

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลเบื้องต้น

จากข้อมูลดังผลการทดลองเบื้องต้นในตารางที่ 4.1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลจะได้ค่าตามตารางที่ 4.2 และภาพประกอบที่ 4.1 กับ 4.2 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) จะพบว่าไม่มีความแตกต่างของปัจจัยและมีเพียงปัจจัยต้นคือ ระดับอุณหภูมิกับสปริงที่มีค่าเข้าใกล้ช่วงความเชื่อมั่นและเมื่อทำการวิเคราะห์ถึงระดับของตัวแปรในการทดลองที่ออกแบบเบื้องต้นนั้นยังมีระดับที่แตกต่างกันน้อยเกินไป และจากการทำงานของลูกเบี้ยวซึ่งจะมีสปริงเป็นส่วนประกอบในการกดอัดถูกพบว่ามีค่าสปริงจะต้องออกแบบให้มีแรงกดตัว (K) ที่เหมาะสมกับชุดลูกเบี้ยวแต่ละชุดไม่เหมือนกันและค่าสปริงค่าเดิมที่ติดอยู่กับเครื่อง เป็นการออกแบบมาให้เหมาะสมกับเครื่องจักรแล้วจึงควรที่จะควบคุมให้เป็นค่าเดิมที่คงที่เพื่อที่จะไม่ให้งานของลูกเบี้ยวผิดพลาดไป จึงต้องกำจัดปัจจัยของสปริงออกไปในการศึกษา เหลือเพียงระดับอุณหภูมิของขดลวดในการปิดผนึกและอัตราผลิตโดยทำการออกแบบการทดลองครั้งที่ 2 ให้ค่าของตัวแปรมีความแตกต่างมากกว่าเดิมเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

รูปแบบจำลองผลของตัวแปร 3 ตัวแปร คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$$

โดยที่ τ_i : ผลของค่าระดับอุณหภูมิ (Temp)
 β_j : ผลของค่าแรงกดอัดของสปริง (Force)
 γ_k : ผลของค่าอัตราผลิต (Production Rate)
 $(\tau\beta)_{ij}$: ผลของค่าปฏิสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าระดับอุณหภูมิ และ ค่าแรงกดอัดของสปริง

- $(\tau\gamma)_{ik}$: ผลของค่าปฏิสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าระดับอุณหภูมิ และ ค่าอัตราผลิต
- $(\beta\gamma)_{jk}$: ผลของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงกดอัดของสปริงและค่าอัตราผลิต
- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: ผลของค่าปฏิสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าระดับอุณหภูมิ และค่าแรงกดอัดของสปริงและ
ค่าอัตราผลิต

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

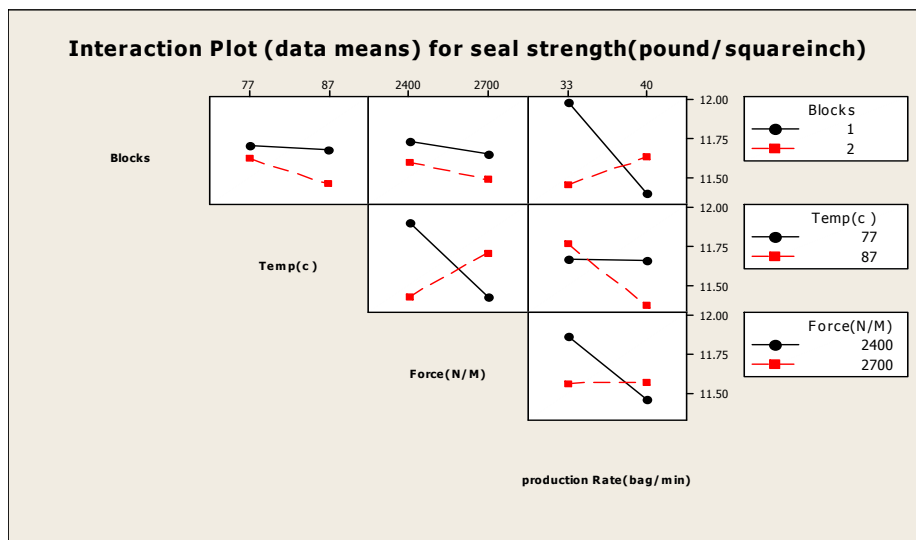
1. H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$
 H_1 : At least one $\tau_i \neq 0$
2. H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = 0$
 H_1 : At least one $\beta_j \neq 0$
3. H_0 : $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$
 H_1 : At least one $\gamma_k \neq 0$
4. H_0 : $(\tau\beta)_{ij} = 0$ ทุกค่าของ i, j
 H_1 : At least one $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$
5. H_0 : $(\tau\gamma)_{ik} = 0$ ทุกค่าของ i, k
 H_1 : At least one $(\tau\gamma)_{ik} \neq 0$
6. H_0 : $(\beta\gamma)_{jk} = 0$ ทุกค่าของ j, k
 H_1 : At least one $(\beta\gamma)_{jk} \neq 0$
7. H_0 : $(\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0$ ทุกค่าของ i, j, k
 H_1 : At least one $(\tau\beta\gamma)_{ijk} \neq 0$

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

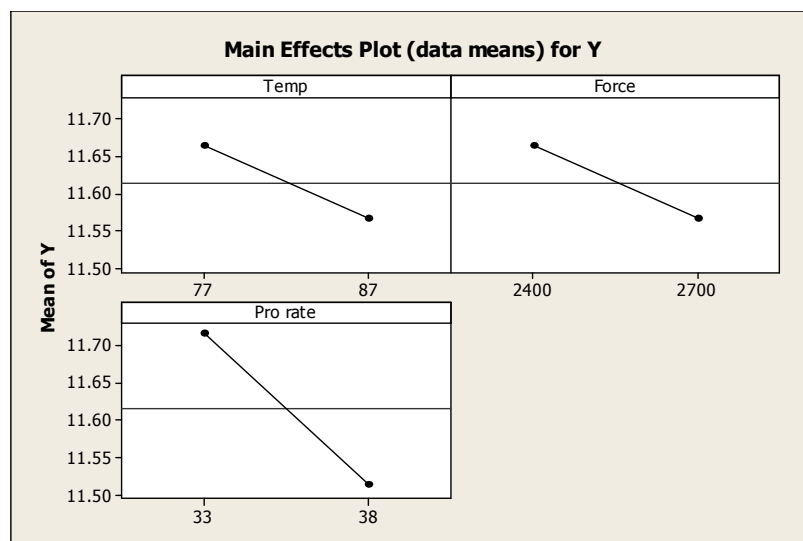
สภาวะที่	Blocks	ระดับอุณหภูมิ	สปริง	อัตราผลิต	ผลการทดลอง
		(°C)	(N/m)	(Bag/min)	(lb/in ²)
1	1	87	2400	40	11.00
2	1	77	2700	40	11.00
3	1	87	2700	33	12.10
4	1	87	2400	33	12.00
5	1	87	2700	40	11.60
6	1	77	2400	33	11.93
7	1	77	2400	40	12.00
8	1	77	2700	33	11.90
9	2	87	2700	40	11.88
10	2	77	2700	40	11.80
11	2	87	2700	33	11.25
12	2	77	2700	33	11.00
13	2	77	2400	40	11.83
14	2	87	2400	33	11.70
15	2	77	2400	33	11.85
16	2	87	2400	40	11.00

