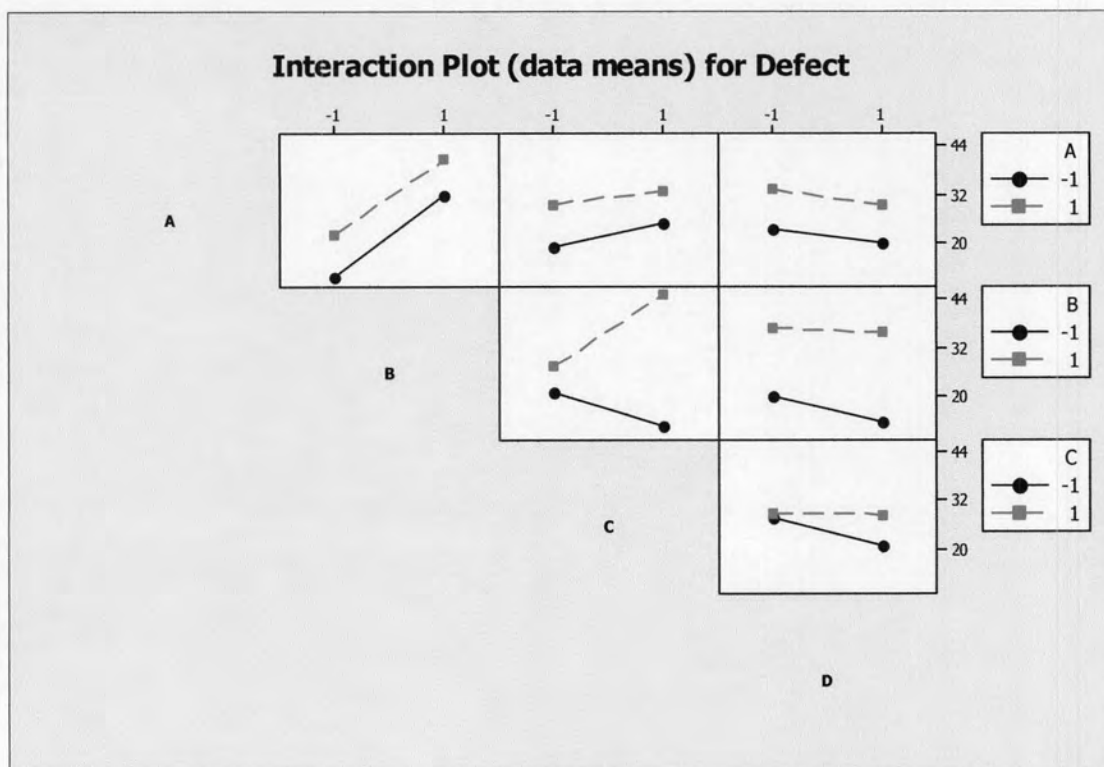
รูปที่ 6.10 ค่าเรสซิดิวเทียบกับค่าคาดหมายของการทดลองผลิตภัณฑ์ F4PN

