

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมของบริษัท ไทยเซกิซุย โฟม จำกัด



นางสาววิญหาล้า พานทอง  
นางสาวธิดารัตน์ ขุนเอม  
นางสาวยุคลพร หอมวิเศษ  
นางสาววันงาม อธิธาวัชกุล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาสถิติประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 35737  
วัน, เดือน, ปี 9 ส.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quality Control for Foam Products of Thai Seikisui Foam Company Limited



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้าอนุมัติ

หัวข้อปัญหาพิเศษ      การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมของบริษัท ไทยเซทซีซูโฟม จำกัด  
โดย                              นางสาวขวัญหล้า      พานทอง  
   นางสาวธิดารัตน์      ชุนเอม  
   นางสาวยุคลพร        หอมวิเศษ  
   นางสาววันงาม        อธิธิอาวัชกุล

ภาควิชา                              สถิติประยุกต์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ผศ. วีรศักดิ์      สุรพัฒน์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้นับ โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ลายเซ็น



(ผศ. วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี)

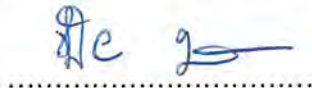
หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการ โครงการพิเศษ



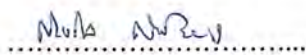
(ผศ. วีรศักดิ์      สุรพัฒน์)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ชูใจ      คูหารัตนไชย)

กรรมการ



(อาจารย์สายชล      สินสมบุญทอง)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมของบริษัท ไทยเซกิซุย์ จำกัด
นักศึกษา	นางสาววิญหาล้า พานทอง นางสาวธิดารัตน์ ขุนเอม นางสาวยุคลพร หอมวิเศษ นางสาววันงาม อิทธิอาวัชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. วีรศักดิ์ สุรพัฒน์
ภาควิชา	สถิติประยุกต์
ปีการศึกษา	2542

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อทำการศึกษาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมของบริษัท ไทยเซกิซุย์ จำกัด จากผลการวิจัย พบว่า การเก็บข้อมูลความหนามาทำการตรวจสอบ โดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan เกิดการยอมรับรุ่นทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การสร้างแผนภูมิค่าเฉลี่ย โดยใช้ข้อมูลความหนาของโฟม พบว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายนอกการควบคุม การความโน้มเอียงของค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนาโดยใช้การทดสอบความเป็นสุ่ม แสดงให้เห็นว่า มีผลิตภัณฑ์โฟมจำนวนหลายรุ่นเกิดความโน้มเอียงของค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นการยืนยันกระบวนการผลิตว่าไม่อยู่ภายใต้การควบคุม อนึ่งการเปรียบเทียบรูปแบบการเรียงตัวของจุด ในแผนภูมิค่าเฉลี่ย พบว่า มีแนวโน้มเป็นการเพิ่มของระดับและเป็นวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งให้เห็นว่า สาเหตุของกระบวนการผลิต ซึ่งตามทฤษฎีอาจเกิดจาก ความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรและการสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเป็นวัฏจักร

การวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ พบว่าค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางระหว่างเกณฑ์ข้อกำหนด ค่า  $C_{pk}$  ที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง 1.2-6.4 ภายใต้เงื่อนไขเกณฑ์มาตรฐานความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมขั้นต่ำ 1.7 มิลลิเมตร และขั้นสูง 2.5 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยกระบวนการ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการผลิตโฟมยังไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ค่า  $C_{pk}$  ที่คำนวณได้ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการผลิตในครั้งต่อไป

## ABSTRACT

<b>Special Project Title</b>	Quality Control for Foam Products of Thai Seikisui Foam Company Limited	
<b>Name</b>	Miss Khwanla	Pantong
	Miss Tidarat	Khunem
	Miss Yukonporn	Homviset
	Miss Wanngam	Ittiawatchakul
<b>Special Project Advisor</b>	Asst. Prof. Veerasak Surapat	
<b>Department</b>	Applied Statistics	
<b>Academic Year</b>	1999	

The purpose of this research was to study the quality control of foam products of Thai Seikisui Foam Company Limited. The result indicated that all lots for the thickness of foam accepted by Shainin Lot Plot Sampling Plan. However, the  $\bar{X}$ -charts for thickness data were showing the process was out of control. Runs test for average data in  $\bar{X}$ -charts revealed the unusual fluctuation. The types of fluctuation conformed steady change in level and cyclical trend. This types of fluctuation, by theory, may be due to declining machine or shift of workers in the period of specific time.

The analysis of process capability found that the process average was not in the middle of specifications. The  $C_{pk}$ , value were between 1.2 and 6.4 under the lower and higher specification of 1.7 and 2.5 mm. Moreover, the process average was rather closer to the lower specification. However, due to the process was still out of control, the  $C_{pk}$  value will be change exactly in the next production process.

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จหรือลุล่วงได้ โดยได้รับความกรุณาจาก ผศ. วีรศักดิ์ สุรพัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสาร และหนังสืออ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณ ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณวิรัช ทัพหวนัสกุล ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพของบริษัท ไทยเซกิซูชิ โฟม จำกัด ที่ได้อนุญาตให้ทำการศึกษาและดูงานของกระบวนการผลิตและกระบวนการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟม

ขอขอบคุณ ท่านคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา พร้อมทั้งให้คำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่านที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่เป็นกำลังใจให้ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือจนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวขวัญหล้า	พานทอง
นางสาวธิดารัตน์	ขุนเฒ
นางสาวยุคลพร	หอมวิเศษ
นางสาววันงาม	อิทธิอาวัชกุล

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 ประวัติของบริษัท ไทยเซทชุยโพน จำกัด	1
1.3 จุดประสงค์ของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 แหล่งที่มาของข้อมูล	3
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.8 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 ข้อมูล	6
2.1.2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin lot plot sampling plan	6
2.1.2.1 Normal Probability Plot	10
2.1.2.2 การทดสอบของ Lilliefors (The Lilliefors Test )	12
2.1.3 แผนภูมิค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ - Chart )	15
2.1.4 การทดสอบความเป็นสุ่ม (The One-Sample Runs Test For Randomness)	17
2.1.5 รูปแบบและสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ	20
2.1.5.1 ระดับเปลี่ยนแปลงหรือมีการกระโดดของระดับ (Change or jump in level)	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2 แนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงคงที่ของระดับ	21
2.1.5.3 วัฏจักรซ้ำซ้อน	22
2.1.5.4 มี 2 ประชากร	22
2.1.6 สมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability Index : Cp)	24
2.1.7 สมรรถภาพกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลาง ข้อกำหนด (The $C_{pk}$ Capability Index)	27
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย</b>	
3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล	31
3.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	35
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์</b>	
4.1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ	38
4.1.1 การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Lilliefors Test	38
4.1.2 การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot	41
4.1.2.1 การวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนาทั้งหมด 31 ชุด โดยวิธี Normal Probability Plot	41
4.1.2.2 การวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนา 50 ค่า อย่างสุ่ม 18 ชุด โดยวิธี Normal Probability Plot	58
4.2 ผลการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับโดยวิธี Shainin Lot Sampling Plan	68
4.2.1 ผลการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลความหนา ของโฟม 18 ชุดที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Sampling Plan	
4.3 ผลการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลความหนาของโฟม 31 ชุด	86
4.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม (Runs Test)	117
4.5 ผลการวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ ) และสมรรถภาพกระบวนการ ซึ่งค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( $C_{pk}$ )	119
<b>บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์	121
5.2 ปัญหาที่พบในการวิเคราะห์ข้อมูล	122
5.3 ข้อเสนอแนะ	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น b150_1 สำหรับ Normal Probability plotting	11
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของ โฟมเกรดต่าง ๆ 31 เกรด	32
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของ โฟมสีดำเกรด S3002 x 1000(99)	33
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของ โฟมสีขาวเกรด S3002 x 1000(80)	34
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลความหนาทั้งหมด โดย วิธี Lilliefors Test	38
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่ม โดย วิธี Lilliefors Test	40
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ทฤษฎีการเกาะกลุ่ม (Runs Test) ของข้อมูลความหนา ของ โฟมรุ่นที่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ	117
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ ) และสมรรถภาพ กระบวนการซึ่งค่าเฉลี่ยกระบวนการ ไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( $C_p$ )	119

## สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงความถี่ของรุ่นเพื่อเทียบกับพิสัยบนของรุ่น(ULL) และพิสัยล่างของรุ่น (LLL) และเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์โดย U = Upper Specification และ L = Lower Specification	8
รูปที่ 2.2 Normal Probability Plot ของข้อมูล จากตารางที่ 2.1	12
รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงหรือกระโดดของระดับ	21
รูปที่ 2.4 แนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่ระดับ	21
รูปที่ 2.5 วัฏจักรซ้ำซ้อน	22
รูปที่ 2.6 2 ประชากร	23
รูปที่ 2.7 แสดงการเรียงตัวของจุดที่ผิดปกติ แสดงว่าขบวนการอยู่ภายนอกการควบคุม	23
รูปที่ 2.8 เมื่อ $C_p < 1$	25
รูปที่ 2.9 เมื่อ $C_p = 1$	26
รูปที่ 2.10 เมื่อ $C_p > 1$	27
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานในการควบคุมคุณภาพของบริษัท ไทยเซกิซุย โฟม จำกัด	31
รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟม	37
รูปที่ 4.1 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b150_1	41
รูปที่ 4.2 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_1	42
รูปที่ 4.3 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_2	42
รูปที่ 4.4 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_3	43
รูปที่ 4.5 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_4	43
รูปที่ 4.6 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_5	44
รูปที่ 4.7 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_6	44
รูปที่ 4.8 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_7	45
รูปที่ 4.9 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_8	45
รูปที่ 4.10 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_9	46
รูปที่ 4.11 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_10	46
รูปที่ 4.12 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_11	47

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.13 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_12	47
รูปที่ 4.14 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_13	48
รูปที่ 4.15 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_14	48
รูปที่ 4.16 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_15	49
รูปที่ 4.17 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_16	49
รูปที่ 4.18 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_17	50
รูปที่ 4.19 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_18	50
รูปที่ 4.20 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_19	51
รูปที่ 4.21 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_20	51
รูปที่ 4.22 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_21	52
รูปที่ 4.23 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_22	52
รูปที่ 4.24 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300_23	53
รูปที่ 4.25 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w150_1	53
รูปที่ 4.26 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w150_2	54
รูปที่ 4.27 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300_1	54
รูปที่ 4.28 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300_2	55
รูปที่ 4.29 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300_3	55
รูปที่ 4.30 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300_4	56
รูปที่ 4.31 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300_5	56
รูปที่ 4.32 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b150_1	58
รูปที่ 4.33 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300_2	58
รูปที่ 4.34 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300_3	59

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่4.35 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_6	59
รูปที่4.36 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_7	60
รูปที่4.37 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_10	60
รูปที่4.38 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_11	61
รูปที่4.39 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_12	61
รูปที่4.40 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_15	62
รูปที่4.41 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_16	62
รูปที่4.42 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_18	63
รูปที่4.43 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_20	63
รูปที่4.44 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_21	64
รูปที่4.45 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น b300_22	64
รูปที่4.46 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรหมรุ่น w150_2	65

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่4.47 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรรุ่น w300_1	65
รูปที่4.48 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรรุ่น w300_2	66
รูปที่4.49 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โพรรุ่น w300_3	66
รูปที่4.50 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b150_1 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	68
รูปที่4.51 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b300_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	69
รูปที่4.52 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b300_3 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	70
รูปที่4.53 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b300_6 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	71
รูปที่4.54 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b300_7 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	72
รูปที่4.55 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มา อย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโพร รุ่น b300_10 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร	73

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่4.56 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_11 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	74
รูปที่4.57 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_12 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	75
รูปที่4.58 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_15 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	76
รูปที่4.59 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_16 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	77
รูปที่4.60 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_18 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	78
รูปที่4.61 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_20 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	79
รูปที่4.62 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_21 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	80
รูปที่4.63 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น b300_22 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	81
รูปที่4.64 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น w150_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.65 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น w300_1 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	83
รูปที่ 4.66 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น w300_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	84
รูปที่ 4.67 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟม รุ่น w300_3 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน $USL = 2.5$ มิลลิเมตร และ $LSL = 1.7$ มิลลิเมตร	85
รูปที่ 4.68 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b150_1	86
รูปที่ 4.69 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_1	87
รูปที่ 4.70 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_2	88
รูปที่ 4.71 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_3	89
รูปที่ 4.72 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_4	90
รูปที่ 4.73 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_5	91
รูปที่ 4.74 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_6	92
รูปที่ 4.75 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_7	93
รูปที่ 4.76 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_8	94
รูปที่ 4.77 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_9	95
รูปที่ 4.78 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_10	96
รูปที่ 4.79 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_11	97
รูปที่ 4.80 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_12	98
รูปที่ 4.81 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_13	99
รูปที่ 4.82 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_14	100
รูปที่ 4.83 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_15	101
รูปที่ 4.84 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_16	102

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.85 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_17	103
รูปที่ 4.86 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_18	104
รูปที่ 4.87 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_19	105
รูปที่ 4.88 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_20	106
รูปที่ 4.89 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_21	107
รูปที่ 4.90 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_22	108
รูปที่ 4.91 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300_23	109
รูปที่ 4.92 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w150_1	110
รูปที่ 4.93 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w150_2	111
รูปที่ 4.94 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300_1	112
รูปที่ 4.95 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300_2	113
รูปที่ 4.96 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300_3	114
รูปที่ 4.97 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300_4	115
รูปที่ 4.98 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300_5	116