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากผลการทดลองเบื้องต้น

Analysis of Variance for seal strength (pound/square inch), using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	1	0.0930	0.0930	0.0930	0.59	0.466
Temp(c)	1	0.0380	0.0380	0.0380	0.24	0.637
Force(N/M)	1	0.0380	0.0380	0.0380	0.24	0.637
Production Rate(bag/min)	1	0.1640	0.1640	0.1640	1.05	0.340
Temp(c)*Force(N/M)	1	0.5776	0.5776	0.5776	3.69	0.096
Temp(c)*production Rate(bag/min)	1	0.1444	0.1444	0.1444	0.92	0.369
Force(N/M)*production Rate(bag/min)	1	0.1764	0.1764	0.1764	1.13	0.324
Temp(c)*Force(N/M)* Production Rate (bag/min)	1	0.2450	0.2450	0.2450	1.57	0.251
Error	7	1.0951	1.0951	0.1564		
Total	15	2.5716				
S = 0.395524		R-Sq = 57.42%		R-Sq(adj) = 8.75%		



ภาพประกอบที่ 4.1 ความสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง



ภาพประกอบที่ 4.2 Main Effect

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลครั้งที่ 2

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองครั้งที่ 2 ตามตารางที่ 4.3 จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม MINITAB แบบวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 2

สถานะที่	Blocks	ระดับอุณหภูมิ	อัตราผลิต	ผลการทดลอง
		°C	Bag/min	lb/in2
5	2	77	33	11.53
7	2	77	43	11.40
6	2	92	33	13.16
8	2	92	43	12.35
3	1	77	43	11.50
2	1	92	33	12.39
1	1	77	33	11.14
4	1	92	43	12.90

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองครั้งที่ 2

Analysis of Variance for seal strength(pound/square inch)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	1	0.0325	0.0325	0.0325	0.20	0.688
Temp	1	3.4191	3.4191	3.4191	20.67	0.020
product	1	0.0006	0.0006	0.0006	0.00	0.955
Temp*Product Rate	1	0.0351	0.0351	0.0351	0.21	0.676
Error	3	0.4962	0.4962	0.1654		
Total	7	3.9836				

S = 0.406709 R-Sq = 87.54% R-Sq(adj) = 70.93%

4.2.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองครั้งที่ 2

จากข้อมูลตารางที่ 4.3 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า F_{α, v_1, v_2} จากการเปิดตาราง F-Test จะได้ค่า $F_{0.05, 1, 7} = 5.59$ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F_0 ที่ได้จากการคำนวณในตาราง ANOVA มีค่ามากกว่าค่าจากการเปิดตาราง F-Test , F_{α, v_1, v_2} จะปฏิเสธ H_0 หมายความว่าตัวแปรนั้นๆ มีผลต่อความแข็งแรงของรอยปิดผนึกถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์

การวิเคราะห์ค่า ระดับอุณหภูมิในการปิดผนึก

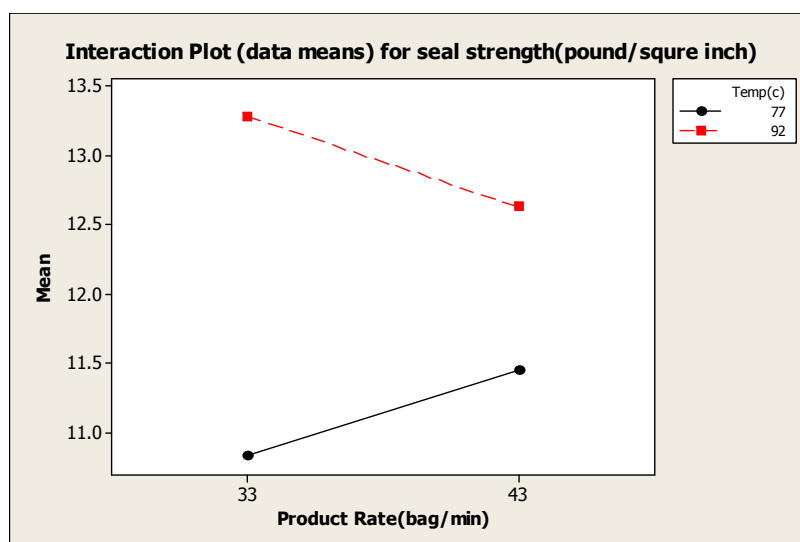
จากตารางที่ 4.4 ค่า $F_0 = 20.67$ ซึ่งเป็นค่าที่มีจำนวนมากกว่าค่า $F_{0.05, 1, 7} = 5.59$ จากการเปิดตาราง F-Test และค่า P-value = 0.020 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า อุณหภูมิ มีผลต่อความแข็งแรงของรอยปิดผนึกถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ แต่เรายังไม่ทราบวาระดับอุณหภูมิ ณ.ที่เท่าใดจึงจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตจริง จึงต้องไปออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