6.2.3 การวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนองจากการทดลอง

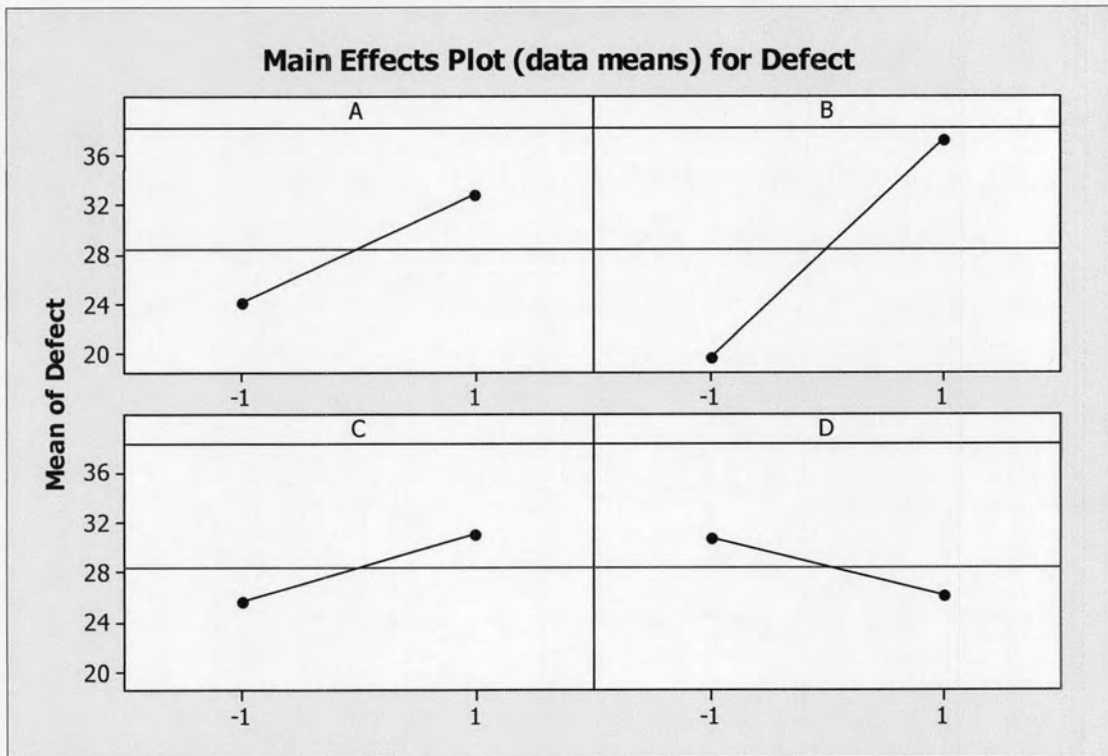
จากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนดังในตารางที่ 6.3 และ 6.4 พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ปัจจัยที่มีศักยภาพทั้ง 6 ตัว คือ A, B, C, D, BC และ CD มีผลกระทบต่อ การเกิดของเสียของเทฟลอนของทั้งสองผลิตภัณฑ์ คือ G201 และ F4PN อย่างมีนัยสำคัญ



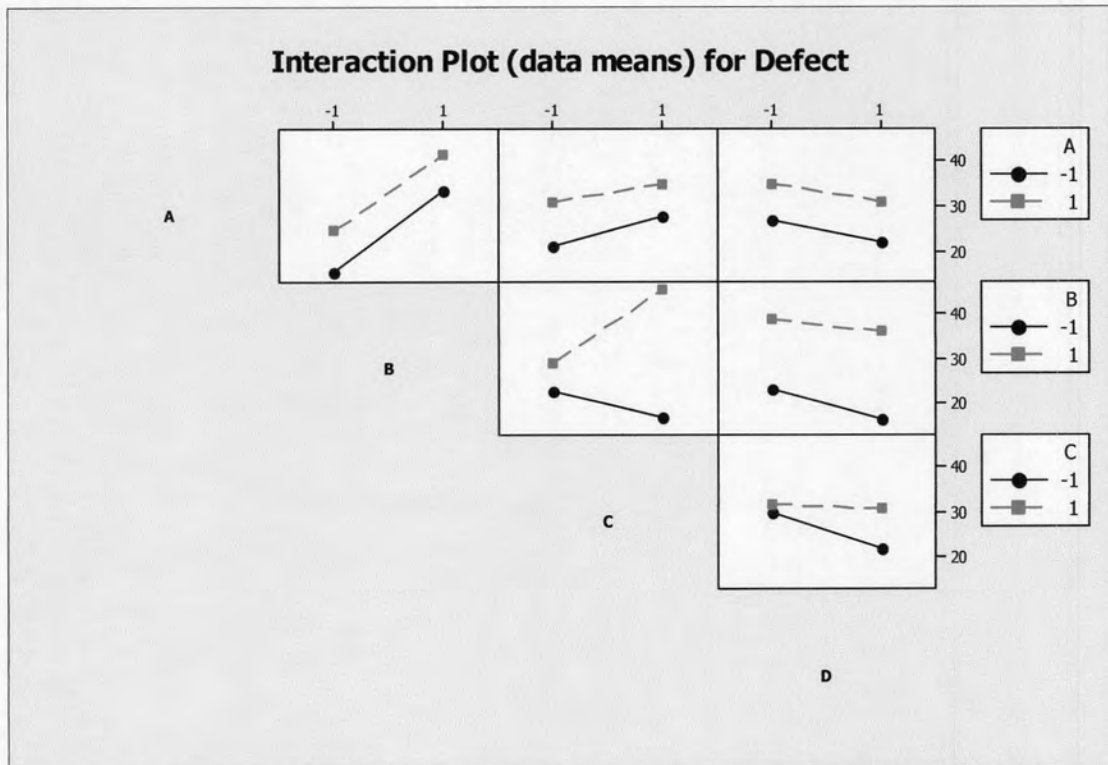
รูปที่ 6.11 กราฟแสดงถึง Main Effect Plot ของการเกิดของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ G201