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาและส่งเสริมทางด้านอุตสาหกรรม เพื่อก้าวไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ จึงก่อให้เกิดภาวะการแข่งขันด้านเศรษฐกิจสูงขึ้น เป็นผลให้ผู้ผลิตต้องหันมาให้ความสำคัญกับคุณภาพผลิตภัณฑ์กันมากขึ้น เพื่อให้ได้รับความไว้วางใจจากผู้บริโภค ดังนั้นการควบคุมคุณภาพจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมาตรฐานที่ดีขึ้น ตลอดจนช่วยลดต้นทุนในการผลิต ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และยังลดความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้อีกด้วย จึงกล่าวได้ว่า การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง และเป็นหัวใจในการก้าวเข้าไปสู่การเป็นผู้นำในวงการอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ใดๆ คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งบอกถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ ถ้าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ได้รับความไว้วางใจ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมียอดขายที่ต่ำลงได้ โฟมนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งที่มีความสำคัญในวงการอุตสาหกรรมหลายแขนง อาทิ อุตสาหกรรมยานยนต์ ก่อสร้าง ฉนวน บรรจุภัณฑ์ และอื่นๆ ดังนั้น การผลิตโฟมจะต้องผลิตให้ได้คุณภาพตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งใช้กรรมวิธีขั้นสูงในการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบนำมาผสมให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม ผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนจนกระทั่งกลายมาเป็นโฟมที่สามารถใช้งานได้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาถึงการควบคุมคุณภาพโฟมเฉพาะในขั้นตอนสุดท้ายคือโฟมที่ผ่านกระบวนการผลิตต่างๆจนสามารถนำไปใช้งานได้ ของบริษัท ไทยเซกิซุโยม จำกัด โดยอาศัยหลักเกณฑ์และวิธีการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการสรุปผล

#### 1.2 ประวัติของบริษัท ไทยเซกิซุโยม จำกัด

บริษัท ไทยเซกิซุโยม จำกัด เป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างบริษัท เซกิซุ เคมิคอล จำกัด ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใหญ่ที่สุดในประเทศญี่ปุ่น และบริษัท เอสพี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำของไทยโรงงานแห่งใหม่ของไทยเซกิซุโยม ซึ่งตั้งอยู่ที่ นิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางปะกง 2 จังหวัดชลบุรี โดยใช้เครื่องจักรอันทันสมัยและใช้เทคโนโลยีการผลิตอันก้าวหน้าจาก เซกิชุยเคมิกอล บริษัท เซกิชุยเคมิกอล จำกัด มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังได้ขยายเครือข่ายการผลิตไปยังทั่วโลก ทั้งในญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย และประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทคือ cross-linked polyethylene foam จำหน่ายในชื่อ "Softlon" ที่ทั่วโลกรู้จักกันดีว่ามีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ อีกทั้งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายแขนง อาทิ อุตสาหกรรมยานยนต์ ก่อสร้าง ฉนวน บรรจุภัณฑ์ และอื่นๆ

"Softlon" ได้ถือกำเนิดขึ้นในปี 2508 ในประเทศญี่ปุ่นด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่เรียกว่า The Irradiated Crosslinking Process ที่ไม่เหมือนใคร และเป็นผู้ริเริ่มแรกของโลกในการนำกรรมวิธีดังกล่าวมาใช้ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังมีการทำวิจัยอย่างกว้างขวาง รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ "Softlon" เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ตัดแปลงโดยผ่านกระบวนการต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย ทั้งการตัดต่อ การเคลือบพลาสติก การบีบอัด การขึ้นรูปโดยเครื่องสูญญากาศ และอื่นๆ

สำหรับประเทศไทย บริษัท ไทยเซกิชุยโฟม จำกัด ได้มีการก่อตั้งในเดือนเมษายน 2539 ต่อมาในเดือนกันยายน 2539 ได้รับการสนับสนุนจาก BOI ในปัจจุบันบริษัทได้ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 100 ล้านบาท โดยแบ่งผู้ถือหุ้นเป็น บริษัท เซกิชุย เคมิกอล จำกัด 60% และบริษัท เอสพี อินเตอร์เนชั่นแนล 40% โดยผลิตและจำหน่ายโฟมโพลีเอทิลีน

### 1.3 จุดประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์
2. เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มเชิงของค่าเฉลี่ยโฟมในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย
3. เพื่อวิเคราะห์หาสมรรถภาพของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์โฟม

### 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษารควบคุมคุณภาพครั้งนี้ ใช้ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โฟมของแผนก Quality Control ของบริษัท ไทยเซกิชุยโฟม จำกัด ที่ได้รวบรวมไว้แล้วโดยใช้ข้อมูลความหนาและอัตราขยายของโฟมที่ผลิตได้ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 20 มกราคม 2542 ถึงวันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 กันยายน 2542 ลักษณะของข้อมูล โฟมแต่ละม้วนที่พร้อมจะส่งไปจำหน่ายจะถูกวัดความหนา 10 จุดบนแผ่นโฟมม้วนนั้น

## 1.5 แหล่งที่มาของข้อมูล

ในการควบคุมคุณภาพนี้ ใช้ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อควบคุมคุณภาพความหนาและอัตราการขยายของผลิตภัณฑ์โฟม จากแผนก Quality Control ของบริษัท ไทยเซกิซูโย โฟม จำกัด

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.6.1 ศึกษาหลักเกณฑ์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ โดยเฉพาะการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับข้อมูลแบบตัวแปร

1.6.2 รวบรวมข้อมูลความหนาและอัตราการขยายของผลิตภัณฑ์โฟม

1.6.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการของ Shainin Lot Plot Sampling Plan ซึ่งเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับตัวแปรชนิดหนึ่ง

1.6.4 วิเคราะห์ ปัญหาของการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวิธีการควบคุมคุณภาพนี้ ไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพ สำหรับผลิตภัณฑ์อื่น
2. ผลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์การควบคุมคุณภาพนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้
3. ผลของการวิเคราะห์ อาจเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจเลือกที่จะใช้แผนการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.8 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

**คุณภาพ (QUALITY)** หมายถึง ลักษณะผลิตภัณฑ์หรือบริการ ที่ตรงตามความต้องการ และเหมาะสมกับการใช้งาน โดยทั่วไปจะกำหนดด้วยข้อกำหนด (Specification) หรือมาตรฐาน (Standard) รวมทั้งการออกแบบให้ผู้ใช้

**การควบคุม (CONTROL)** หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน และถ้าพบว่ามีข้อบกพร่องที่แตกต่างออกไป ก็จะมีการแก้ไขหรือวิเคราะห์เพิ่ม

**การควบคุมคุณภาพ (QUALITY CONTROL)** หมายถึง การบริหารงานในด้านการควบคุมวัตถุดิบ การควบคุมการผลิต และการควบคุมผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ รวมทั้งคอยติดตามแก้ไขไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมามีความบกพร่องและเสียหาย ซึ่งสามารถสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าโดยที่มีต้นทุนต่ำสุด

**การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (STATISTICAL QUALITY CONTROL)** หมายถึง การนำหลักและวิธีการทางสถิติต่างๆ อันได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection of Data) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) การเปรียบเทียบและนำเสนอข้อมูลมาใช้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ในระบบการผลิต เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพประกอบด้วย แผนภูมิควบคุม (Control Charts) และแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Plan)

**แผนภูมิควบคุม (CONTROL CHART)** หมายถึง กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่รวบรวมมาจากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อตรวจสอบว่ามีผลิตภัณฑ์ใดที่อยู่นอกเหนือขีดจำกัด และเพราะสาเหตุใด

**ผลิตภัณฑ์ (PRODUCT)** หมายถึง สิ่งที่ได้จากการผลิต

**ผู้ผลิต (PRODUCER)** หมายถึง ผู้ที่ทำให้เกิดผลตามที่ต้องการ ด้วยอาศัยแรงงานหรือเครื่องจักร

**ผู้บริโภค (CONSUMER)** หมายถึง ผู้ซื้อ หรือ ผู้ใช้สินค้าโดยตรงและในอุตสาหกรรมการผลิต หมายถึง ผู้รับช่วงสินค้าต่อ

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (STANDARD)** หมายถึง การกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่เชื่อมโยงให้ผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และผู้บริโภค มีความเข้าใจตรงกัน

**วัตถุดิบ (RAW MATERIAL)** หมายถึง สิ่งเตรียมไว้เพื่อผลิต หรือประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**อุตสาหกรรม (INDUSTRIAL)** หมายถึง การผลิตสิ่งของเพื่อใช้เป็นสินค้า

**โฟม (FOAM)** หมายถึง วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี และยังสามารถดูดซับพลังงานได้ดี โดยมากผลิตจากพอลิเมอร์ (Polymer) สามารถนำไปใช้ในการผลิต เบาะเฟอร์นิเจอร์ รวมทั้งการบรรจุหีบห่อ

**เม็ดพลาสติก (POLYETHYLENE : PE)** หมายถึง เม็ดพลาสติกที่มีทั้งชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density PE : LDPE) และชนิดความหนาแน่นสูง (High density PE : HDPE) มีคุณสมบัติที่ให้น้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ก๊าซต่างๆซึมผ่านได้ เม็ดพลาสติกทั้ง LDPE และ HDPE นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกจำพวกถุงพลาสติก ร่อน ถุงพลาสติกเย็บแผ่นพลาสติกบาง ท่อน้ำชนิดอ่อน หลอดดูดเครื่องคั้ม เครื่องใช้ในครัวเรือน โฟม และอื่นๆ

**STABILIZERS** หมายถึง วัสดุโพลิเมอร์บางตัวภายใต้สภาวะการใช้งานปกติก็สามารถจะสลายหรือเสื่อมสภาพโดยรวดเร็ว เนื่องจากถูกแสงแดดโดยเฉพาะแสงอุลตราไวโอเล็ต การที่โพลิเมอร์ถูกแสงอุลตราไวโอเล็ตนั้น ทำให้พันธะโควาเลนต์ถูกทำลายลง ทำให้โพลิเมอร์นั้นสามารถทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  และเสื่อมสภาพไป Stabilizers เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพจากวิธีนี้

**FIRE RETARDANT** หมายถึง สารที่ผสมลงไปในการผลิตเพื่อลดการติดไฟของโพลิเมอร์ ปฏิกิริยาของตัวกันไฟจะยับยั้งไม่ให้เกิดการสันดาบขึ้น โดยมีการสลายตัวให้ก๊าซอื่นที่ทำให้การสันดาบหยุด หรืออาจทำให้หยุดการเผาไหม้ หรือทำให้บริเวณนั้นเย็นลงได้

**FOAMING AGENT** หมายถึง สารช่วยให้เกิดโฟม หรือสารที่ช่วยให้เกิดการพองตัว โดยช่วยให้โพลิเมอร์มีโครงสร้างเป็นรูหรือโพรงเล็กๆ (Cellular Polymer)

**CROSS-LINKING** หมายถึง การทำให้กลุ่มของสารเคมีเกิดพันธะ โครงร่างตาย เกิดสะพานเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลโพลิเมอร์

**LAMINATION** หมายถึง การนำโฟมมาซ้อนกันและเชื่อมติดกันด้วยความร้อนสูง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาตามที่ต้องการ

**EXTRUSION** หมายถึง กระบวนการที่บังคับให้วัสดุนั้นขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ

**ADDITIVES** หมายถึง สารปรุงแต่งต่างๆที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ช่วยทำหน้าที่ต่างๆ เช่น ปรับค่าความหนืด ลดการสึกหรอ ป้องกันการจับตัวเป็นก้อน เป็นต้น

**ANTIOXIDANT** หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ป้องกันการปฏิกิริยา Oxidation ของการเกิดโพลิเมอร์แบบรวมตัว

**PIGMENT** หมายถึง ขั้นตอนการใส่รงควัตถุเข้าไป เพื่อให้ได้สีผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการควบคุมคุณภาพของบริษัทไทยเซ็กซี่โฟม จำกัด ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยอาศัยทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพ ดังนี้

##### 2.1.1 ข้อมูล (Data)

ข้อมูลจะแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลแบบตัวแปร ( Variable Data ) เป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีรูปแบบที่ได้มาจากการวัด เช่น ความยาว ความหนา น้ำหนักและปริมาตร และสามารถที่จะมีค่าใด ๆ ก็ได้ในช่วงหนึ่งนั้น คือมีค่าเป็นทศนิยมได้ข้อมูลที่ได้อาจเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ๆ หนึ่ง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ข้อมูลต่อเนื่อง ( Continuous Data )
  2. ข้อมูลแบบคุณภาพ ( Attribute Data ) เป็นข้อมูลที่วัดเป็นค่าไม่ได้แต่นับจำนวนได้เช่น ดี,เสีย, ใช้งานได้, ใช้งานไม่ได้ ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ( Discrete Data )
- จากการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลที่รวบรวมมาได้คือ ความหนาของโฟม จึงเป็นข้อมูลแบบตัวแปร

##### 2.1.2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin lot plot sampling plan

เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นข้อมูลแบบตัวแปร วิธีนี้เป็นวิธีพิเศษ ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับข้อมูลแบบตัวแปรซึ่งถูกคิดค้นโดยDorian Shainin (1950)<sup>a</sup> โดยการสร้างการแจกแจงความถี่จากข้อมูลของตัวอย่างมาช่วยในการตัดสินใจว่าจะยอมรับ

<sup>a</sup> Dorian Shainin, "The Hamilton Standard Lot Plot Method of Acceptance Sampling by Variables", Industrial Quality Control, July 1950, pp. 15-34.

หรือปฏิเสธรุ่นที่นำมาตรวจสอบหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และพิสัยของรุ่นที่คำนวณได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากรุ่นมา 50 ตัวอย่างและแบ่งเป็น 10 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัวอย่าง สำหรับโพลีในแต่ละรุ่นจะทำการสุ่มข้อมูลความหนาโดยการจับผลากเป็นจำนวน 10 ม้วนและในแต่ละม้วนจะทำการสุ่มความหนาเป็นจำนวน 5 ค่าจากทั้งหมด 10 ค่าโดยการจับผลากเช่นกัน

ขั้นที่ 2 หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และพิสัย (R) ของแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 5 ตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 สร้างฮิสโตแกรมจากข้อมูล 50 ตัวอย่าง และใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นค่าประมาณสำหรับจุดเริ่มต้น โดยความกว้างของฮิสโตแกรมจะมีค่าเป็น 2 เท่าของพิสัยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกำหนดจำนวนแท่งความถี่อยู่ระหว่าง 7-16 จากนั้นกำหนดให้ชั้นที่มีจุดเริ่มต้นเป็น 0 และชั้นที่อยู่เหนือจุดเริ่มต้นขึ้นไปให้มีค่าเป็น 1,2,3,... และชั้นที่อยู่ต่ำกว่าจุดเริ่มต้นให้มีค่าเป็น -1,-2,-3,...