การวิเคราะห์ค่าอัตราผลิต

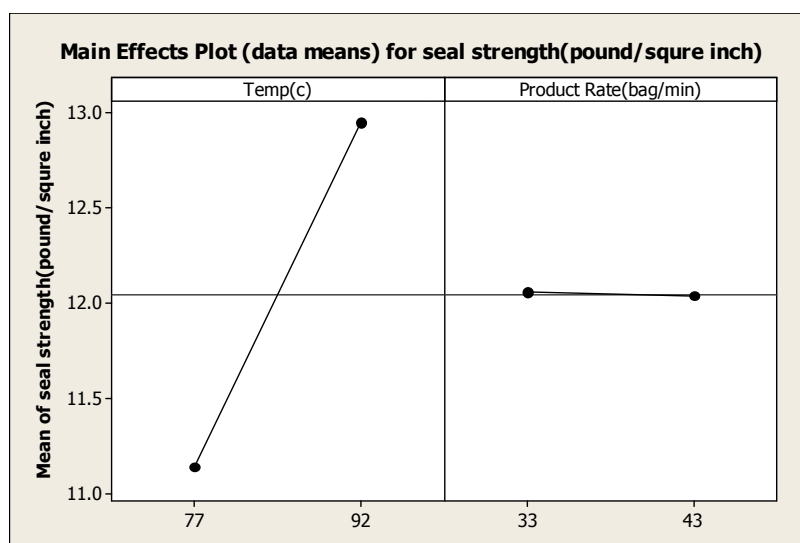
ในการทดลองเบื้องต้น พบว่าความห่างของระดับตัวแปรยังมีน้อย ครั้งนี้จึงได้ขยายความห่างของอัตราผลิตจาก 33 และ 40 ถุงต่อนาที เป็น 33 และ 43 ถุงต่อนาที และจากตารางที่ 4.4 ค่า $F_0 = 0.00$ ซึ่งเป็นค่าที่มีจำนวนน้อยกว่าค่า $F_{0.05, 1, 7} = 5.59$ และค่า P-value = 0.963 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าอัตราผลิตในช่วงที่กำหนดในการ

ทดลองไม่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยปิดผนึกถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ค่าอัตราผลิตที่สูงกว่าเพื่อเป็นประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตที่ดีกว่าเดิม โดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายคือการรั่วซึมตามมา

จากกราฟของภาพประกอบที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอุณหภูมิและอัตราผลิตมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กันถ้าเพิ่มอัตราผลิตให้มีช่วงที่สูงกว่าเดิม และเมื่อพิจารณาร่วมกับภาพประกอบที่ 4.4 จะพบว่าแนวโน้มเมื่อปรับอัตราผลิตสูงขึ้นตามค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกอยู่ในเกณฑ์ที่สูง แต่แนวโน้มได้ชี้ให้เห็นว่าถ้าอัตราผลิตที่สูงเกินขีดจำกัดอาจทำให้ความแข็งแรงลดลง



ภาพประกอบที่ 4.3 การปฏิสัมพันธ์



ภาพประกอบที่ 4.4 อิทธิพลหลักของปัจจัย

ตารางที่ 4.5 Least Squares Means for seal strength

ปัจจัย	Mean	SE Mean
อุณหภูมิ		
77	11.14	0.08683
92	12.95	0.08683
อัตราผลิต		
33	12.05	0.08683
43	12.04	0.08683
อุณหภูมิ * อัตราผลิต		
77*33	10.84	0.12280
92*33	13.27	0.12280
77*43	11.45	0.12280
92*43	12.63	0.12280

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผลระหว่าง อุณหภูมิ * อัตราผลิตที่ระดับ อุณหภูมิ = 92 และ อัตราผลิต = 33 จะให้ค่าความแข็งแรงรอยปิดผนึกสูงกว่าค่าอื่น

4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์การแปรปรวนของปัจจัย

One-way ANOVA: seal strength					
Source	DF	SS	MS	F	P
Temp	4	6.770	1.692	2.76	0.033
Error	83	50.955	0.614		
Total	87	57.724			
S = 0.7835		R-Sq = 11.73%		R-Sq(adj) = 7.47%	

จากตารางที่ 4.6 อธิบายได้ว่าในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ค่าอุณหภูมิมีค่า P-value ที่ 0.033 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าอุณหภูมิมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก แต่ค่า R^2 น้อยมากอันเนื่องมาจากการแปรปรวนของข้อมูลสูงอันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการเย็นตัวของรอยปิดผนึก และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.7 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุดจากอัตราผลิตที่ 43 ถูกลงทันที จึงเลือกระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในสถานะที่มีอัตราผลิตอยู่ที่ระดับ 43 ถูกลงทันทีเพื่อใช้ในการผลิตจริงจากความสัมพันธ์เมื่ออัตราผลิตสูงขึ้นเวลาถัดมาจะลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่ทำการปิดผนึกต้องสูงตามไปด้วยจึงสามารถปิดผนึกได้ แต่เนื่องจากค่าดังกล่าวยังมิได้รับการยืนยันจึงต้องนำไปทดสอบเพื่อเป็นการยืนยันผลอีกครั้งก่อนนำไปใช้ในการผลิตจริง

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบความแข็งแรงรอยปิดผนึก

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	+-----+-----+-----+-----
100	16	11.469	0.618	(-----*-----)
105	16	11.844	0.747	(-----*-----)
85	17	11.235	0.687	(-----*-----)
90	22	11.182	0.920	(-----*-----)
95	17	11.794	0.849	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
				10.85 11.20 11.55 11.90
				Pooled StDev = 0.784

4.4 การทำการทดลองด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Testing Machine)

เนื่องด้วยระหว่างการทดสอบ พบว่าวิธีการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของการปิดผนึกจากเครื่อง Burst Test ยังมีความแม่นยำในด้านของการระบุตำแหน่งที่อุณหภูมิรั่วซึมดีไม่พอ จึงได้นำเอาวิธีการทดสอบความแข็งแรงของการปิดผนึกด้วยเครื่อง Tensile Testing Machine

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุนมและผลิตภัณฑ์นม (มอก. 653-2529) มาช่วยยืนยันซึ่งเครื่องมือทดสอบชนิดนี้สามารถระบุได้ว่าตำแหน่งใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน และจากผลลัพธ์ที่แสดงในตารางภาคผนวก ข1 ข2 ข3 ข4 และ ข5 (Agro-Industry Development Center for Export, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, 2549) จะนำมาวิเคราะห์ในแบบเดียวกันคือวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์การแปรปรวนของปัจจัยเพื่อยืนยันผลด้วยเครื่อง Tensile Testing Machine

One-way ANOVA: Y versus Temp					
Source	DF	SS	MS	F	P
Temp	4	233.03	58.26	7.26	0.000
Error	70	561.62	8.02		
Total	74	794.64			

S = 2.833 R-Sq = 29.32% R-Sq(adj) = 25.29%

จากตารางที่ 4.7 อธิบายได้ว่าในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ค่าอุณหภูมิ มีค่า P-value ที่ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าระดับอุณหภูมิ มีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึก แต่ก็ยังพบว่าความแปรปรวนของข้อมูลยังสูงเนื่องจากค่า R^2 ยังมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มาก