รูปที่ 6.12 กราฟแสดง Interaction Effect Plot ของการเกิดของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ G201



รูปที่ 6.13 กราฟแสดงถึง Main Effect Plot ของการเกิดของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ F4PN



รูปที่ 6.14 กราฟแสดงถึง Main Effect Plot ของการเกิดของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ F4PN

จากรูปที่ 6.11 และ 6.13 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดของเสียในการผลิต เทฟลอนทั้งสองผลิตภัณฑ์มีความเหมือนกันคือ ปัจจัย A, B, C และ D ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟจะ เห็นเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับปัจจัยของปัจจัยหลัก A, B และ C จากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุดจะ ให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอนที่เพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงระดับปัจจัย ของ B จะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอนที่มากที่สุด แต่การเปลี่ยนแปลง ระดับปัจจัยของปัจจัยหลัก D จากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุดจะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียใน การผลิตเทฟลอนที่ลดลง กล่าวคือ

สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น G201 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลัก A, B และ C จากค่าต่ำไปหา ค่าสูงสุด จะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอนเพิ่มขึ้น 8.313, 18.438 และ 4.313 ตามลำดับ และ การเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลัก D จากค่าต่ำไปหาค่าสูงสุดจะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิด ของเสียในการผลิตเทฟลอนลดลง 4.188

สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN การเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลัก A, B และ C จากค่าต่ำไปหา ค่าสูงสุด จะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอนเพิ่มขึ้น 8.687, 17.563 และ 5.312 ตามลำดับ และ การเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลัก D จากค่าต่ำไปหาค่าสูงสุดจะให้ผลของค่าเฉลี่ยการเกิด ของเสียในการผลิตเทฟลอนลดลง 4.563

สำหรับปัจจัยร่วม BC และ CD เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.12 และ 6.14 จะเห็นได้ว่ามีความ คล้ายคลึงกัน คือ สำหรับปัจจัยร่วม BC กราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองที่ B ระดับต่ำและ C ระดับสูงจะทำให้ค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียจากการผลิตเทฟลอนมีค่าต่ำซึ่งมีความชันมาก สำหรับ ปัจจัยร่วม CD จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองที่ C ที่ระดับต่ำและ D ระดับสูงจะทำให้ ค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียจากการผลิตเทฟลอนมีค่าต่ำ จากการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) ดังในตารางที่ 6.5 และ 6.6 พบว่าสมการถดถอยเพื่อใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยของการ เกิดของเสียในกระบวนการผลิตเทฟลอนรุ่น G201 และ F4PN มีความเหมาะสม โดยมีสัมประสิทธิ์ ตัดสินใจ R-Sq (adjust) อยู่ที่ระดับ 94.12% และ 93.88% ตามลำดับ

ตารางที่ 6.5 การวิเคราะห์สมการถดถอยของการทดลองผลิตภัณฑ์ G201

The regression equation is
 Defect = 26.344 + 4.719 A + 9.656 B + 2.281 C – 1.844 D + 6.594 BC + 1.594 CD

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	26.344	0.5821	45.26	0.000
A	4.719	0.5821	8.11	0.000
B	9.656	0.5821	16.59	0.000
C	2.281	0.5821	3.92	0.001
D	-1.844	0.5821	-3.17	0.004
B*C	6.594	0.5821	11.33	0.000
C*D	1.594	0.5821	2.74	0.011

S = 3.29261 R-Sq = 95.26% R-Sq(adj) = 94.12%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	5444.19	907.36	83.7	0.000
Residual Error	25	271.03	10.84		
Total	31	5715.22			

ตารางที่ 6.6 การวิเคราะห์สมการถดถอยของการทดลองผลิตภัณฑ์ F4PN

The regression equation is
 Defect = 26.344 + 4.719 A + 9.656 B + 2.281 C – 1.844 D + 6.594 BC + 1.594 CD

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	28.406	0.5435	52.27	0.000
A	4.344	0.5435	7.99	0.000
B	8.781	0.5435	16.16	0.000
C	2.656	0.5435	4.89	0.000
D	-2.281	0.5435	-4.20	0.000
B*C	5.531	0.5435	10.18	0.000
C*D	1.844	0.5435	3.39	0.002