ขั้นที่ 4 คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย ( $\bar{\bar{X}}$ ) และค่าเฉลี่ยพิสัย ( $\bar{R}$ ) จากสูตร

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{g}$$

เมื่อ g คือ จำนวนกลุ่ม ในที่นี้ g = 10

ขั้นที่ 5 ใช้ค่าที่คำนวณได้จากขั้นที่ 4 เพื่อคำนวณหาพิสัยบนของรุ่น (Upper Lot Limit : ULL) และพิสัยล่างของรุ่น (Lower Lot Limit : LLL) จากสูตร

$$ULL = \mu + 3\sigma$$

$$LLL = \mu - 3\sigma$$

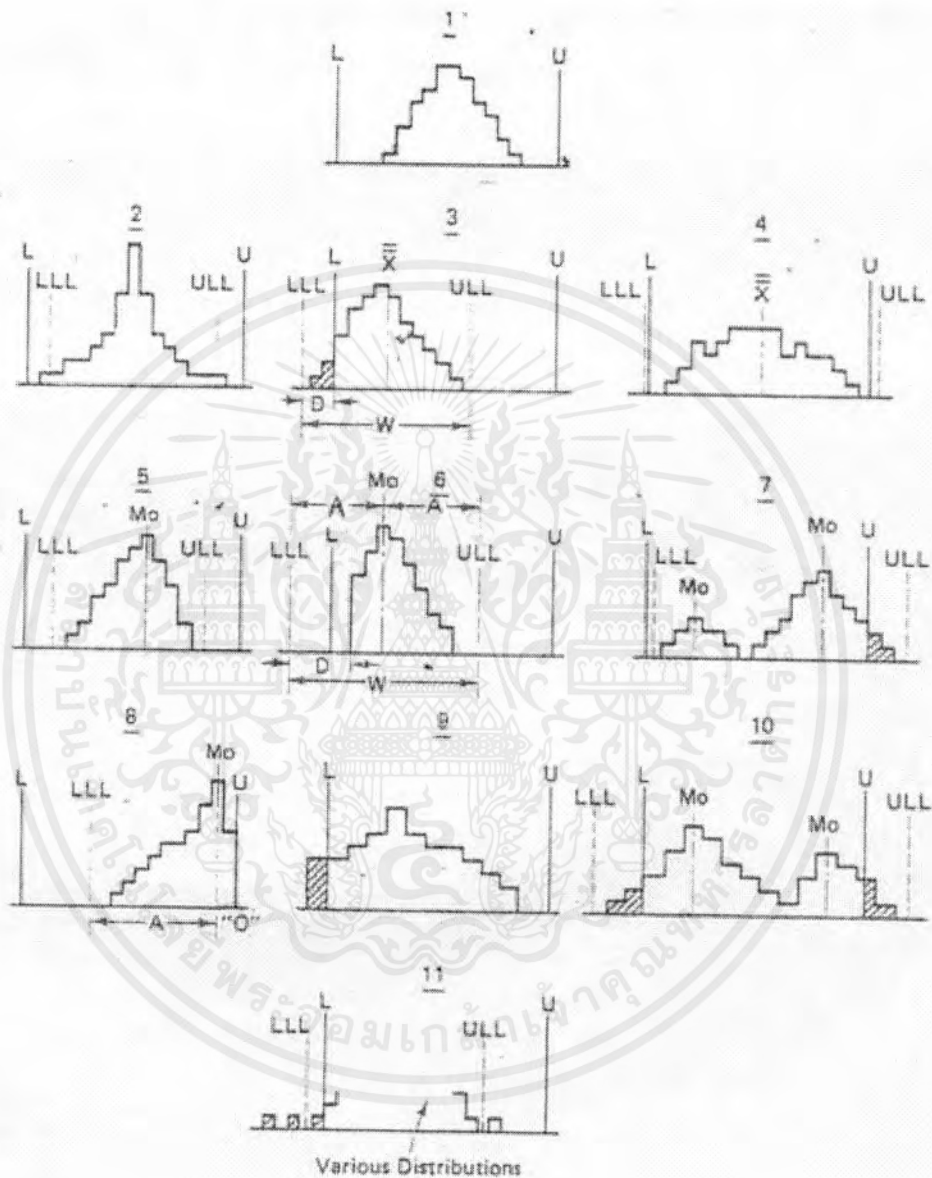
ประมาณ  $\mu$  ด้วย  $\bar{\bar{X}}$  และ ประมาณ  $\sigma$  ด้วย  $\frac{\bar{R}}{d_2}$  จะได้

$$ULL = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{d_2}$$

$$LLL = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{R}}{d_2}$$

เมื่อ  $d_2$  เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม และสามารถอ่านค่าได้จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก

ขั้นที่ 6 เมื่อได้ฮิสโตแกรม จะทำการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นที่เราตรวจสอบ นั้นขึ้นกับการเปรียบเทียบรูปฮิสโตแกรมกับรูปทั้ง 11 รูป ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงความถี่ของรุ่นเพื่อเทียบกับพิคคบนของรุ่น(ULL) และพิคคล่างของรุ่น (LLL) และเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ โดย  $U = \text{Upper Specification}$  และ  $L = \text{Lower Specification}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## พิจารณาได้ดังนี้

- รูปที่ 1-4 มีการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ
  - รูปที่ 5-11 มีการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบไม่ปกติ
- โดยที่

- รูปที่ 1 ฮิสโตแกรมมีฐานแคบและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่ต้องคำนวณพิสัยของรุ่นก็ได้ ถ้าฮิสโตแกรมที่สร้างมีลักษณะคล้ายรูปที่ 1 นี้ จะสรุปได้ว่ายอมรับรุ่น
- รูปที่ 2 ฮิสโตแกรมมีฐานกว้างขึ้น และอยู่ใกล้เกณฑ์มาตรฐาน ทำให้ต้องคำนวณพิสัยของรุ่นด้วย ถ้าได้พิสัยของรุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะสรุปว่ายอมรับรุ่น
- รูปที่ 3 และ 4 เมื่อพิสัยรุ่นอยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน ให้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเสีย และประชุมผู้บริหารเพื่อตัดสินใจว่าจะสามารถยอมรับขนาดเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ได้หรือไม่ ถ้ายอมรับได้ จึงจะยอมรับรุ่นนั้นและหาทางปรับปรุงขบวนการผลิตต่อไป
- รูปที่ 5 การแจกแจงเป็นแบบเบ้ซ้าย แต่พิสัยรุ่นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สรุปได้ว่ายอมรับรุ่น
- รูปที่ 6, 8 และ 9 มีลักษณะเป็นแบบฉากกัน เมื่อพิสัยรุ่นอยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องหาเปอร์เซ็นต์ของเสียและประชุมผู้บริหารเพื่อตัดสินใจ
- รูปที่ 7 และ 10 ฮิสโตแกรมเป็นแบบมี 2 ยอด (Bimodal) ส่วนรูปที่ 11 มีรูปแบบการแจกแจงแบบกระจาย ไม่มีรูปแบบแน่นอน การสรุปผลค่อนข้างยุ่งยากและไม่สามารถอธิบายได้ในการศึกษาครั้งนี้

จะเห็นได้ว่า วิธีของ Shainin Lot Plot Sampling Plan จะต้องพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นปกติหรือไม่ การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการทดสอบข้อมูลที่ได้ในแต่ละชุดโดยใช้ Normal Probability Plot ซึ่งมีวิธีการดังนี้

### 2.1.2.1 Normal Probability Plot

วิธีการทดสอบความเป็นปกติอีกแบบหนึ่ง คือ การพล็อตข้อมูลลงบนกระดาษ Normal Probability ดังรูป 2.2 ซึ่ง Probability Plots มีขั้นตอนดังนี้ คือ

#### 1. เรียงข้อมูล

ค่าสังเกตแต่ละค่าจะถูกบันทึกจากค่าน้อยที่สุดถึงค่ามากที่สุด

#### 2. จัดลำดับค่าสังเกต

เริ่มตั้งแต่ 1 สำหรับค่าสังเกตที่มีค่าน้อยที่สุด และ 2 สำหรับค่าสังเกตที่มีค่าต่ำที่สุดถัดไป และต่อไปเรื่อยๆ ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 2 ของตาราง 2.1

#### 3. คำนวณตำแหน่งที่จะทำการพล็อต (plotting position) โดยใช้สูตร

$$PP = \frac{100(i - 0.5)}{n}$$

โดย  $i$  = ลำดับค่าสังเกต

$PP$  = เปอร์เซนต์ของ plotting position

$n$  = ขนาดตัวอย่าง

โดย plotting position ค่าแรก คือ  $\frac{100(1-0.5)}{50} = 1\%$  ส่วนค่าอื่นก็ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน

#### 4. หาสเกลของข้อมูล

กำหนดสเกลของแกนนอนให้มีค่าระหว่าง 1.82 ถึง 2.17 ดังรูปที่ 2.2 ส่วนสเกลของแกนตั้งจะแสดงเส้นโค้งปกติ ซึ่งจะมีอยู่ในกระดาษ Normal Probability

#### 5. พล็อตจุด (plotting position)

ตำแหน่งที่จะทำการพล็อตและค่าสังเกต จะถูกพล็อตลงบนกระดาษ Normal Probability

#### 6. พยายามหาเส้นที่ดีที่สุด ("best" line)

โดยเส้นตรงนี้จะช่วยในการพิจารณา เมื่อเส้นนี้เหมาะสม

#### 7. หาค่าความเป็นปกติ

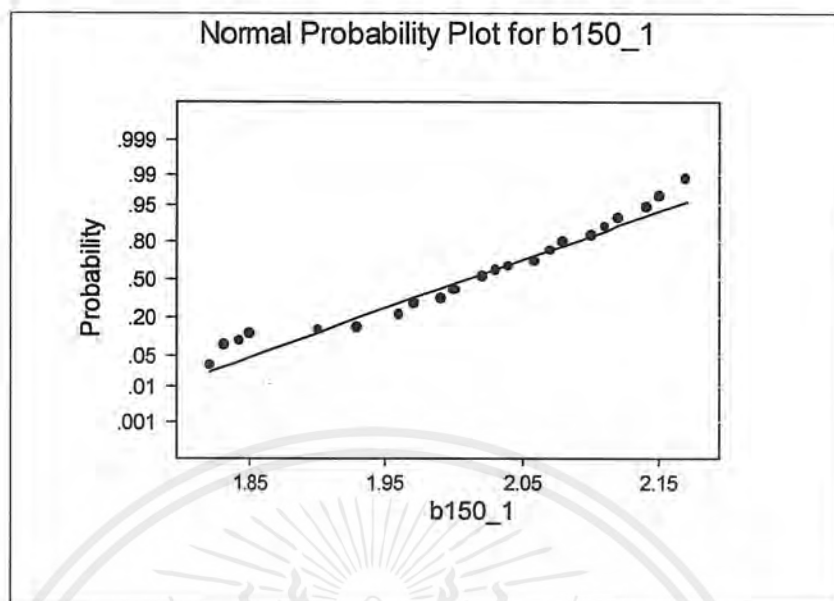
โดยพิจารณาการเรียงตัวของจุดอยู่ใกล้ "best" line ถ้าไม่คำนึงถึงจุดปลายสุดของเส้นตรงแต่ละด้าน สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่า เมื่อ

พิจารณาการเรียงตัวของจุด จะพบว่า การเรียงตัวของจุดในช่วง 1.82-1.90 จะอยู่ห่างจาก “best” line มาก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแสดงการคำนวณข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น b150\_1 สำหรับ Normal Probability Plotting

Observation ( $x_i$ )	Rank (i)	Plotting Position	Observation ( $x_i$ )	Rank (i)	Plotting Position
1.82	2	3	2.02	26.5	52
1.82	2	3	2.02	26.5	52
1.82	2	3	2.02	26.5	52
1.83	4	7	2.02	26.5	52
1.84	5	9	2.03	30	59
1.85	6	11	2.04	31.5	62
1.90	7	13	2.04	31.5	62
1.93	8	15	2.06	33.5	66
1.96	11.5	22	2.06	33.5	66
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.96	11.5	22	2.07	38	75
1.97	15.5	30	2.07	38	75
1.97	15.5	30	2.07	38	75
1.99	17.5	34	2.08	42	83
1.99	17.5	34	2.10	43.5	86
2.00	21	41	2.10	43.5	86
2.00	21	41	2.11	45.5	90
2.00	21	41	2.11	45.5	90
2.00	21	41	2.12	47	93
2.00	21	41	2.14	48	95
2.02	26.5	52	2.15	49	97
2.02	26.5	52	2.17	50	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Normal Probability Plot ของข้อมูล จากตารางที่ 2.1

### 2.1.2.2 การทดสอบของ Lilliefors (The Lilliefors test)

Lilliefors ได้ปรับปรุงการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ในกรณีที่ต้องการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติที่ไม่ได้ระบุค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อาจเรียกได้ว่าเป็น การทดสอบสำหรับการแจกแจงปกติ (A Test For Normality) การทดสอบของ Lilliefors จะมีลักษณะคล้ายการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov เพียงแต่ตารางค่าวิกฤตจะต่างกัน

การทดสอบนี้จะช่วยให้ทราบว่า การแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาเหมือนกับการแจกแจงของประชากรที่เราสนใจหรือไม่ หรืออธิบายได้ว่าคะแนนจากตัวอย่างได้อย่างมีเหตุผลหรือไม่ ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงทางทฤษฎีอันหนึ่ง หรือคือ การทดสอบการแจกแจงนั่นเอง จะใช้เมื่อตัวแปรที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) และการทดสอบนี้จะมีอำนาจการทดสอบมากกว่าการทดสอบไคสแควร์ เพราะการทดสอบไคสแควร์จำเป็นต้องรวมกลุ่มด้วยเมื่อ  $E_i < 5$  ทำให้สูญเสียข้อมูลไป

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์โดยวิธี The Lillifors Test เมื่อขนาดของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์มีขนาดมากกว่า 50 ค่า และจะทำการวิเคราะห์โดยวิธี Shapiro-Wilks Test<sup>b</sup> เมื่อทราบหรือไม่ทราบค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของประชากร และขนาดของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์มีขนาดไม่เกิน 50 ค่า

การทดสอบของ Lilliefors จะเหมือนกับการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov เกือบทุกประการยกเว้น การใช้คะแนนมาตรฐาน (Normalized Value) แทนคะแนนดิบ กล่าวคือ จากข้อมูลตัวอย่างคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X}, S$ ) ด้วยสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

และแปลงค่า  $X_i$  เป็น  $Z_i$  ด้วยสูตร

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}, \quad i = 1, \dots, n$$

สมมติฐานที่ตั้งคือ

$H_0: F(z) = F_0(z)$  สำหรับทุกค่าของ  $z$

$H_1: F(z) \neq F_0(z)$  สำหรับบางค่าของ  $z$

เมื่อ  $F(z) =$  ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability function)

$$= P(Z \leq z)$$

การทดสอบนี้จะทำการเปรียบเทียบฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลตัวอย่าง  $S(z)$  กับ  $F_0(z)$  ตามทฤษฎีอื่นหนึ่ง คือ พิจารณาจุดต่าง ๆ ของเส้นกราฟ  $F_0(z)$  และ  $S(z)$  ที่สร้างในรูปเดียวกันว่าใกล้เคียงกันหรือไม่ ถ้ามีระยะห่างระหว่าง  $S(z)$  และ  $F_0(z)$  ที่จุดใด ๆ มาก ก็น่าจะสงสัย

<sup>b</sup> รศ. ดร. กัญญา วานิชย์บัญชา, "การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ", การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows, pp.140-141.