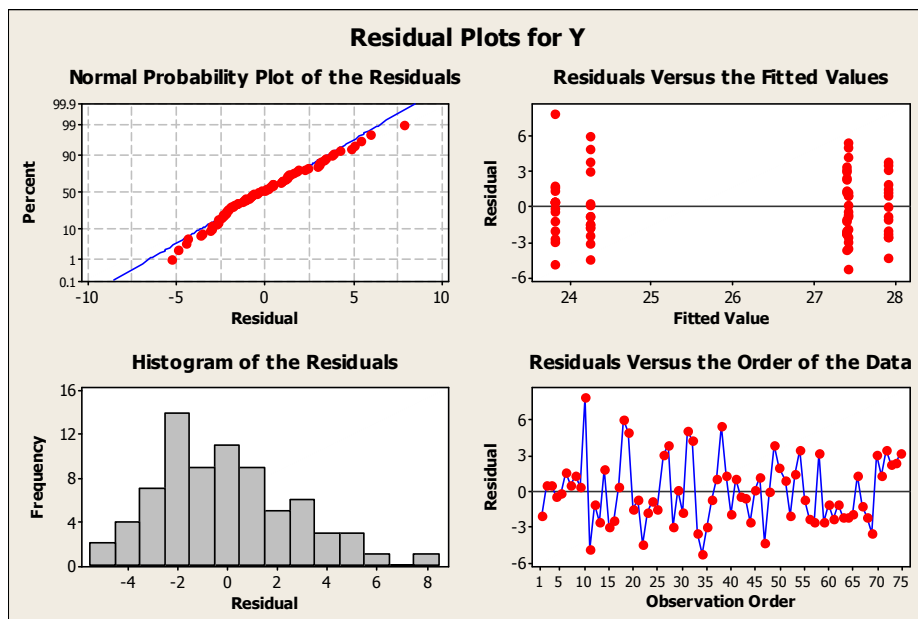
กิตติศักดิ์ (2545) อธิบายว่าจากภาพประกอบที่ 4.5 1 แสดงการวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบการทดลอง โดยพิจารณาดังนี้

1. Residual จากชุดข้อมูลที่ทำการศึกษามีมากกว่า 30 ชุดข้อมูลดังนั้นจึงพิจารณาจากกราฟ ฮิสโตแกรม (Histogram) ว่าอยู่ในลักษณะระฆังคว่ำหรือไม่ ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ

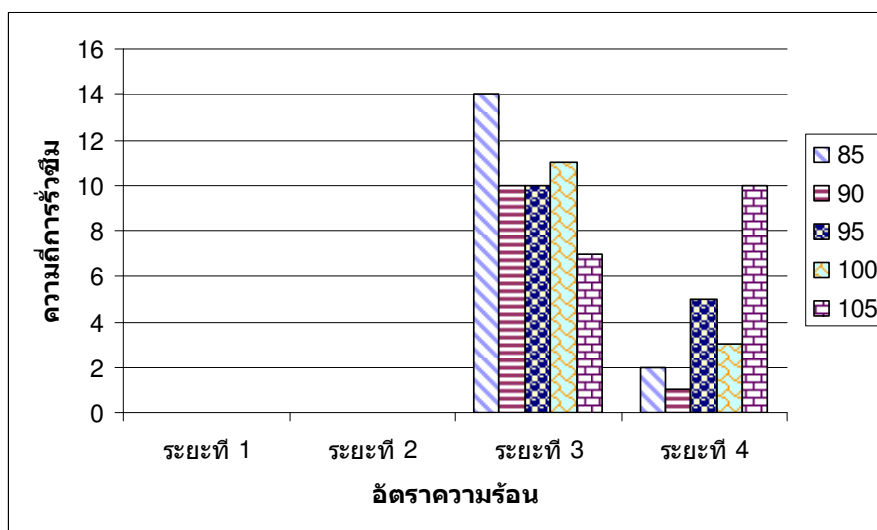
2. Fit พิจารณาข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์หรือไม่ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่ายังมีความผันแปรของข้อมูลอันมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อม

ขณะทำการผลิตเช่นอุณหภูมิของห้องส่งผลการยื่นตัวของรอยปิดผนึกหลังจากผ่านกระบวนการปิดผนึกด้วยความร้อน

3. Observation พิจารณาว่าข้อมูลมีลักษณะสุ่มภายใต้พิสัยควบคุมหรือไม่ก็พบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ

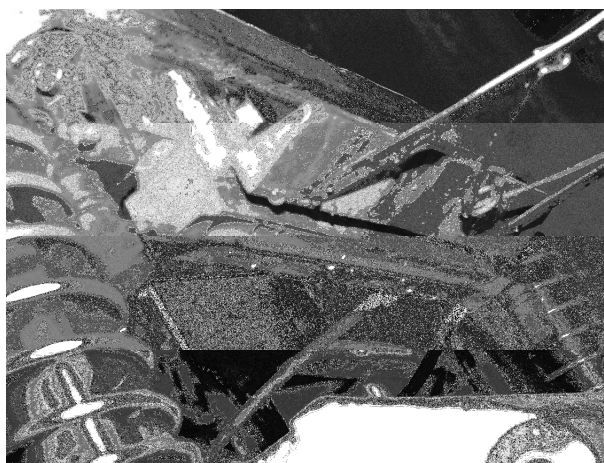


ภาพประกอบที่ 4.5 Residual Plot



ภาพประกอบที่ 4.6 การเปรียบเทียบตำแหน่งและความถี่ในการร่วซึม

จากภาพประกอบที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งและความถี่ในการรื้อซึมพบว่าระดับอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียสมีปริมาณการเกิดของเสียน้อยที่สุดและบริเวณที่เกิดรอยรื้อมากที่สุดคือระยะที่ 3 ซึ่งอยู่ในช่วงความยาว 7.4 ซม. – 11.1 ซม. จากความยาวทั้งหมด 14.8 ซม. ของรอยปิดผนึกในแนวนอนด้านล่าง จากการสังเกตเมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งระยะที่ 4 ซึ่งอยู่ในช่วงความยาว 11.1 – 14.8 จะปรากฏว่าระดับอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียสมีความถี่ในการรื้อซึมมากที่สุดซึ่งจะขัดแย้งกับผลที่เกิดในระยะที่ 3 ที่มีความถี่ในการรื้อซึมน้อย จากการสำรวจและค้นหาการเกิดปัญหาในบริเวณระยะที่ 4 เพิ่มเติมพบว่าแถบขดลวดความร้อนในบริเวณระยะที่ 4 จะอยู่ในลักษณะที่ต่ำกว่าระดับของระยะที่ 3 เป็นผลให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนดังแสดงในรูปประกอบที่ 4.7