S = 3.07429 R-Sq = 95.06% R-Sq(adj) = 93.88%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	4551.44	758.57	80.27	0.000
Residual Error	25	236.28	9.45		
Total	31	4787.72			

6.2.4 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

โดยการใช้ส่วนโปรแกรมย่อย Response Optimizer ของโปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์หาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการศึกษาของการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอน อย่างมีนัยสำคัญต่างๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะต้องเป็นค่าที่ต่ำที่สุด และจากผลลัพธ์ของโปรแกรมย่อย Response Optimizer ในรูปที่ 6.14 และ 6.15 จะเห็นว่าผลลัพธ์ของการทดลองผลิตภัณฑ์ทั้งสองรุ่น นั้นเหมือนกัน โดยจะได้ระดับของปัจจัยต่างๆ ดังในตารางที่ 6.7

ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนโปรแกรมย่อย Response Optimizer นี้ในส่วนของการทดลอง รุ่น G201 จะได้ค่าการเกิดของเสียจากการผลิตเทฟลอนคือ 7.4063 ชิ้นและในส่วนของการทดลอง รุ่น F4PN จะได้ค่าการเกิดของเสียจากการผลิตเทฟลอนคือ 11.9687 ชิ้น ซึ่งการเกิดของเสียจากผลิต เทฟลอนของการทดลองรุ่น G201 และ F4PN คิดเป็น 12.34% และ 19.95% ตามลำดับ

Optimal	Hi	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4
D	Cur	1.0	1.0	1.0	1.0
0.99391	Lo	[-1.0]	[-1.0]	[1.0]	[1.0]
		-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Defect Minimum y = 7.4063 d = 0.99391				

รูปที่ 6.15 ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนโปรแกรมย่อย Response Optimizer ของโปรแกรม Minitab สำหรับการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น G201

Optimal D 0.98236	Hi Cur Lo	Temp1 1.0 [-1.0] -1.0	Temp2 1.0 [-1.0] -1.0	Temp3 1.0 [1.0] -1.0	Temp4 1.0 [1.0] -1.0
Defect Minimum $y = 11.9687$ $d = 0.98236$					

รูปที่ 6.16 ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนโปรแกรมย่อย Response Optimizer ของโปรแกรม Minitab สำหรับการทดลองผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN

ตารางที่ 6.7 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองเพื่อการยืนยันผลการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองรุ่นคือ G201 และ F4PN

ปัจจัย	ระดับปัจจัยที่เหมาะสม
1. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1	350 °C (ค่าปัจจุบัน)
2. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2	370 °C (ค่าปัจจุบัน)
3. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3	400 °C
4. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4	280 °C
5. ความเร็วของผลิตภัณฑ์	80 cm/hr (ค่าปัจจุบัน)

6.2.5 การทดลองเพื่อการยืนยันผลการทดลอง

เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองที่ได้จากการพิจารณาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆ ในการผลิตเทฟลอนสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดคือ G201 และ F4PN โดยใช้ระดับปัจจัยตามที่ได้กำหนดในตารางที่ 6.7 ทำการผลิตเทฟลอนทั้งสองรุ่นเพื่อส่งลูกค้าตามปกติเป็นเวลา 3 เดือน โดยผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 6.8 และ 6.9

ตารางที่ 6.8 สรุปเทพลอนที่ผลิตในปี 2551 รุ่น G201

	Grade A (เมตร)	Grade B (เมตร)	Scrap (เมตร)	Total (เมตร)
มกราคม	455	45	4	504
กุมภาพันธ์	652	50	6	708
มีนาคม	626	52	6	684
รวม	1,733	147	16	1,896

ตารางที่ 6.9 สรุปเทพลอนที่ผลิตในปี 2551 รุ่น F4PN

	Grade A (เมตร)	Grade B (เมตร)	Scrap (เมตร)	Total (เมตร)
มกราคม	304	63	5	372
กุมภาพันธ์	496	108	8	612
มีนาคม	481	89	6	576
รวม	1,281	260	19	1,560