ว่าตัวอย่างนี้ไม่ได้มาจากประชากรที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมแบบ  $F_0(z)$  ดังนั้น สถิติที่ใช้ทดสอบที่วัดความแตกต่างนี้ได้คือ ค่า  $D$

$$D = \max |F_0(z) - S(z)|$$

เมื่อ  $F_0(z)$  = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมตามทฤษฎีหนึ่ง ๆ เช่น  
ฟังก์ชันของการแจกแจงปกติ หรือ การแจกแจงเอ็กโปเนนเชียล

และ  $S(z)$  = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างกลุ่มขนาด  $n$   
= the sample (observed) or empirical distribution function  
=  $\frac{k}{n}$  เมื่อ  $k$  คือจำนวนของค่าสังเกต

ซึ่ง  $S(z)$  มักจะมีกราฟเป็นรูปขั้นบันได (step function)

ส่วน  $F_0(z)$  ของการแจกแจงใด ๆ (เช่นปกติ, เอ็กโปเนนเชียล หรืออื่น ๆ) มักจะมีกราฟเป็นรูปเส้นต่อเนื่องที่มีความสูงไม่เกินค่า 1

นำค่า  $D$  นี้ ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต  $D$  ในตาราง ถ้าค่า  $D$  ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต ก็ยอมรับ  $H_0$  ดังนั้นอาณาเขตวิกฤตคือ  $D > D_{\alpha, n}$  จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก

การพิจารณากราฟของ  $F_0(z)$  และ  $S(z)$  ในรูปเดียวกันอาจจะทำให้เสียเวลาและความแม่นยำในการสร้างกราฟของแต่ละคนอาจต่างกัน ดังนั้น อาจเลยมาใช้ในการเปรียบเทียบค่า  $F_0(z)$  และ  $S(z)$  ด้วยค่าตัวเลขโดยตรง ดังต่อไปนี้

#### วิธีการทดสอบ

1. เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปหามาก
2. หาความถี่ของข้อมูลในแต่ละค่า
3. หาคะแนนมาตรฐาน ( $z$ ) จากค่าสังเกต
4. หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลตัวอย่าง คือ  $S(z) = \frac{k}{n}$
5. หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมตามทฤษฎี คือ  $F_0(z)$
6. เปรียบเทียบค่า  $S(z)$  และ  $F_0(z)$  แต่ละคู่
7. หาค่าสูงสุดของ  $|F_0(z) - S(z)|$  คือ  $D$
8. เปรียบเทียบค่า  $D$  กับค่า  $D_{\alpha, n}$  จากตารางค่าวิกฤตของ Lilliefors ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 2 ในภาคผนวก จะปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อค่า  $D$  สูงกว่าค่า  $D$  จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 แผนภูมิค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ -Chart)

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของกระบวนการ  $\bar{X}$ -Chart จะแสดงให้เห็นถึงความผันแปรของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนในการทำแผนภูมิค่าเฉลี่ย ดังนี้

เมื่อเราเลือกได้คุณสมบัติที่จะศึกษา กำหนดขนาดตัวอย่างความถี่ในการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบ และตำรวเครื่องมือที่จะใช้ในการตรวจสอบ สร้างตารางข้อมูล ซึ่งจะเป็นกระดาษที่ใช้ในการเก็บข้อมูล บันทึกรายละเอียดที่จำเป็น เพื่อการตรวจสอบเมื่อมีปัญหา ดำเนินการเก็บตัวอย่างข้อมูลมาวัดหาคุณสมบัติที่ต้องการ บันทึกผลที่ได้ในตารางข้อมูล คำนวณหาค่า ดังต่อไปนี้

#### 1. การคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย

ค่าเฉลี่ย  $\bar{X}$  และค่าพิสัย R คำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ คือ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

- เมื่อ  $\bar{X}$  เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มตัวอย่าง  
 $\bar{R}$  เป็นค่าเฉลี่ยของพิสัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง  
 $\bar{X}_i$  เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่  $i$  ใด ๆ  
 $R_i$  เป็นค่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างที่  $i$  ใด ๆ  
 $g$  เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

#### 2. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิค่าเฉลี่ย ดังนี้

ขีดจำกัดควบคุมบน  $UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + 3\sigma_{\bar{X}}$

เส้นกึ่งกลาง  $CL_{\bar{X}} = \bar{X}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง  $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{X}}$

เมื่อ  $\sigma_{\bar{X}}$  เป็นค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างและ  
 เนื่องจาก

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ  $\sigma$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

$n$  เป็นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

และค่าของ  $\sigma$  สามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

เมื่อ  $\bar{R}$  เป็นพิสัยเฉลี่ยของพิสัยของกลุ่มตัวอย่าง

$d_2$  เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มที่หาได้จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ดังนั้น

$$\begin{aligned} 3\sigma_{\bar{x}} &= \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \\ &= A_2\bar{R} \end{aligned}$$

เมื่อ  $A_2$  มีค่าคงที่ที่หามาได้จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก จะได้ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ  $\bar{X}$  ดังนี้

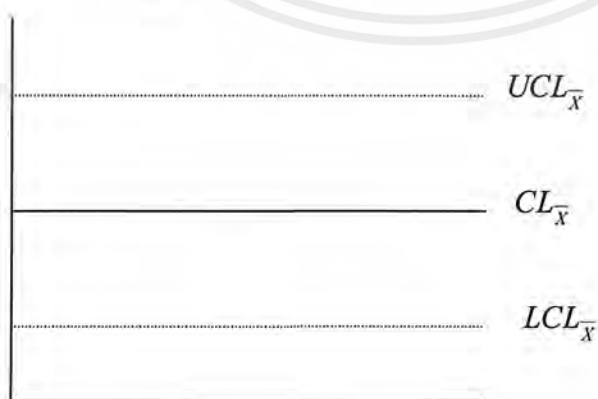
ขีดจำกัดควบคุมบน  $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

เส้นกึ่งกลาง  $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง  $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

3. จากค่าขีดจำกัดที่คำนวณได้นำไปเขียนกราฟจะได้ดังนี้

$\bar{X}$ -Chart



ตัวอย่างที่หรือเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลงจุดข้อมูล  $\bar{X}$  แต่ละค่าบนแผนภูมิควบคุม  $\bar{X}$ -Chart และวิเคราะห์ผลจากการอ่านแผนภูมิควบคุม เพื่อจะได้ค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้กระบวนการผลิตได้ตามกำหนด

### 2.1.4 การทดสอบความเป็นสุ่ม (The One-Sample Runs Test For Randomness)

การวิเคราะห์แผนภูมิการควบคุม เมื่อลักษณะการกระจายไม่เป็นไปตามธรรมชาติการวิเคราะห์อีกแบบหนึ่งที่จะใช้ในการตรวจสอบสาเหตุที่ผิดปกติ คือการทดสอบความเป็นสุ่ม ด้วยเหตุที่กระบวนการผลิตและการเก็บตัวอย่างข้อมูลเป็นแบบสุ่ม การทดสอบโดยการทดสอบความเป็นสุ่ม เพื่อศึกษาว่า สาเหตุผิดปกติที่เกิดขึ้น มีผลมาจากการสุ่มหรือไม่ นอกจากนี้เรายังใช้ run test ในการตรวจสอบว่า มีแนวโน้ม (Trend) ในข้อมูลหรือไม่เพื่อที่เราอาจจะต้องจัดตั้งเครื่องจักรเสียใหม่ให้ดีขึ้น หรือปรับแก้ความผันแปรในกระบวนการอื่น ๆ ก่อนที่จะเกิดผลเสียหายร้ายแรงเกิดขึ้น

เราให้นิยามของรัน เป็นการทดสอบความเป็นสุ่มของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน ตัวอย่างเช่น เราแยกระดับของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการเป็น ดี กับ ชำรุด ถ้าผลออกมาได้คุณภาพดีเรียงต่อเนื่องกันมา เราเรียกว่า เป็นหนึ่งรัน (run) ของผลิตภัณฑ์ในระดับนี้ หรือกรณีของคุณสมบัติเชิงปริมาณ เช่น ค่าเฉลี่ยใน  $\bar{X}$  chart เราแยกค่าที่อยู่เหนือเส้นกลาง (CL) เป็นระดับหนึ่ง และค่าที่อยู่ใต้เส้นกลางเป็นอีกระดับหนึ่ง เรียกว่าเป็นรันที่อยู่เหนือและใต้ค่าเฉลี่ยลำดับที่ต่อเนื่องกันของค่าที่อยู่เหนือค่ากลาง (ก่อนที่จะถึงค่าที่อยู่ใต้ค่ากลาง) เราเรียกว่าเป็น 1 รัน เช่น สมมุติว่า เราแทนค่าที่อยู่เหนือค่ากลางด้วย + และค่าที่อยู่ใต้ค่ากลางด้วย - เราได้อนุกรมของ + และ - จากตัวอย่างทั้งหมดดังนี้

++ --- + --- +++ + ---

กรณีเช่นนี้ เราจะได้จำนวนรันทั้งหมด = 8 ความยาวของรัน เรียงตามลำดับเท่ากับ 2,3,1,2,3,1,1 และ 4 จุด นอกจากการเกาะกลุ่มตามลักษณะดังกล่าวนี้ เรายังมีรันเหนือและใต้เส้นมัธยฐาน ซึ่งอาศัยหลักการแบบเดียวกันกับรันที่อยู่เหนือและใต้ค่าเฉลี่ย รันที่อยู่บนและล่าง (runs up and down) รันประเภท แสดงถึงค่าที่เพิ่มขึ้นหรือค่าที่ลดลงของคุณสมบัติที่วัดได้ พิจารณาค่าแต่ละคู่ที่ติดต่อกันแล้วแทนด้วย + หรือ - ตามแต่ว่าค่าหลังมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าแรกเช่น กรณีของ 5 4 6 8 10 12 11 จะมีรันที่อยู่บนมีความยาว 4 หรือกรณีของ 7 10 8 6 5 4 3 2 4 จะแสดงรันที่อยู่ล่างมีความยาว 6 เป็นต้น

การศึกษาเรื่องของรันที่ปรากฏในอนุกรมของข้อมูลมีหลายแบบ ในจำนวนนี้ที่นิยมกันมากคือ การนับจำนวนของ (runs) ที่ปรากฏในอนุกรมของข้อมูล และการหาความยาวสูงสุดของรัน เราใช้ทฤษฎีของรันในการทดสอบตัวอย่างเป็นแบบสุ่ม (randomness) หรือไม่ ซึ่งการทดสอบเช่นนี้ จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นเมื่อเราสงสัยว่าจะมีความผิดปกติในการกระจายของข้อมูล เช่น ข้อมูลมีการเกาะกลุ่ม หรือมีแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่ง (trends) หรือ มีลักษณะหมุนเวียนเป็นระยะ ๆ (periodicities) การทดสอบทำได้โดยดูการกระจายของผลรวมของจำนวนรัน หรือ ดูจากความยาวสูงสุดของรัน

ดังนั้น การทดสอบโดยใช้ Runs Test ก่อนอื่นเราจะต้องหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างก่อน แล้วจึงใช้เครื่องหมาย + หรือ - แทนข้อมูลที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าค่าเฉลี่ยตามลำดับของเหตุการณ์ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลนั้นขาดการสุ่ม(Randomness) หรือไม่ ถ้าเครื่องหมาย + หรือ - มีค่ามากเกินไป เราจะได้ปฏิเสธสมมติฐานนั้น

### การทดสอบตามวิธี One-Sample Runs Test มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

ระดับของตัวแปร	ตัวแปรมีระดับการวัดอยู่ในมาตราเรียงลำดับ (Ordinal Scale)
ลักษณะของข้อมูล	กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมา มีเพียงกลุ่มเดียว แต่แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยให้เป็นบวกอย่างหนึ่งและลบอย่างหนึ่ง
สมมติฐาน	$H_0$ : การเกิดลักษณะทั้งสองอย่างหรือการเกิด + และ - เป็นไปอย่างสุ่ม $H_1$ : การเกิดลักษณะทั้งสองอย่างหรือการเกิด + และ - เบี่ยงเบนไปจาก การสุ่ม หรือ $H_0$ : ไม่มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย $H_1$ : มีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย
การทดสอบ	เป็นการทดสอบแบบสองหาง (Two-tailed test) แต่อาจใช้การทดสอบแบบหางเดียว (One-tailed test) ในกรณีที่ทราบทิศทางที่แน่นอนให้ + และ - เป็นจำนวนของการเกิดแต่ละลักษณะ (+ และ -) $r$ (จำนวน runs) เป็นจำนวนการเกิดลักษณะทั้งสองสลับกันไป (คือเกิดครั้งหนึ่งให้นับครั้งหนึ่ง) โดย $n_1$ แทนจำนวนจุดที่อยู่เหนือเส้นกลางทั้งหมด (+) $n_2$ แทนจำนวนจุดที่อยู่ใต้เส้นกลางทั้งหมด(-) ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ( $n_1 > 20$ หรือ $n_2 > 20$ ) จะทดสอบกลุ่มตัวอย่างเป็นตัวอย่างสุ่มโดยใช้ Z (คะแนนมาตรฐาน) ดังนี้

$$Z = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $r$  เป็นจำนวน run ที่นับได้

$\mu_r$  เป็นค่าเฉลี่ยของ  $r$  หาได้จากสูตร

$$\mu_r = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$\sigma_r$  เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ  $r$  หาได้จากสูตร