ภาพประกอบที่ 4.7 ลักษณะแถบขดลวดความร้อน

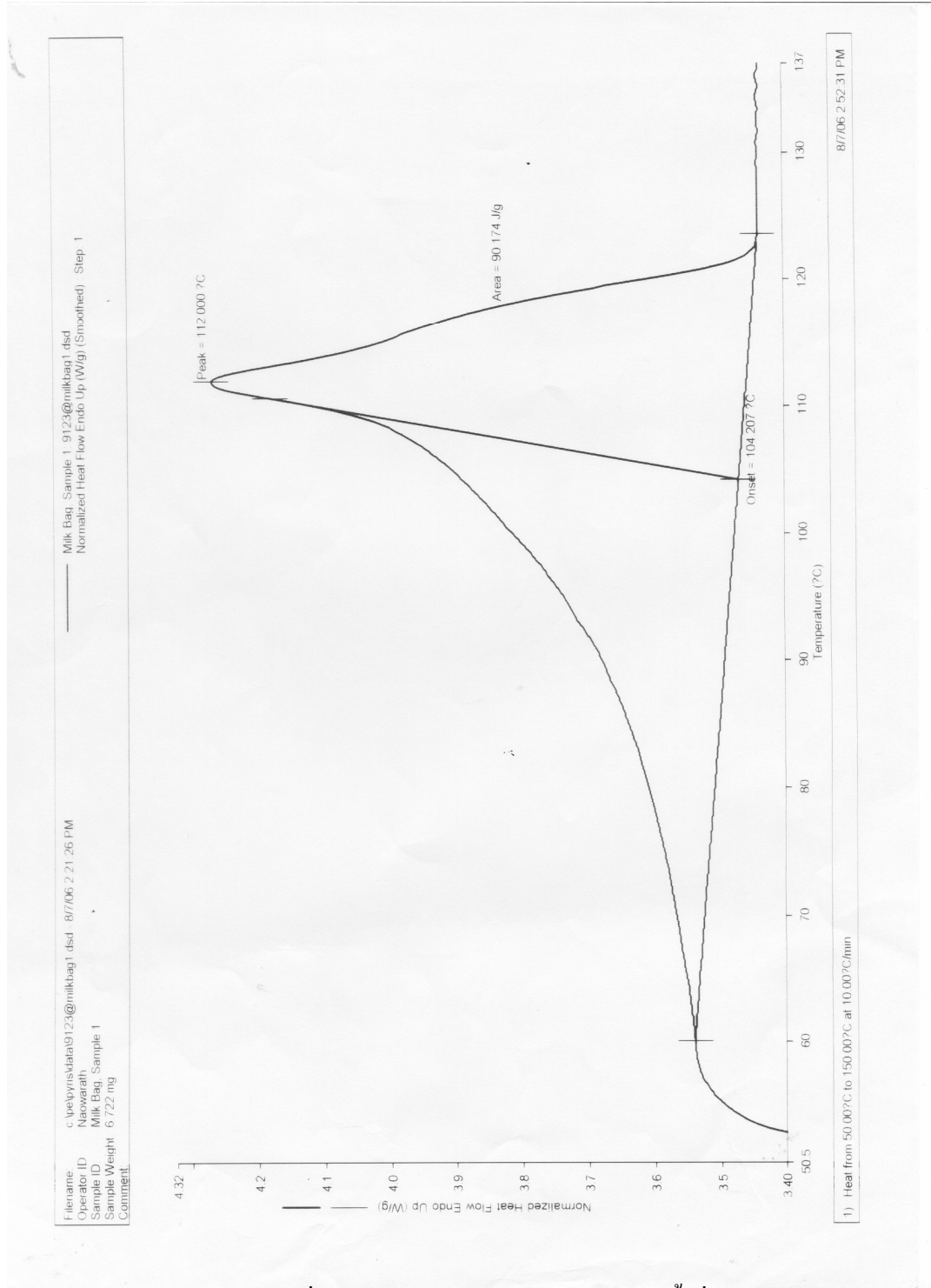
4.5 ผลการทดสอบสมบัติการหลอมตัวของฟิล์มพลาสติก

เมื่อผ่านกระบวนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัย และสามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมของตัวแปรแต่ละตัวว่าควรอยู่ในระดับใด สิ่งที่ต้องกำหนดอีกอย่างก็คือพลาสติกฟิล์มควรจะมีความถี่เป็นอย่างไรที่เหมาะสมนำไปใช้กับระดับอุณหภูมิและอัตราผลิต ซึ่งในการปิดผนึกถุงนมพาสเจอร์ไรซ์เป็นการปิดผนึกโดยใช้ความร้อนจึงต้องนำพลาสติกฟิล์มไปทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิหลอมตัวผลึก และนำมากำหนดเป็นสมบัติในการตรวจรับพลาสติกที่จะนำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่อไป