จากตารางที่ 6.8 จะเห็นว่าสัดส่วนของเสียในการผลิตเทพลอนรุ่น G201 ในเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคมซึ่งได้ผลิตไปทั้งหมด 1,896 เมตร คือ 0.086 และจากตารางที่ 6.9 จะเห็นว่าสัดส่วนของเสียในการผลิตเทพลอนรุ่น F4PN ในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคมซึ่งได้ผลิตไปทั้งหมด 1,560 เมตร คือ 0.1788 โดยจะเปรียบเทียบกับข้อมูลของการเกิดของเสียในการผลิตเทพลอน ในปี พ.ศ. 2548 และ 2549 พบว่าสัดส่วนการเกิดของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น G201 คือ 0.1301 และสัดส่วนการเกิดของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN คือ 0.2373 ซึ่งได้สรุปสัดส่วนของเสียไว้ในตารางที่ 6.10 ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนของเสียในการผลิตเทพลอนโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองของรุ่น G201 และ F4PN จะลดลง 33.9 % และ 24.65 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคิดเป็นจำนวนโดยนำความสูญเสียในปี พ.ศ. 2549 มาใช้เทียบจะเห็นได้ว่าหลังทำการทดลองสามารถลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน ประมาณ 500,000 บาทและ 600,000 บาทต่อปีของผลิตภัณฑ์รุ่น G201 และ F4PN ตามลำดับ

ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนทำการทดลองและหลังทำการทดลองและการลดความสูญเสีย

	ก่อนทำการทดลอง	หลังทำการทดลอง	ลดลง(%)	ความสูญเสียลดลง (บาท)
PV102(G201)	13.01%	8.6%	33.90	537,389
PV103(F4PN)	23.73%	17.88%	24.65	627,642

จากตารางที่ 6.11 จะเห็นว่าสัดส่วนของเสียที่ได้จากการผลิตจริงเป็นเวลา 3 เดือนนั้นมีค่ามากกว่าสัดส่วนของเสียที่น้อยที่สุดที่ได้จากการทดลอง สาเหตุน่าจะมาจากความผันแปรต่างๆ ของปัจจัยที่ได้รับการควบคุมในการทดลองเช่น พนักงานผลิตมีหลายคน เป็นต้น แต่ก็ถือว่าเป็นที่ยอมรับได้

ตารางที่ 6.11 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการทดลองกับการผลิตจริง

	การทดลอง	ผลการผลิต
PV102(G201)	6%	8.6%
PV103(F4PN)	16%	17.88%

นำสัดส่วนของเสียขั้นต้นไปทดสอบสมมติฐานดังนี้

1. ทดสอบสมมติฐานของผลิตภัณฑ์รุ่น G201

$$H_0 : p = 0.1301$$

$$H_1 : p < 0.1301$$

$$Z_0 = \frac{X - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}} = \frac{0.086 - 1896 * 0.1301}{\sqrt{1896 * 0.1301(1-0.1301)}} = -16.83$$

โดยที่ใช้ $\alpha = 0.05$ เปิดตารางหาค่า $-Z_\alpha = -Z_{0.05} = -1.645$

เนื่องจาก $Z_0 < -Z_{0.05}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากผลิตเทพลอนรุ่น G201 โดยใช้ระดับของปัจจัยที่ได้จากการทดลอง มีค่าน้อยกว่าการผลิตเทพลอน โดยใช้ระดับของปัจจัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

2. ทดสอบสมมติฐานของผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN

$$H_0 : p = 0.2373$$

$$H_1 : p < 0.2373$$

$$Z_0 = \frac{X - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}} = \frac{0.1788 - 1560 * 0.2373}{\sqrt{1560 * 0.2373(1-0.2373)}} = -22.02$$

โดยที่ใช้ $\alpha = 0.05$ เปิดตารางหาค่า $-Z_\alpha = -Z_{0.05} = -1.645$

เนื่องจาก $Z_0 < -Z_{0.05}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากผลิตเทพลอนรุ่น F4PN โดยใช้ระดับของปัจจัยที่ได้จากการทดลอง มีค่าน้อยกว่าการผลิตเทพลอน โดยใช้ระดับของปัจจัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

6.3 สรุป

จากการออกแบบการทดลองและมีการทำการทดลองตามแผนที่วางไว้อย่างเคร่งครัด ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เพื่อการพิจารณากำหนดระดับปัจจัยของปัจจัยต่างๆ ในการผลิตเทพลอนได้ ซึ่งจากการทำการทดลองเพื่อยืนยันผลของเทพลอนทั้งสองรุ่น โดยได้ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3 จาก 380 °C เป็น 400 °C และ อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4 จาก 260 °C เป็น 280 °C พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการผลิตเทพลอนนั้นลดลงจากการผลิตเทพลอนโดยใช้ระดับปัจจัยแบบเดิม