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}$$

### การทดสอบนัยสำคัญ

1. กรณีที่  $n_1$  และ  $n_2 \leq 20$

ให้นำค่า  $n_1$  และ  $n_2$  ไปเปิดตารางที่ 3 และ 4 ในภาคผนวก เพื่อหาค่าวิกฤติของ  $r$  เปรียบเทียบกับค่า  $r$  ที่สังเกตได้จากกลุ่มตัวอย่าง

2. กรณี  $n_1$  หรือ  $n_2 > 20$

ให้นำค่า  $Z$  ที่คำนวณได้ เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของ  $Z$  ที่เปิดจากตาราง 5 ภาคผนวก ตามระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

### การตัดสินใจ

1. กรณี  $n_1$  และ  $n_2 \leq 20$

- Reject  $H_0$  :  $r_{\text{คำนวณ}} \leq r_{\text{ตารางที่ 3}}$

- Reject  $H_0$  :  $r_{\text{คำนวณ}} \geq r_{\text{ตารางที่ 4}}$

- Accept  $H_0$  :  $r_{\text{คำนวณ}}$  มีค่าอยู่ระหว่าง  $r_{\text{ตารางที่ 3}}$  และ  $r_{\text{ตารางที่ 4}}$

2. กรณี  $n_1$  หรือ  $n_2 > 20$

- Reject  $H_0$  :  $Z_{\text{คำนวณ}} > Z_{\text{ตารางที่ 5}}$

- Accept  $H_0$  :  $Z_{\text{คำนวณ}} \leq Z_{\text{ตารางที่ 5}}$

### การแปลผล

ถ้าไม่ยอมรับ  $H_0$  สรุปว่า การเกิด + และ - เบี่ยงเบนไปจากการสุ่ม

ถ้ายอมรับ  $H_0$  สรุปว่า การเกิด + และ - เป็นไปอย่างสุ่ม

หมายเหตุ ในกรณีทดสอบแบบหางเดียว ก็ให้ใช้ตารางใดตารางหนึ่งเพียงตารางเดียว

การทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้มา เป็นสุ่มหรือไม่ ตามวิธี Runs Test นี้ มีขั้นตอนในการคิดดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน  $H_0$  และ  $H_1$
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ เช่น ให้  $\alpha = 0.05$
3. การทดสอบ คำนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1 หาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 นำคะแนนแต่ละคะแนนมาเทียบกับค่าเฉลี่ย ถ้ามากกว่าให้เป็น + น้อยกว่าให้เป็น - แล้วเรียงเครื่องหมาย + และ - ตามลำดับก่อนและหลังของการทดสอบ (หรือใส่เครื่องหมาย + และ - ลงไปตามตำแหน่งของคะแนนเดิมนั้นเอง)
- 3.3 หาค่า  $n_1$  และ  $n_2$
- 3.4 นับจำนวน runs
4. การทดสอบนัยสำคัญ เปิดตาราง 3 และ 4 ในภาคผนวก โดยใช้ค่า  $n_1$  และ  $n_2$  ที่หาได้จากข้อมูล เพื่อหาค่าวิกฤติของ  $r$  ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ เปิดหาค่าวิกฤติของ  $Z$  แล้วแต่กรณี
5. การตัดสินใจ เปรียบเทียบค่า  $r$  ที่ได้จากการนับค่า  $r$  ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3 และ 4 ในภาคผนวก เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับ  $H_0$  หรือเปรียบเทียบค่า  $Z$  ที่ได้จากการ คำนวณกับค่า  $Z$  ที่เปิดจากตารางที่ 5 ในภาคผนวก แล้วแต่กรณี
6. แปลผล

### 2.1.5 รูปแบบและสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ไม่เป็นปกติ

เมื่อมีการทดสอบข้อมูลโดยใช้ Runs Test พบว่าปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าอาจเกิดความผิดปกติกับข้อมูลที่ได้มา ดังนั้น การศึกษาหารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงจะช่วยให้ทราบถึงสาเหตุบางประการ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น ได้แก่

#### 2.1.5.1. ระดับเปลี่ยนแปลงหรือมีการกระโดดของระดับ (Change or jump in level)

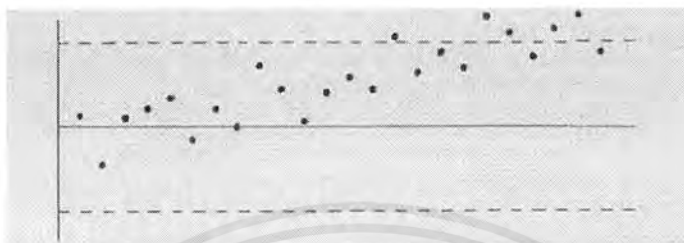
ลักษณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับอย่างรวดเร็วในแผนภูมิควบคุม  $\bar{X}$  และ R หรือทั้งสองแผนภูมิ

ถ้าลักษณะเช่นนี้ เกิดในแผนภูมิ  $\bar{X}$  แสดงว่าอาจเนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

- เกิดการเปลี่ยนแปลงในการจัดวางหรือเริ่มขบวนการ โดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ
- มีผู้ควบคุมใหม่หรือผู้ไม่มีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัตถุประสงค์แตกต่างกัน
- ชั้นส่วนของเครื่องจักรบางส่วนเสียหรือเสื่อมสภาพลง

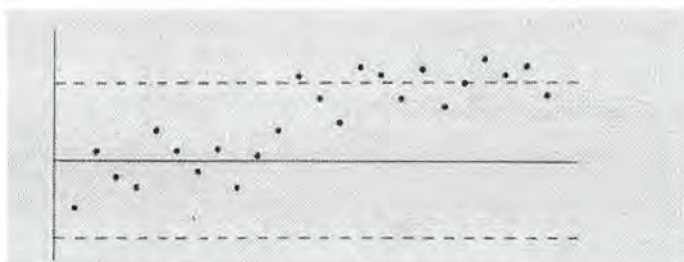


รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงหรือกระโดดของระดับ

#### 2.1.5.2. แนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงคงที่ของระดับ

เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยที่มีแนวโน้มของระดับสูงขึ้นหรือต่ำลง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ ถ้าเกิดขึ้นในแผนภูมิ  $\bar{X}$  อาจมีสาเหตุมาจาก

- เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ
- ความเสื่อมสภาพที่ละเอียดละน้อยของเครื่องจักร
- การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น
- ความหนืดในขบวนการทางเคมี
- เครื่องมือมีเศษงาน ( chips ) เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ



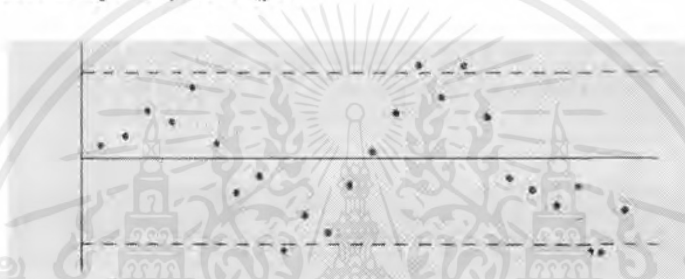
รูปที่ 2.4 แนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่ของระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5.3. วัฏจักรซ้ำซ้อน

ถ้ารูปแบบที่ได้ออกมามีลักษณะซ้ำซ้อน ( Periodic หรือ Cycle ) สาเหตุที่เกิดในแผนภูมิ  $\bar{X}$  คือ

- ลักษณะการเป็นวัฏจักรของอนุกรมและความขึ้น ( เริ่มจากเข้าถึงเย็น )
- วัตถุที่นำเข้าเป็นฤดูกาล
- เหตุการณ์ทางเคมี เครื่องกล หรือจิตวิทยา ที่เกิดขึ้นเป็นประจำวัน หรือ ประจำสัปดาห์
- การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเป็นวัฏจักร

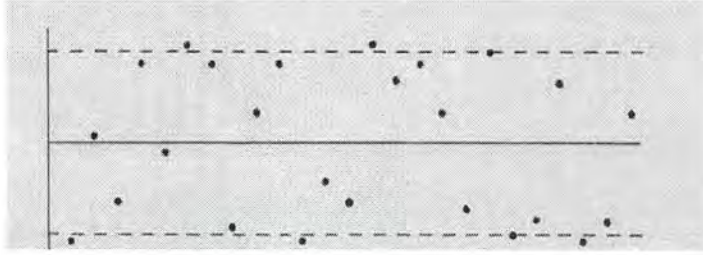


รูปที่ 2.5 วัฏจักรซ้ำซ้อน

### 2.1.5.4. มี 2 ประชากร

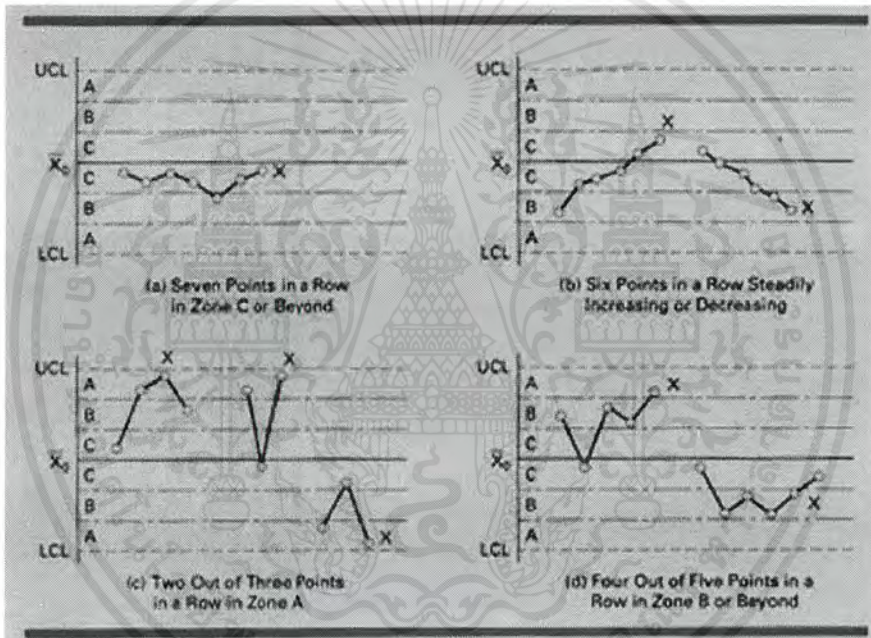
หมายความว่า ลักษณะของจุดส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้หรือนอกเส้นพิศักควบคุม ทำให้เห็นได้ชัดว่าแยกเป็น 2 กลุ่ม หรือ 2 ประชากร ถ้าเกิดในแผนภูมิ  $\bar{X}$  แสดงว่าเกิดจาก

- คุณภาพของวัตถุดิบมีข้อแตกต่างกันมาก
- มีการใช้เครื่องจักร 2 ชนิด หรือมากกว่าในแผนภูมิเดียวกัน
- วิธีทดสอบหรือเครื่องจักรแตกต่างกันมาก



รูปที่ 2.6 2 ประชากร

ในบางครั้งการหารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล อาจจะเทียบกับกฎเกณฑ์ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 แสดงการเรียงตัวของจุดที่ผิดปกติ แสดงว่าขบวนการอยู่ภายนอกการควบคุม

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบธรรมชาตินั้นสามารถพิจารณาได้จาก หลักเกณฑ์ต่อไปนี้ คือ แบ่งระยะระหว่างพิคตสูงสุดถึงเส้นกึ่งกลางเป็น 3 ส่วน และเส้นพิคตต่ำสุด ถึงเส้นกึ่งกลางเป็น 3 ส่วน การเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปตามรูปแบบธรรมชาติ ถ้า

1. ประมาณ 34% ของจุดทั้งหมดตกอยู่ใน 2 ส่วน ใกล้เส้นกึ่งกลาง (Zone C)
2. ประมาณ 13.5 % ของจุดทั้งหมดตกอยู่ใน 2 ส่วน เหนือหรือใต้เส้นกึ่งกลาง (Zone B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประมาณ 2.5 % ของจุดทั้งหมดตกอยู่ใน 1 ส่วนนอกสุด หรือใกล้ส่วนพิศดสูงสุดหรือต่ำสุด (Zone A)

จากรูป (a)-(d) แสดงการเรียงตัวของจุดที่ผิดปกติ

จากรูป (a) มีจุดที่เรียงกัน 7 จุด หรือมากกว่าอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง เหนือ หรือใต้เส้นกึ่งกลางของแผนภูมิ

จากรูป (b) เมื่อมี 6 จุดในแถวเพิ่มหรือลดอย่างสม่ำเสมอ(งที่)

จากรูป (c) เมื่อมี 2 จุดจากทั้งหมด 3 จุดขึ้นไปอยู่ใน Zone A

จากรูป (d) เมื่อมี 4 จุด จาก 5 จุดขึ้นไปอยู่ใน Zone B

### 2.1.6 สมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability Index : $C_p$ )

ในอุตสาหกรรมการผลิต ลำดับขั้นในการดำเนินงานที่สำคัญ 3 ประการคือ การออกแบบการผลิตและการตรวจสอบข้อกำหนด (Specification) ของสินค้า จะกำหนดในขั้นตอนการออกแบบ ในขั้นตอนการผลิต ผู้ควบคุมการผลิตจะต้องควบคุมให้สินค้าที่ผลิตตรงตามข้อกำหนด และในขั้นตอนการตรวจสอบเป็นขั้นตอนการยืนยันให้สินค้าที่ผลิตมีลักษณะคุณภาพตรงตามข้อกำหนดในการควบคุมสินค้าที่ผลิตต้องพิจารณาถึงคุณภาพของสินค้าว่าอยู่ภายในขีดจำกัดข้อกำหนดหรือไม่ เพื่อให้สามารถทราบสมรรถภาพหรือความสามารถของกระบวนการผลิตว่าต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างไร โดยวิธีการคำนวณหาดัชนีสมรรถภาพกระบวนการการผลิต (Process Capability Index) จะตั้งอยู่บนพื้นฐานกระบวนการผลิตภายใต้การควบคุมเสมอ ซึ่งมีขั้นตอนการพิจารณารายละเอียดดังนี้

USL (Upper Specification Limit) คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดบน

LSL (Lower Specification Limit) คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง

โดย Specification Limit จะประกอบด้วย ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (USL) หรือ ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (LSL) คือ ลักษณะคุณภาพบางชนิดที่กำหนดขึ้นจากรัฐบาลหรือโรงงานในการสร้างมาตรฐานสินค้าหรือขอบเขตควบคุมที่มาจากกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐาน

สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถที่จะผลิตของผู้ผลิตว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยการหาดัชนีสมรรถภาพกระบวนการผลิตหรือ  $C_p$  โดยสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ คือ

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

เมื่อ  $C_p$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิต โดยประมาณได้จากสูตร

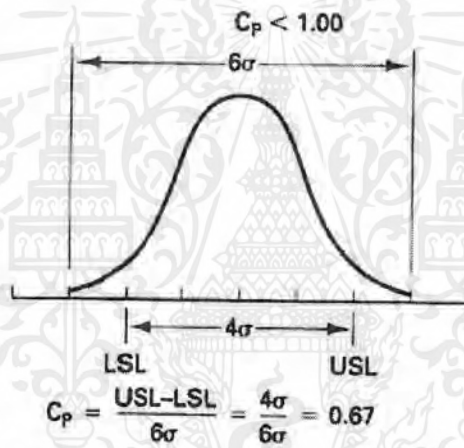
$$C_p = \frac{\bar{s}}{c_4}$$

เมื่อ  $\bar{s}$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มตัวอย่าง

$c_4$  เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม และสามารถเปิดได้จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก

ค่าของ  $C_p$  ที่คำนวณได้จะใช้ในการประเมินสมรรถภาพของกระบวนการผลิต เมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด ซึ่งค่า  $C_p$  ที่ได้จะมีกรณีต่างๆ ดังนี้คือ

1. ถ้า  $C_p < 1$  แสดงว่าระดับการควบคุมไม่เป็นที่น่าพอใจ กระบวนการผลิตสินค้าไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.8



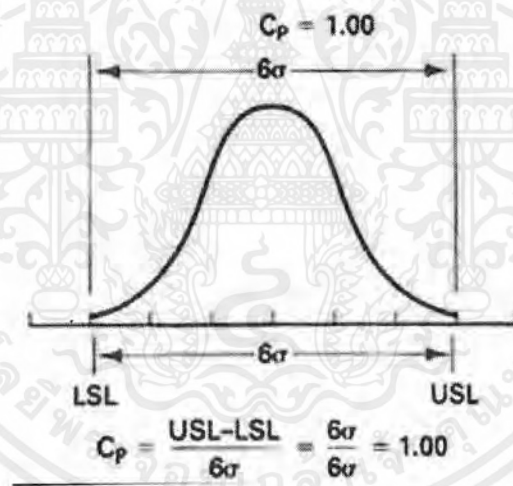
รูปที่ 2.8 เมื่อ  $C_p < 1$

เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะมีแนวทางการแก้ปัญหาคือ

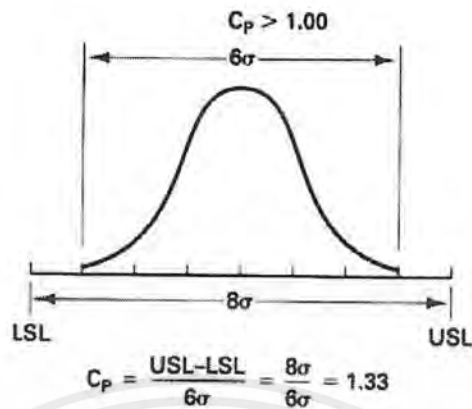
- ลดความผันแปรในกระบวนการผลิต นั่นคือ ต้องปรับทั้งค่าเฉลี่ยและความผันแปรเสียใหม่ ซึ่งจะทำได้ต้องเปลี่ยนเงื่อนไขเกี่ยวกับการผลิต ซึ่งอาจเป็นเพียงการติดตั้งเครื่องจักรใหม่หรือปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ประกอบการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่บางครั้งก็อาจถึงขั้น การเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ เช่น เปลี่ยนวัตถุดิบ เปลี่ยนเครื่องจักรใหม่หรือเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวย่อมเสียค่าใช้จ่ายและเวลามากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีที่ไม่อาจเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิตใดๆได้ แม้ว่าจะได้คุณภาพไม่ตรงตามเกณฑ์กำหนดก็ตาม อาจจะต้องแก้ไขปรับปรุงเกณฑ์ที่กำหนดเสียใหม่ โดยยึดหลักขีดชั้นความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร ขีดชั้นความสามารถในการผลิตของโรงงาน เพื่อให้จะให้ค่า USL และ LSL ที่ดีหรือครอบคลุม ค่า  $6\sigma$  แต่ถ้าไม่อาจเปลี่ยนแปลงได้ก็ต้องยอมรับว่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดในอัตราส่วนที่ต้องการหรือรักษาระดับการควบคุมนี้ไว้ โดยไม่สนใจว่าจะเป็นระดับที่เหมาะสมหรือไม่ จะตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เมื่อเลือกวิธีนี้แล้วฝ่ายบริหารก็ต้องตระหนักว่า ฝ่ายควบคุมและดำเนินงานในการผลิตย่อมจะไม่รับผิดชอบกรณีของคุณภาพที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อยอมรับข้อเท็จจริงนี้ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขอะไรเพิ่มเติม
2.  $C_p = 1$  แสดงว่าขีดจำกัดข้อกำหนดมีค่าเท่ากับขีดจำกัดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามธรรมชาติ จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับแก้กระบวนการผลิต ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 เมื่อ  $C_p = 1$ 

3.  $C_p > 1$  ขนาด  $6\sigma$  อยู่ระหว่างขีดจำกัดข้อกำหนด ดังแสดงดังรูปที่ 2.10 ซึ่งในลักษณะนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหากับผู้ผลิต เพราะผลที่ได้ แสดงว่าการควบคุมกระบวนการอยู่ในระดับที่เหมาะสม ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดครบเท่าที่ยังคงรักษาระดับการควบคุมนี้ไว้ได้

รูปที่ 2.10 เมื่อ  $C_p > 1$ 

### 2.1.7 สมรรถภาพกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( The $C_{pk}$ Capability Index )

กรณี ค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าเฉลี่ยไม่อยู่ที่จุดกึ่งกลางข้อกำหนด ค่า  $C_{pk}$  ก็จะถูกนำมาใช้ในการหาค่าสมรรถภาพของกระบวนการ ซึ่งทำให้สามารถประมาณลักษณะของรูปลิ้นโค้งว่าจะเป็นในลักษณะใด โดยคำนวณจากสูตร

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$

โดย  $\sigma_0 = \frac{\bar{s}}{c_4}$

และ  $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ยกระบวนการ

USL คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดบน

LSL คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง

$C_p$  และ  $C_{pk}$  มีคุณสมบัติดังนี้

1.  $C_p$  มีค่าไม่เปลี่ยน แม้ค่าเฉลี่ยกระบวนการเปลี่ยน
2.  $C_p = C_{pk}$  เมื่อค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ตำแหน่งกลางระหว่างขีดจำกัดบนและล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่า  $C_{pk}$  จะมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าค่า  $C_p$  เสมอ
4. ค่า  $C_p$  มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไม่คล้อยตามเกณฑ์มาตรฐาน
5. ค่า  $C_{pk}$  มีค่าเท่ากับ 1 นั้นเป็นมาตรฐาน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตนั้นผลิตผลิตภัณฑ์ได้คล้อยตามเกณฑ์มาตรฐาน
6. ค่า  $C_p$  และ  $C_{pk}$  มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตนั้นผลิต ผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
7. ค่า  $C_{pk}$  มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ากระบวนการผลิตนั้นผลิต ผลิตภัณฑ์ได้ไม่คล้อยตามเกณฑ์มาตรฐาน
8. ค่า  $C_{pk}$  มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยกระบวนการมีค่าเท่ากับหนึ่งในพิสัยข้อกำหนด
9. ค่า  $C_{pk}$  มีค่าติดลบ แสดงว่าค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษารายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะเก็บข้อมูลมาจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือส่วนของกระบวนการผลิตที่สนใจ โดยข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลแบบตัวแปร และข้อมูลแบบคุณภาพ แล้วนำมาสร้างแผนภูมิควบคุมแบบต่าง ๆ ตามลักษณะของข้อมูลที่เก็บมาได้ พร้อมทั้งหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ตัวอย่างรายงานวิจัย เช่น

กฤษณี โขทยาสีหนาท และคณะ ได้ทำการควบคุมคุณภาพเครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์ นมสด ยู.เอช.ที ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และนำข้อมูลที่นำมาสร้างแผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมการกระจาย รวมทั้งหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบตัวแปร โดยใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.9 ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการประมวลผล คือ STATGRAPHICS และ MICROSOFT EXCEL

ธีรชัย วัฒนจินดาพร และคณะ ได้ทำการศึกษาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมปังของ บริษัท เพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ โดยการสุ่มตัวอย่างขนมปังมาชั่งน้ำหนักและนำข้อมูลมาสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพรวมทั้งหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยแผนภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ แผนภูมิควบคุม  $\bar{X}$  , แผนภูมิ R และแผนภูมิอัตราส่วนของเสีย ส่วนแผนการสุ่มตัวอย่างนั้นใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่อาศัยตารางมาตรฐานกรมทหาร 105D แผนการสุ่มตัวอย่างแบบคอคจ์และโรมิก แผนการสุ่มตัวอย่างตามลำดับและแผนการสุ่มตัวอย่างแบบตัวแปร โดยอาศัยตารางมาตรฐานกรมทหาร 414 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHIC ช่วยในการประเมินผลและทำการเปรียบเทียบเพื่อหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยพิจารณาอัตราส่วนของเสียไม่เกิน 3% ซึ่งกำหนดคุณภาพในการยอมรับ (AQL) อยู่ในช่วงไม่เกิน 4% ของแต่ละแผนการสุ่มตัวอย่าง

ธีราพร จารุพงษ์ และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์พีวีซีชนิดผงของบริษัทไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด(มหาชน) โดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์พีวีซีชนิดผงขนาด 25 กิโลกรัม นำมาชั่งน้ำหนักและนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยโดยอาศัยค่าพิสัย แผนภูมิควบคุมการกระจายด้วยค่าพิสัย แผนภูมิควบคุมการกระจายด้วยค่าพิสัย แผนภูมิการควบคุมค่าเฉลี่ยโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแผนภูมิการควบคุมการกระจายด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือแผนการสุ่มตัวอย่างแบบตัวแปรโดยใช้ตารางมาตรฐานกรมทหาร 414(MIL-STD414) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์พีวีซีชนิดผง คือ ค่า K-VALUE(K), BULK DENSITY (BD) และ PARTICLE SIZE (PS) โดยใช้แผนภูมิควบคุม  $\bar{X}$  และ R สำหรับตัวอย่างเดี่ยวพร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า BD และค่า PS ในการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ ได้นำโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการประเมินผลคือ STATGRAPHICS, EXCEL และ LOTUS และการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพทางเคมีพบว่าพิสัยควบคุมยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาแต่ส่วนใหญ่อยู่ในขอบเขตมาตรฐานส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่า BD และ PS จะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

ปณิศา สุขแสงศรี และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพการผลิตผงซักฟอกของบริษัททีเอเวอร์ บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยทำการสุ่มตัวอย่างผงซักฟอก 200 กรัม เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดค่าความหนาแน่นของก้อนอนุภาค (Bulk Density) รวมทั้งตรวจสอบความบกร่องของกลองที่ใช้บรรจุตามลักษณะต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยโดยการกระจายด้วยค่าพิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิควบคุมรอยคำหนิตต่อหน่วย (u Chart) และแผนภูมิควบคุมข้อเสียดาย (D Chart) พร้อมทั้งหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและค่าความหนาแน่นของก้อนอนุภาค รวมทั้งหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบคุณภาพโดยใช้ตารางมาตรฐานกรมทหาร 105D และแผนการสุ่ม

ตัวอย่างแบบตัวแปรโดยใช้ตารางมาตรฐานกรมทหาร 414 ซึ่งจะใช้โปรแกรม STATGRAPHICS และ LOTUS มาช่วยในการประมวลผล

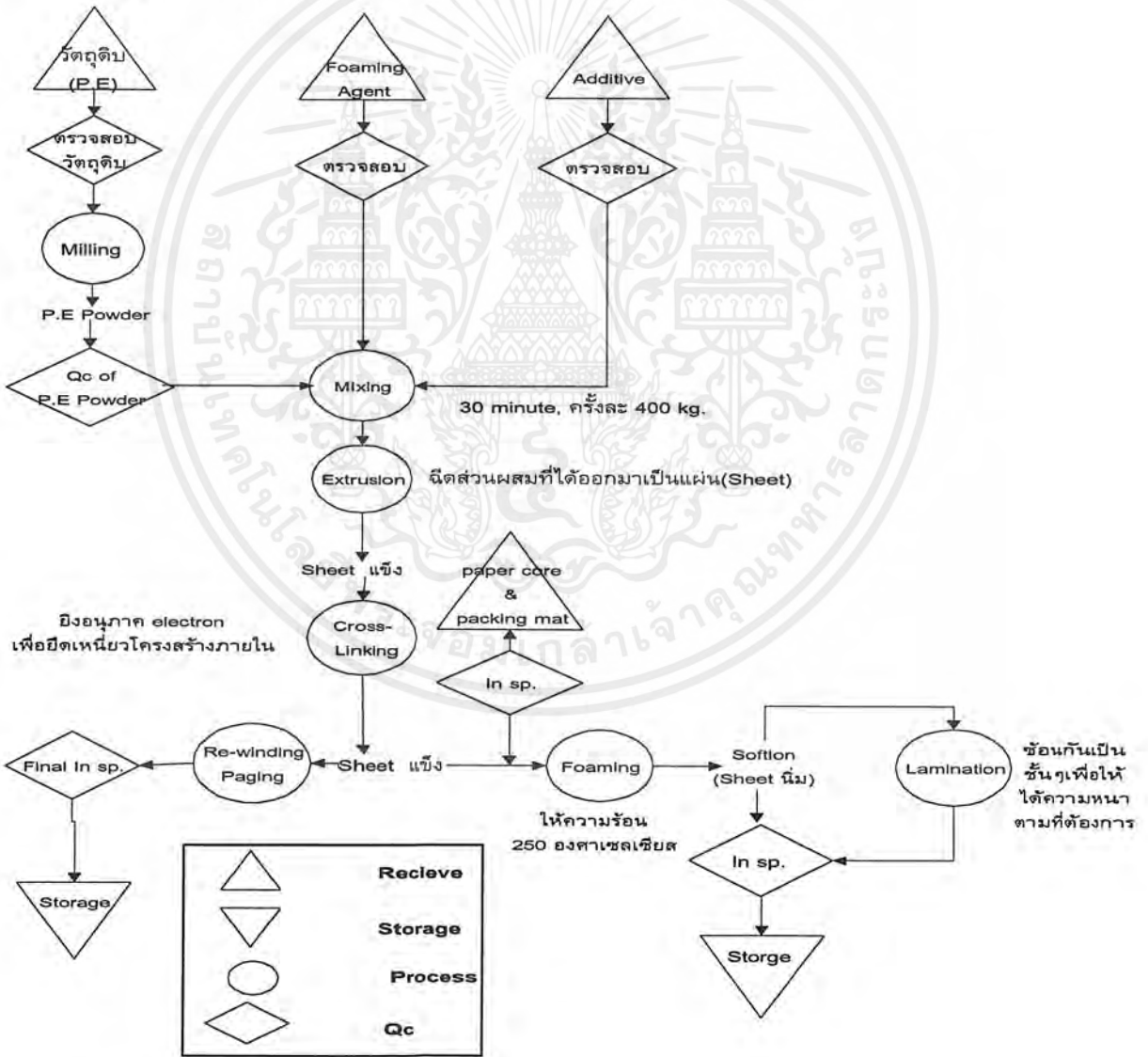


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

### 3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

ในการศึกษาการควบคุมคุณภาพครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์โฟมจากแผนก Quality Control ของบริษัทไทยเซกิชุยโฟม จำกัด ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานในการควบคุมคุณภาพดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานในการควบคุมคุณภาพของบริษัทไทยเซกิชุยโฟม จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเกรดของโฟมที่ทางโรงงานผลิตแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของโฟมเกรดต่าง ๆ 31 เกรด