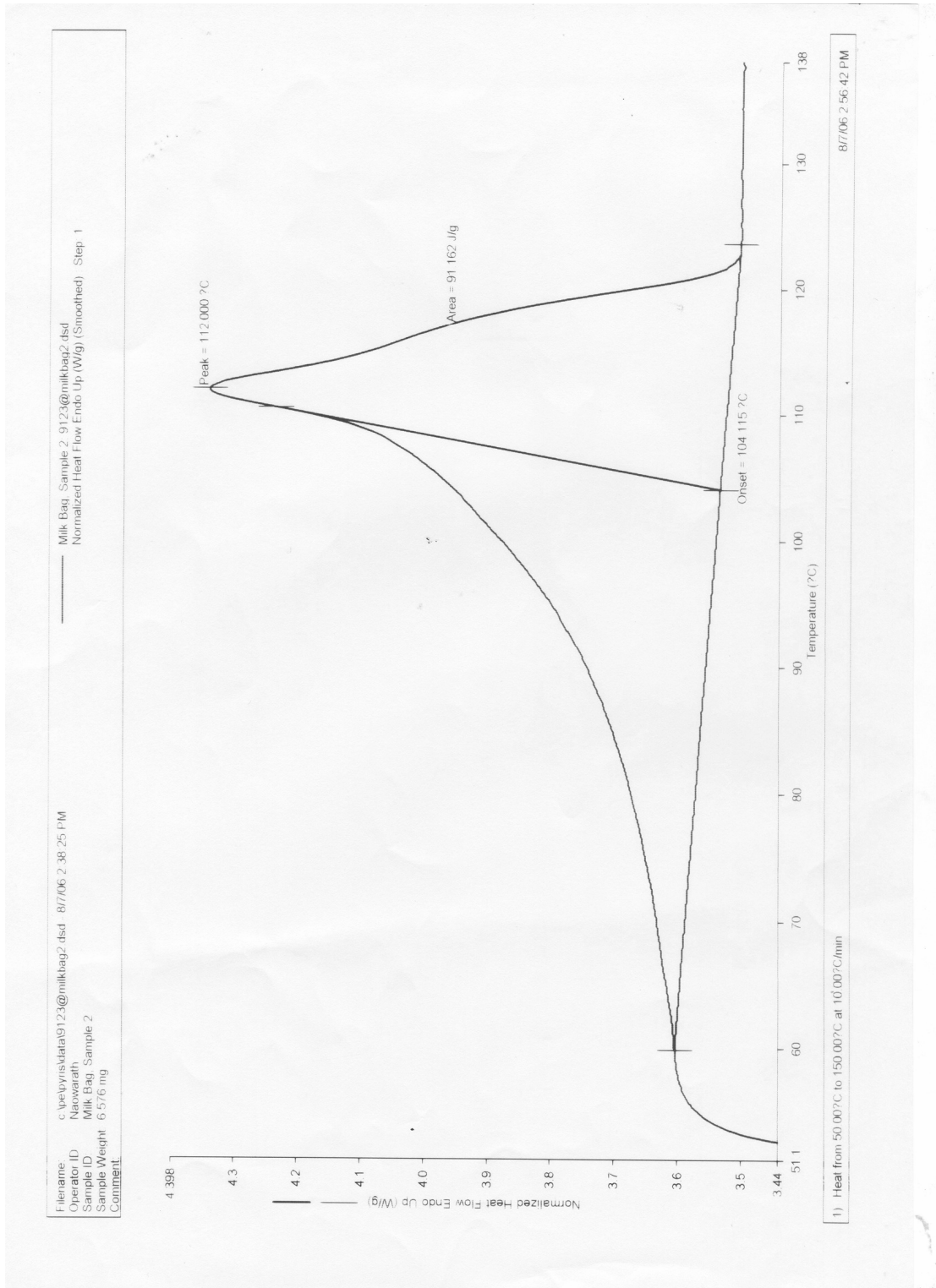
4.5.1 เครื่องมือทดสอบ คือ Differential Scanning Calorimeter (Perkin Elmer, DSC7)

4.5.2 สภาวะการทดสอบ ช่วงอุณหภูมิการวิเคราะห์ อยู่ระหว่าง 50-150 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส ต่อ นาที

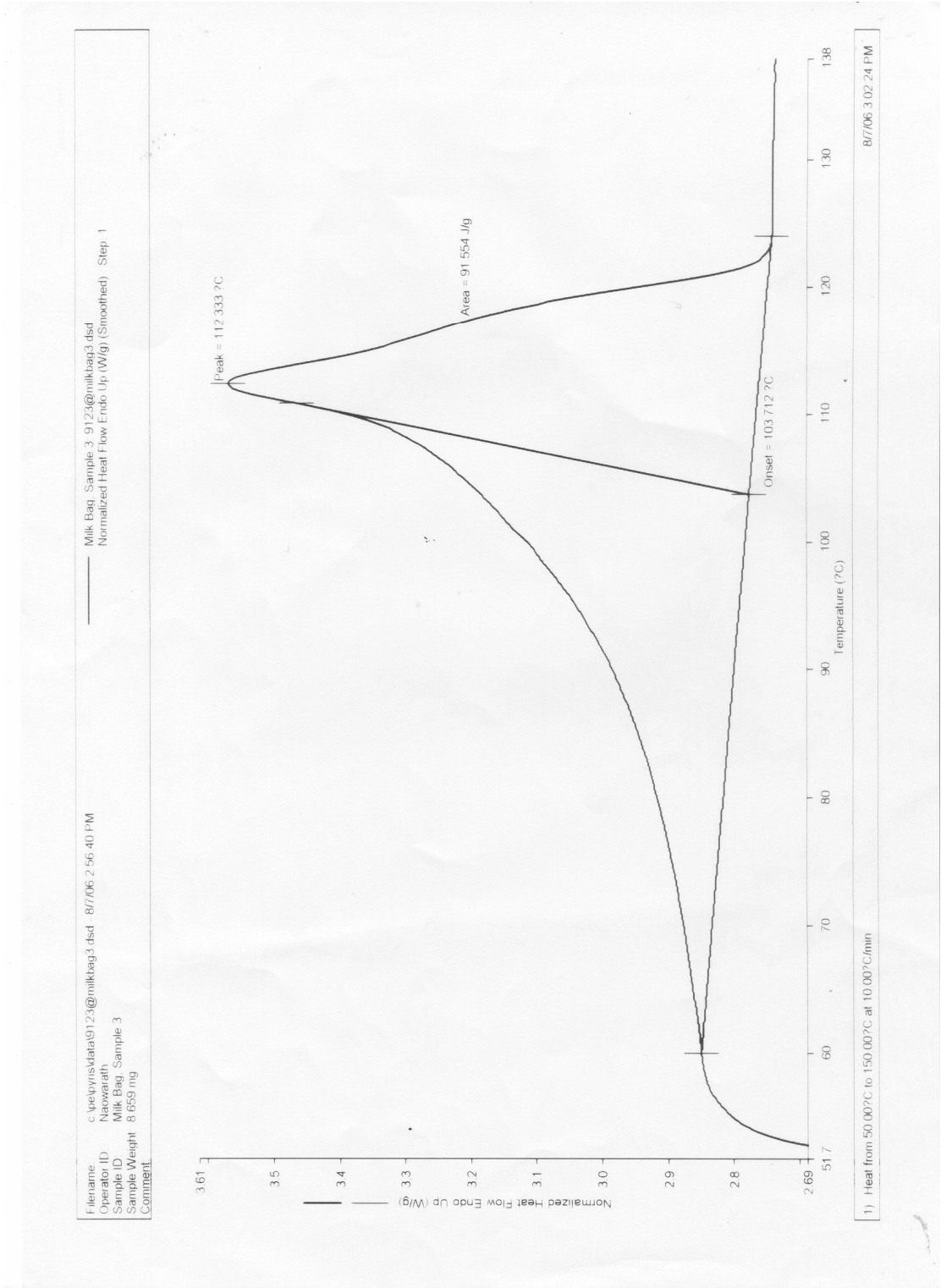
4.5.3 ผลการทดสอบ แสดงเป็นกราฟ 3 ตัวอย่าง ซึ่งจะเริ่มพิจารณาค่าเมื่อพลาสติกเริ่มเปลี่ยนสถานะ (Onset) และมีอุณหภูมิหลอมตัวหลัก ดังภาพประกอบที่ 4.8, 4.9 และ 4.10