GRADE	Foam Width				Thickness mm.	Expansion cc / g.	Length m / Roll
		mm.					
S0501	630 (+25, -0)				0.8 ~ 1.20	3.0 ~ 7.0	200
S05015	630 (+25, -0)				1.3 ~ 1.70	3.0 ~ 7.0	200
S0502	630 (+25, -0)				1.75 ~ 2.30	3.0 ~ 7.0	100
S0503	630 (+25, -0)				2.70 ~ 3.30	3.0 ~ 7.0	100
S1000.8	1000 (+25, -0)				0.60 ~ 1.00	8.0 ~ 13.0	400
S1001	1000 (+25, -0)				0.80 ~ 1.20	8.0 ~ 13.0	400
S10015	1000 (+25, -0)				1.30 ~ 1.70	8.0 ~ 13.0	200
S1002	630 (+25, -0)				1.75 ~ 2.30	8.0 ~ 13.0	100
S1003	1000 (+25, -0)				2.70 ~ 3.40	8.0 ~ 13.0	100
S1501	1000 (+25, -0)				0.80 ~ 1.20	13.0 ~ 1.80	400
S15015	1000 (+25, -0)				1.30 ~ 1.80	13.0 ~ 1.80	300
S1502	1000 (+25, -0)				1.70 ~ 2.40	13.0 ~ 1.80	200
S1503	1000 (+25, -0)				2.70 ~ 3.5	13.0 ~ 1.80	100
S2002	1000 (+25, -0)				1.70 ~ 2.4	17.0 ~ 24.0	200
S2004	1000 (+25, -0)	1050(+40up)			3.60 ~ 4.50	17.0 ~ 24.0	150
S2501	1000 (+25, -0)				0.80 ~ 1.30	21.0 ~ 29.0	500
S2502	1000 (+25, -0)				1.70 ~ 2.40	21.0 ~ 29.0	200
S3001.5	1000 (+25, -0)				1.20 ~ 1.80	26.0 ~ 36.0	400
S3002	1000 (+25, -0)				1.70 ~ 2.50	26.0 ~ 36.0	300
S3003	1000 (+25, -0)				2.70 ~ 3.50	26.0 ~ 36.0	200
S3004	1000 (+25, -0)				3.60 ~ 4.50	26.0 ~ 36.0	200
S3005	1000 (+25, -0)	1050(+40up)	1500(+25, -0)	1550(+40up)	4.60 ~ 5.60	26.0 ~ 36.0	150
S3006	1000 (+25, -0)				5.60 ~ 6.60	26.0 ~ 36.0	150
S3504	1000 (+25, -0)				3.60 ~ 4.50	31.0 ~ 41.0	200
S4002	1000 (+25, -0)				1.70 ~ 2.50	36.0 ~ 46.0	400
S4003	1000 (+25, -0)				2.70 ~ 3.50	36.0 ~ 46.0	300
S4004	1000 (+25, -0)				3.60 ~ 4.50	36.0 ~ 46.0	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

GRADE	Foam Width			Thickness	Expansion	Length
		mm.				
S4005	1550(+40up)			4.60 ~ 5.60	36.0 ~ 46.0	150
S4005	1000(+25,-0)	1050(+40up)		4.60~5.60	36.0~46.0	200
S4006	1000 (+25, -0)	1050(+40up)		5.60 ~ 6.60	36.0 ~ 46.0	150
S4008	1000 (+25, -0)			7.50 ~ 8.80	36.0 ~ 46.0	100

โดยข้อมูลที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็น โฟมเฉพาะเกรด S3002ประกอบด้วยรายละเอียดดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3. 2 แสดงรายละเอียดของ โฟมสีดำเกรด S3002 x 1000(99)

รหัสเกรดของโฟม	วัน/เดือน/ปี ที่บันทึกข้อมูล	รุ่นที่	สี	ความยาว	หมายเลขซีท	จำนวนม้วน	หมายเหตุข้อมูล
s3002x1000 (99)	20/1/99	1	ดำ (99)	150 ม.	101019 *	13	b150_1
s3002x1000 (99)	21/1/99	1	ดำ (99)	300 ม.	101019 *	2	b300_1
	9/2/99	2			10119	18	b300_2
	23/2/99	3			10215	29	b300_3
	24/2/99	4			10210	3	b300_4
	9/3/99	5			10344	2	b300_5
	23/3/99	6			10211	22	b300_6
	30/3/99	7			10218	26	b300_7
	7/4/99	8			10409	2	b300_8
	3/6/99	9			10409	4	b300_9
	4/6/99	10			20601	23	b300_10
	4/6/99	11			10409	16	b300_11
	24/6/99	12			20520	34	b300_12
	1/7/99	13			10637	6	b300_13
	5/7/99	14			10701	5	b300_14
	6/7/99	15			10635	31	b300_15
	26/7/99	16			10636	31	b300_16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

รหัสเกรดของโฟม	วัน/เดือน/ปี ที่บันทึกข้อมูล	รุ่นที่	สี	ความยาว	หมายเลขซีท	จำนวนม้วน	รหัสข้อมูล
S3002x1000(99)	26/7/99	17	ดำ(99)	300 ม.	10505	7	b300_17
	29/7/99	18			10719	33	b300_18
	30/8/99	19			10808	7	b300_19
	31/8/99	20			10808	27	b300_20
	31/8/99	21			10809	11	b300_21
	1/9/99	22			10720	35	b300_22
	1/9/99	23			10721	9	b300_23

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของโฟมสีขาวเกรด S3002 x 1000(80)

รหัสเกรดของโฟม	วัน/เดือน/ปี ที่บันทึกข้อมูล	รุ่นที่	สี	ความยาว	หมายเลขซีท	จำนวนม้วน	รหัสข้อมูล
S3002x1000 (80)	20/1/99	1	ขาว (80)	150 ม.	107025 *	2	w150_1
	21/1/99	2			107025 *	17	w150_2
S3002x1000 (80)	16/2/99	1	ขาว (80)	300 ม.	10346	27	w300_1
	21/4/99	2			10348	10	w300_2
	17/5/99	3			10348	13	w300_3
	21/5/99	4			10508	2	w300_4
	26/7/99	5			10508	6	w300_5
	1/9/99	6			20801	1	ไม่วิเคราะห์
	1/9/99	7			20802	1	ไม่วิเคราะห์

**หมายเหตุ** S3002x1000(99) มีความหมายว่า โฟมสีดำ ที่มี อัตราขยาย 26-36 ซีซี ต่อ กรัม

ความหนา 1.7-2.5 มิลลิเมตร

ความกว้าง 1000 มิลลิเมตร

S3002x1000(80) มีความหมายว่า โฟมสีขาว ที่มี อัตราขยาย 26-36 ซีซี ต่อ กรัม

ความหนา 1.7-2.5 มิลลิเมตร

ความกว้าง 1000 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลขซีท \* เป็นการกำหนดหมายเลขซีทแบบเก่า มีความหมายดังนี้ คือ
- เลขหลักที่ 1 คือ หมายเลขเครื่องจักรที่บังคับให้วัสดุนั้นขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ
- เลขหลักที่ 2 และ 3 คือ เดือนที่ใช้เครื่องจักร
- เลขหลักที่ 4 และ 5 คือ หมายเลขซีท
- \*\* มีความหมายดังนี้ คือ
- เลขหลักที่ 1 คือ หมายเลขเครื่องจักรที่บังคับให้วัสดุนั้นขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ
- เลขหลักที่ 2 และ 3 คือ เดือนที่ใช้เครื่องจักร
- เลขหลักที่ 4 และ 5 คือ หมายเลขซีท

โดยวิธีคำนวณอัตราขยายมีสูตรดังนี้ คือ

$$\text{อัตราขยาย} = \frac{30 \times \text{ค่าเฉลี่ยความหนาของโฟมแต่ละม้วนจำนวน 10 จุด}}{\text{น้ำหนักของโฟมขนาด } 10 \times 10 \text{ เซนติเมตรจำนวน 3 แผ่น}}$$

### 3.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้นำมาศึกษาครั้งนี้ เพื่อหารูปแบบการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม โดยอาศัยทฤษฎีดังต่อไปนี้

- ทดสอบความเป็นปกติ โดยวิธี The Lilliefors Test และ Normal Probability Plot
- การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan
- แผนภูมิค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ -Chart)
- การทดสอบความเป็นสุ่ม (The One-Sample Runs Test For Randomness)
- สมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability Index :  $C_p$ )
- สมรรถภาพกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยกระบวนการ ไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด (The  $C_{pk}$  Capability Index)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผลดังนี้

1. ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan นั้น จะใช้ข้อมูลความหนาในการวิเคราะห์ 2 แบบ คือ

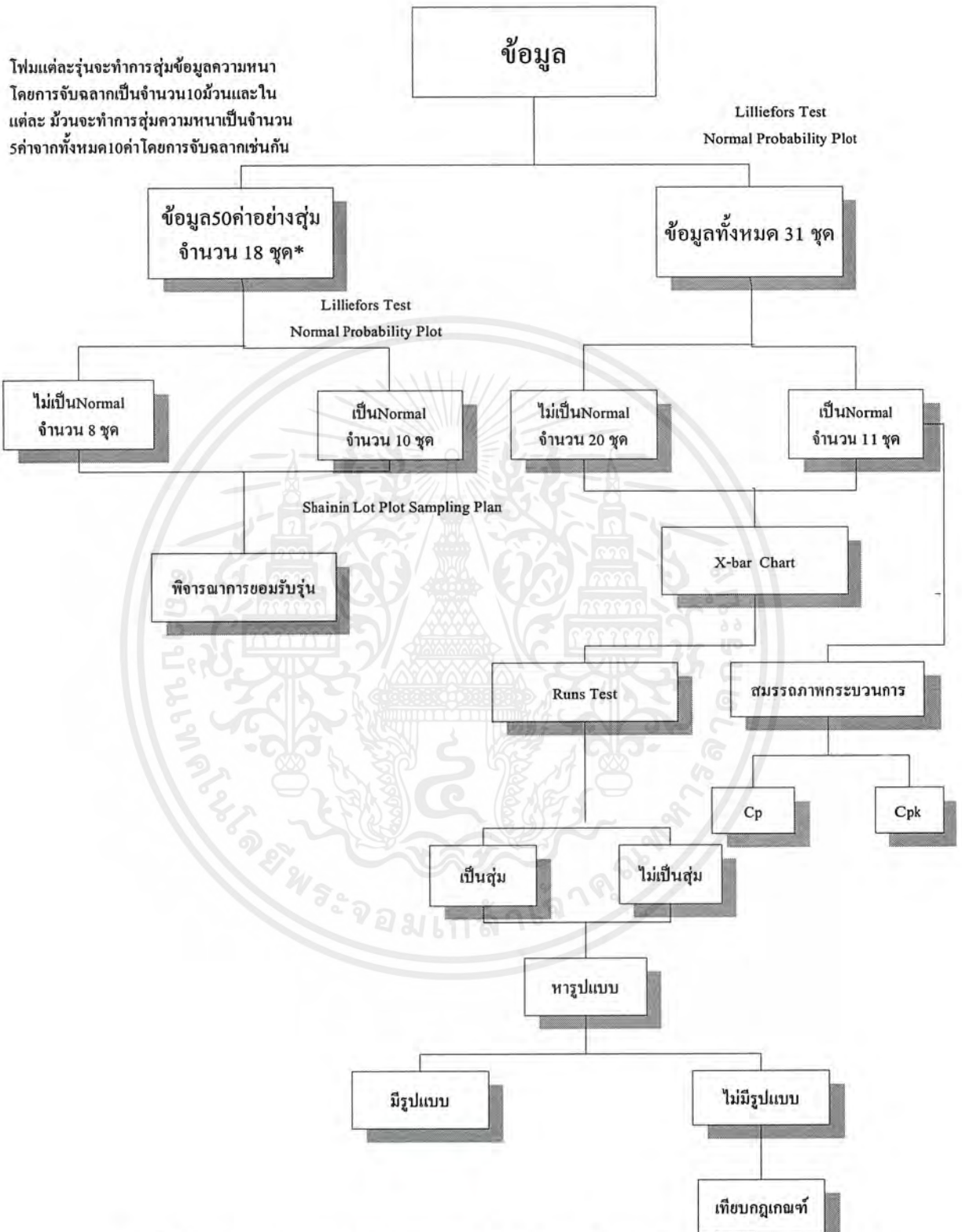
- ใช้ข้อมูลความหนาทั้งหมดในแต่ละรุ่น ซึ่งใน โฟมแต่ละม้วนจะทำการวัดความหนาจำนวน 10 ค่า
- ใช้ข้อมูลความหนา 50 ค่าในแต่ละรุ่นซึ่งได้มาจากการสุ่ม โดยวิธีการจับฉลากม้วนโฟมจำนวน 10 ม้วนจากในรุ่นเดียวกัน และ โฟมแต่ละม้วนจะถูกสุ่มข้อมูลความหนาจำนวน 5 ค่า จากทั้งหมด 10 ค่า โดยวิธีการจับฉลากเช่นกัน