ภาพประกอบที่ 4.8 จุดหลอมตัวของฟิล์มพลาสติกครั้งที่ 1
 ที่มา: ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2549



ภาพประกอบที่ 4.9 จุดหลอมตัวของฟิล์มพลาสติกครั้งที่ 2
ที่มา: ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2549



ภาพประกอบที่ 4.10 จุดหลอมตัวของฟิล์มพลาสติกครั้งที่ 3
ที่มา: ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2549

จากภาพประกอบที่ 4.8, 4.9, 4.10 แสดงจุดหลอมตัวของฟิล์มพลาสติกจะได้ค่าอุณหภูมิหลอมตัวผลึก 3 ค่า คือ 104.207, 104.115, 103.712 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมาเฉลี่ยกันจะได้ค่าสมบัติของฟิล์มพลาสติกที่เหมาะสมกับสถานะที่มีอัตราผลึก 43 ฤง ต่อหน้าที่ และระดับอุณหภูมิของการปิดผนึกเป็น 105 องศาเซลเซียส ควรมีจุดหลอมตัวของฟิล์มพลาสติกอยู่ที่ 104.0113 องศาเซลเซียส

4.6 การทดลองเพื่อยืนยันผล

เมื่อทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมแล้ว ได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละตัวแปรที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของการปิดผนึกในระดับที่มีความแข็งแรงสูงขึ้นไปและดีกว่าค่าอื่น แต่ก่อนที่จะนำค่าที่ได้ไปใช้งานควรทำการทดสอบเพื่อเป็นการยืนยันว่าสามารถใช้งานได้จริงไม่มีปัญหาตามมา จึงได้กำหนดการทดลองไว้ดังนี้

4.6.1 วิธีการทดลองเพื่อยืนยันผล

- 4.6.1.1 กำหนดอัตราผลึกไว้ที่ระดับ 43 ฤงต่อหน้าที่
- 4.6.1.2 กำหนดระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกอยู่ที่ระดับ 105 องศาเซลเซียส
- 4.6.1.3 ใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีสมบัติจุดหลอมตัวอยู่ที่ระดับ 104 องศาเซลเซียส
- 4.6.1.4 ใช้นมสดจริงในการผลิต
- 4.6.1.5 เก็บตัวอย่างถุงนม ครั้งชั่วโมงต่อ1ฤง จากเวลาทำการผลิต 1 วัน
- 4.6.1.6 ตรวจสอบเช็การรั่วซึมของถุงนมขณะทำการผลิตทุกชั้น
- 4.6.1.7 นำถุงนมตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบกับเครื่อง Burst Test เพื่อหาค่าความแข็งแรง

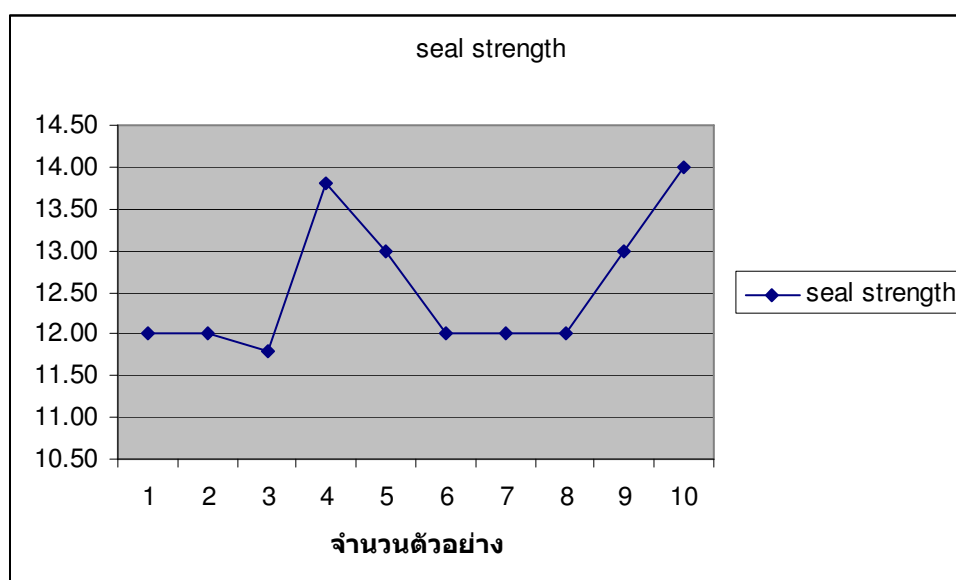
4.6.2 ผลการทดลองเพื่อยืนยันผล

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเพื่อยืนยันผล

อุณหภูมิ	Seal strenght (lb/in ²)										เฉลี่ย
	12.00	12.00	11.80	13.80	13.00	12.00	12.00	12.00	13.00	14.00	
105	12.00	12.00	11.80	13.80	13.00	12.00	12.00	12.00	13.00	14.00	12.56

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าค่าของความแข็งแรงรอยปิดผนึกที่อยู่ในระดับตั้งแต่ 12.00 ปอนด์/ ตารางนิ้วขึ้นไปจะมีโอกาสที่จะเกิดการรั่วซึมได้น้อยกว่าค่าความแข็งแรงที่อยู่ในระดับต่ำกว่า 12.00 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามภาพประกอบที่ 4.11 ดังนั้นค่าระดับอุณหภูมิที่ 105

องศาเซลเซียส ที่อัตราผลิต 43 ถุงต่อนาทีเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และไม่ทำให้เกิดของเสียจากการตรวจเช็คระหว่างทำการผลิต จึงแนะนำให้ทางโรงงานนำสภาวะการผลิตนี้ไปใช้งานได้ในการผลิตจริงต่อไป



ภาพประกอบที่ 4.11 ความแข็งแรงรอยปิดผนึกการทดสอบเพื่อยืนยันผล

4.7 ข้อเสนอแนะผลที่ได้จากการทดลองไปปฏิบัติ

จากผลการทดลองเพื่อหาค่าเหมาะสม และการทดลองเพื่อยืนยันผล พบว่าค่าความแข็งแรงจะต่างกันตามสภาวะที่กำหนดให้ ฉะนั้นการที่จะนำค่าที่ได้จากการทดลองไปปฏิบัติ นั้นจึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับสถานการณ์การผลิตและค่าเงื่อนไขควรอยู่ในช่วงที่ได้ทำการศึกษาเท่านั้น และเมื่อรวบรวมข้อมูลจากบันทึกการทดลองโดยได้เฉลี่ยค่าความแข็งแรงดังตารางที่ 4.10 และภาพประกอบที่ 4.12 สามารถสรุปสภาวะการนำไปปฏิบัติงานจริงได้ดังนี้

1) สภาวะต้องการความแข็งแรงของรอยปิดผนึกสูง และไม่มีควมเร่งด่วนในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าควรเลือกใช้สภาวะที่เงื่อนไข อัตราผลิต 33 ถุงต่อนาทีและอุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของรอยปิดผนึกถุงนมที่ระดับ 12.96 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2) สภาวะต้องการอัตราผลิตที่สูง เพื่อการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันตามกำหนดและให้ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกปานกลาง ควรเลือกสภาวะที่เงื่อนไข อัตราผลิต 43 ถุงต่อนาที และอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จะได้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของรอยปิดผนึกถุงนมที่ระดับ 11.89 ปอนด์ต่อตารางนิ้วแต่หากพิจารณาจากผลในตารางที่ 4.10 พบว่าแม้ในอัตราผลิตที่ 43

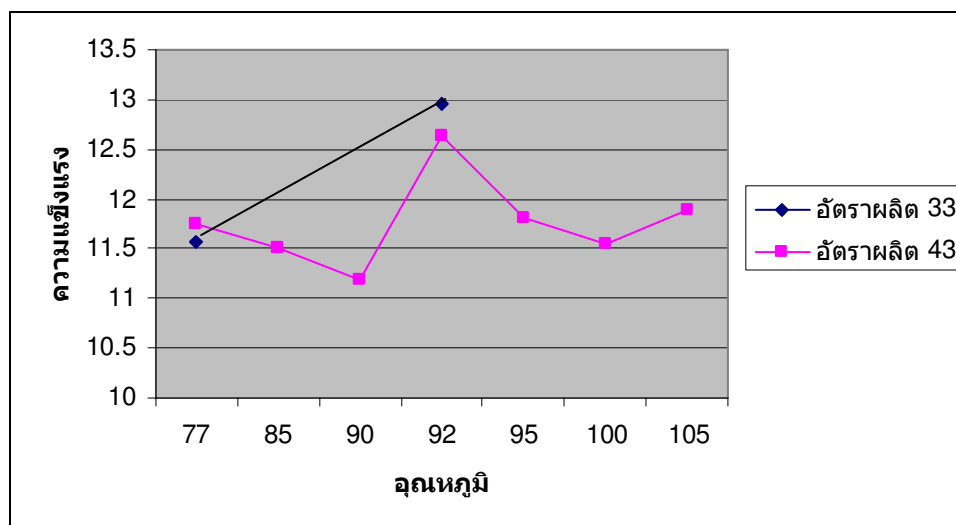
ถุงก่อนที่จะทำให้ค่าความแข็งแรงที่สูงคือ 12.64 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แต่ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ได้ จะไม่มีความสมบูรณ์เช่น เกิดครีบที่รอยปิดผนึกเนื่องจากอุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส ไม่สัมพันธ์กับ เวลาถอดที่เร็วขึ้นทำให้บางครั้งก็ตัดถุงนมไม่ขาดหรือถุงนมติดกันหลายถุงต้องเสียเวลาในการใช้ กรรไกรตัดอีกครั้ง แม้จะให้ค่าความแข็งแรงสูงก็ตามแต่ต้องเสียเวลาในการแก้ไขจึงเลือกที่จะใช้ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

3) จากการศึกษาพบว่า ไม่ควรกำหนดค่าเงื่อนไขให้สูงเกินขีดจำกัดของเครื่องจักรในด้านอัตราเร็วไม่ควรเกิน 50 ถุงต่อนาที เนื่องจากหากหมุนเร็วเกิน Profile ของชุดลูกเบี้ยว อาจทำให้เกิดการกระแทกกันได้ ด้านอุณหภูมิไม่ควรเกิน 110 องศาเซลเซียส อาจทำให้ฟิล์มพลาสติกไหม้ได้

ตารางที่ 4.10 ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยรวม

อุณหภูมิ	อัตราผลิต	
	33	43
77	11.575	11.75
85		11.50
90		11.18
92	12.96	12.64
95		11.81
100		11.54
105		11.89

ที่มา: ตารางภาคผนวก ก 2 และ ก 3



ภาพประกอบที่ 4.12 ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยรวม

4.8 อัตราสูญเสียไฟฟ้า

จากข้อมูลในบทที่ 1 ในการทำงานของเครื่องจักรมีแหล่งจ่าย คือ กระแสไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 380 โวลต์ มีอัตราสูญเสียไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 1 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ที่ความถี่ระดับ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz) แต่เมื่อทำการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Inverter ความถี่จากเครื่องจะเพิ่มขึ้นเป็น 65 Hz จึงจะได้อัตราผลิตที่ระดับ 43 ถูต่อต้านที่ ตามต้องการ ดังนั้นอัตราสูญเสียไฟฟ้าของเครื่องปิดผนึกจึงเพิ่มขึ้นเป็น 1.254 กิโลวัตต์/ชั่วโมง เมื่อเทียบกับอัตราสูญเสียไฟฟ้าตอนแรกคือ 1 กิโลวัตต์/ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 25.4 ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1. ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของรอยปิดผนึกจากการทดลองเบื้องต้นเท่ากับ 11.615 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว	1. ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของรอยปิดผนึกจากการทดลองเพื่อยืนยันผลเท่ากับ 12.56 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว
2. อัตราผลิตที่ระดับ 33 ถูต่อต้านที่	2. อัตราผลิตที่ระดับ 43 ถูต่อต้านที่เพิ่มขึ้น 30%
3. กระแสไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 380 โวลต์ มีอัตราสูญเสียไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 1 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ที่ความถี่ระดับ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz)	3. อัตราสูญเสียไฟฟ้าของเครื่องปิดผนึกเพิ่มขึ้นเป็น 1.254 กิโลวัตต์/ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 25.4%

<p>4. ด้านต้นทุนจากระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ต่อ 1 สายการผลิตสามารถผลิตได้ 15,840 ถูงต่อวัน</p>	<p>4. จากระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ต่อ 1 สายการผลิตสามารถผลิตได้ 20,640 ถูงต่อวัน เพิ่มขึ้น 4,800 ถูง คิดเป็นมูลค่า 28,800 บาท</p>
--	---