ซึ่งการวิเคราะห์แบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan นั้นจำเป็นต้องทดสอบความเป็นปกติก่อน จึงใช้การทดสอบความปกติแบบ The Lilliefors Test และ Normal Probability Plot

2. ในการวิเคราะห์ข้อมูลความหนา โดยใช้วิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan นั้น เพื่อการยอมรับรุ่น

3. ในการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลความหนาอาจเกิดความผิดปกติขึ้น จึงทำการทดสอบการเรียงตัวของจุด โดยใช้การทดสอบความเป็นสุ่ม(Runs Test)รวมทั้งพิจารณาแผนภูมิค่าเฉลี่ย( $\bar{X}$ -Chart) จึงเพื่อหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น

4. วิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ ) และสมรรถภาพกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( $C_{pk}$ ) ของข้อมูลความหนา เพื่อยืนยันว่าสินค้าที่ผลิตมีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดและเพื่อให้ทราบสมรรถภาพและความสามารถของกระบวนการผลิตว่าควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างไร



\*ส่วน 13 ชุดที่ไม่ได้นำมาทำการวิเคราะห์เนื่องจากจำนวนของข้อมูลไม่เพียงพอ คือ จำนวน โพลีเมอร์ในรุ่นนั้นมีจำนวนน้อยกว่า 10 ม้วน

### รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากขั้นตอนในการวิจัยต่างๆ ของปัญหาพิเศษนี้ สามารถวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ การทดสอบความเป็นปกติโดยวิธี Lilliefors Test และ Normal Probability Plot การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan การทดสอบความเป็นสุ่ม(Runs Test) สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ ) และสมรรถภาพกระบวนการซึ่งกระบวนการไม่เหมาะสมกับขีดจำกัดข้อกำหนด ( $C_{pk}$ )

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ

##### 4.1.1 การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Lilliefors Test

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลความหนาทั้งหมด 31 ชุด โดยวิธี Lilliefors Test

รหัส	Lilliefors Test *		Shapiro-Wilk **		ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	
	Statistics	p-value	Statistics	p-value	เป็น Normal	ไม่เป็น Normal
b150_1	0.117	0.000	-	-		/
b300_1	-	-	0.958	0.489	/	
b300_2	0.069	0.036	-	-		/
b300_3	0.059	0.016	-	-		/
b300_4	-	-	0.936	0.086	/	
b300_5	-	-	0.961	0.534	/	
b300_6	0.096	0.000	-	-		/
b300_7	0.056	0.055	-	-	/	
b300_8	-	-	0.791	0.010		/
b300_9	-	-	0.875	0.010		/
b300_10	0.073	0.005	-	-		/
b300_11	0.065	0.092	-	-	/	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รหัส	Lilliefors *		Shapiro- Wilk**		ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	
	Statistics	p-value	Statistics	p-value	เป็น Normal	ไม่เป็น Normal
b300_12	0.061	0.004	-	-		/
b300_13	0.093	0.200	-	-	/	
b300_14	-	-	0.897	.010		/
b300_15	0.094	0.000	-	-		/
b300_16	0.117	0.000	-	-		/
b300_17	0.084	0.200	-	-	/	
b300_18	0.063	0.003	-	-		/
b300_19	0.122	0.012	-	-		/
b300_20	0.133	0.000	-	-		/
b300_21	0.146	0.000	-	-		/
b300_22	0.050	0.034	-	-		/
b300_23	0.131	0.001	-	-		/
w150_1	-	-	0.925	0.149	/	
w150_2	0.046	0.200	-	-	/	
w300_1	0.066	0.007	-	-		/
w300_2	0.146	0.000	-	-		/
w300_3	0.118	0.000	-	-		/
w300_4	-	-	0.977	0.868	/	
w300_5	0.103	0.179	-	-	/	

\* กรณีมีข้อมูลมากกว่า 50 ตัวขึ้นไป

\*\* กรณีมีข้อมูลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มจำนวน 18 ชุด โดยวิธี Shapiro-Wilk

รหัส	Shapiro-Wilk *		ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	
	Statistics	p-value	เป็น Normal	ไม่เป็น Normal
b150_1	0.935	0.016		/
b300_2	0.951	0.073	/	
b300_3	0.935	0.016		/
b300_6	0.966	0.332	/	
b300_7	0.984	0.849	/	
b300_10	0.965	0.31	/	
b300_11	0.966	0.337	/	
b300_12	0.969	0.187	/	
b300_15	0.91	0.01		/
b300_16	0.926	0.01		/
b300_18	0.972	0.467	/	
b300_20	0.883	0.01		/
b300_21	0.916	0.01		/
b300_22	0.0966	0.323	/	
w150_2	0.973	0.489	/	
w300_1	0.939	0.022		/
w300_2	0.9	0.01		/
w300_3	0.969	0.398	/	

\* กรณีมีข้อมูลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

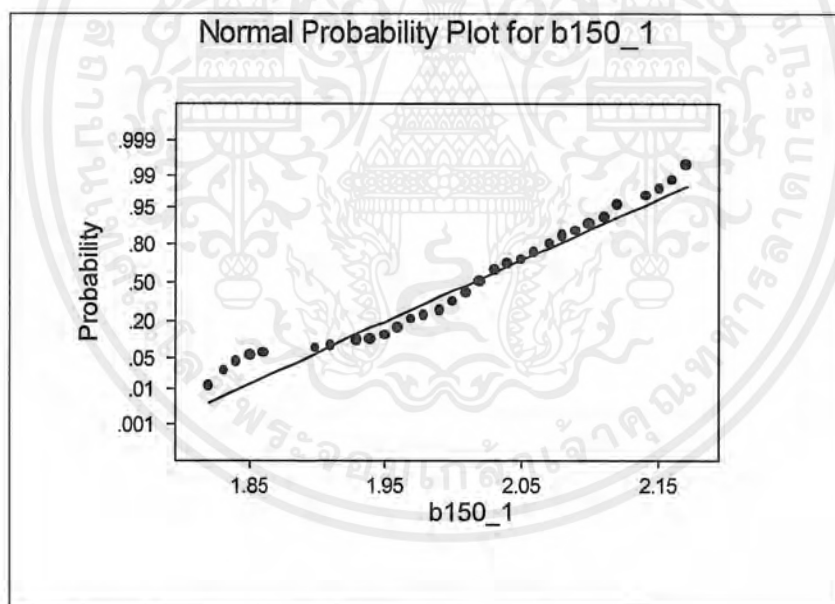
จากการวิเคราะห์ผลความเป็นปกติโดยวิธี Lilliefors Test จะได้ว่า

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- เมื่อใช้ข้อมูลความหนาทั้งหมดจะมีโฟมรูนที่มีความเป็นปกติ คือ b300\_1 , b300\_4, b300\_5 , b300\_7 , b300\_11 , b300\_13 , b300\_17 , w150\_1 , w150\_2 , w300\_4 และ w300\_5
- เมื่อใช้ข้อมูลความหนา 50 ค่าย่างสุ่มจะมีโฟมรูนที่มีความเป็นปกติ คือ b300\_2 , b300\_6 , b300\_7 , b300\_10 , b300\_11 , b300\_12 , b300\_18 , b300\_22 , w150\_2 และ w300\_3

#### 4.1.2 การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot

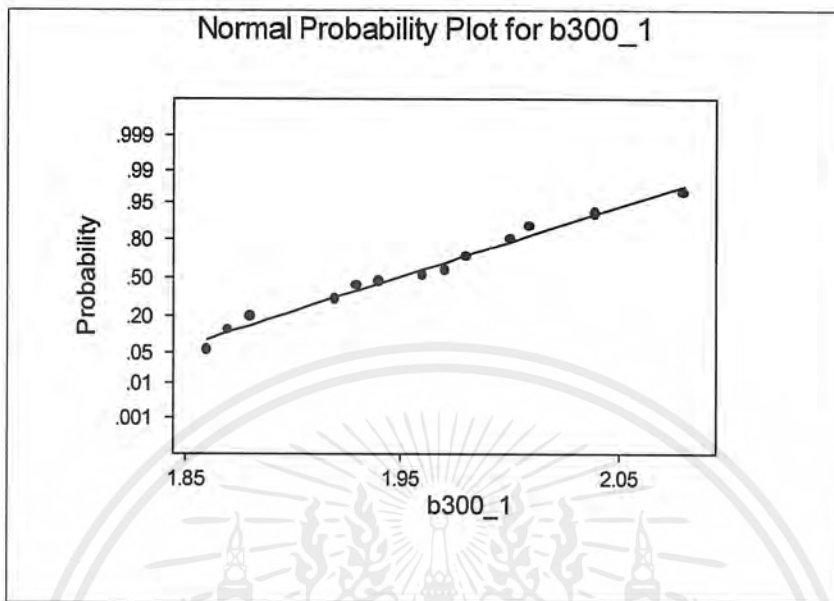
##### 4.1.2.1 การวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนาทั้งหมด 31 ชุดโดยวิธี Normal Probability Plot



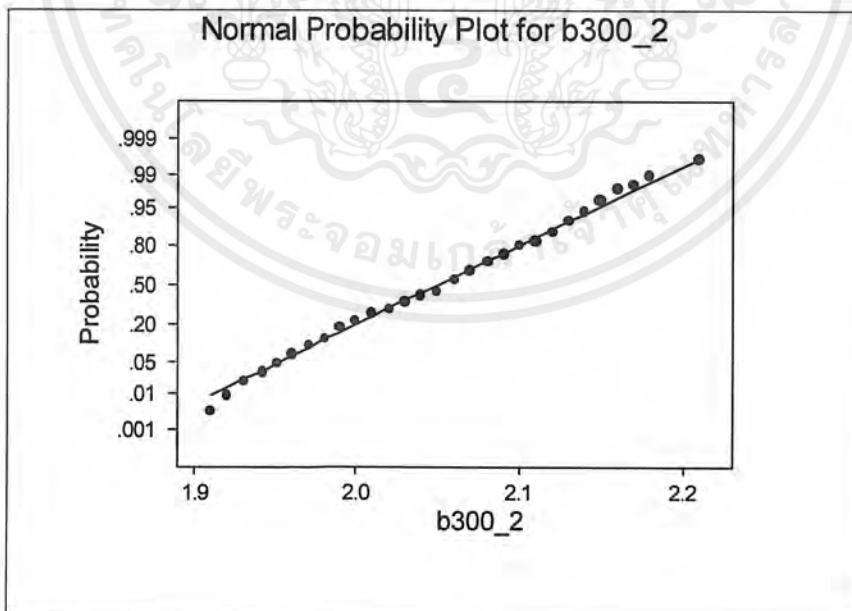
รูปที่ 4.1 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรูน b150\_1

จากรูปที่ 4.1 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

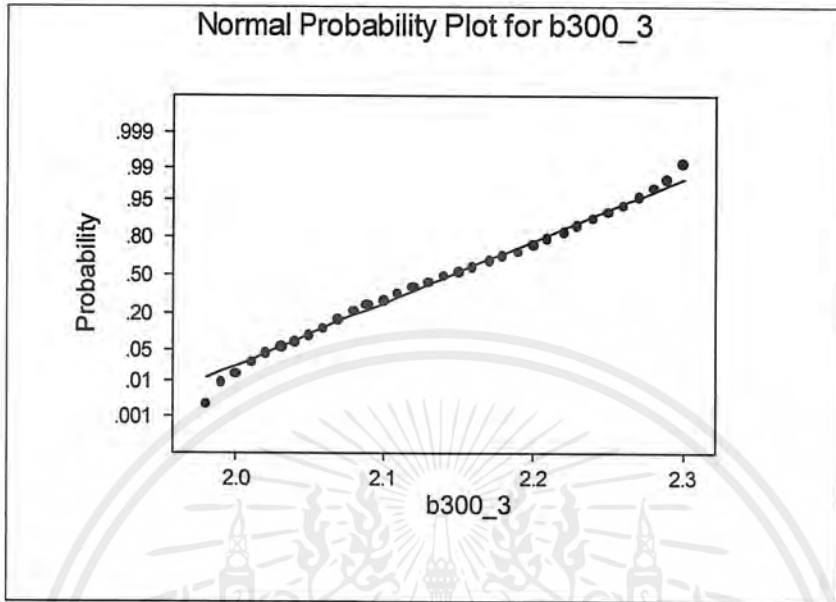


รูปที่ 4.2 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_1

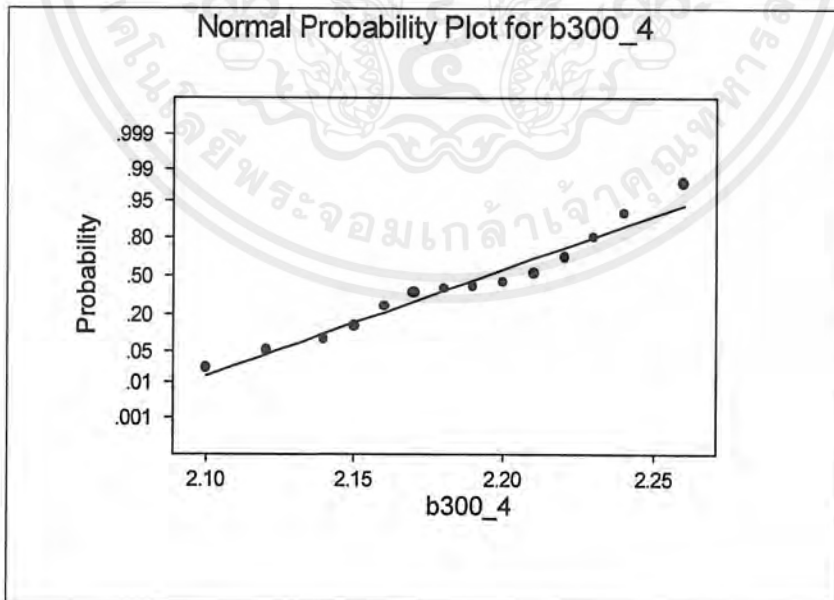


รูปที่ 4.3 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

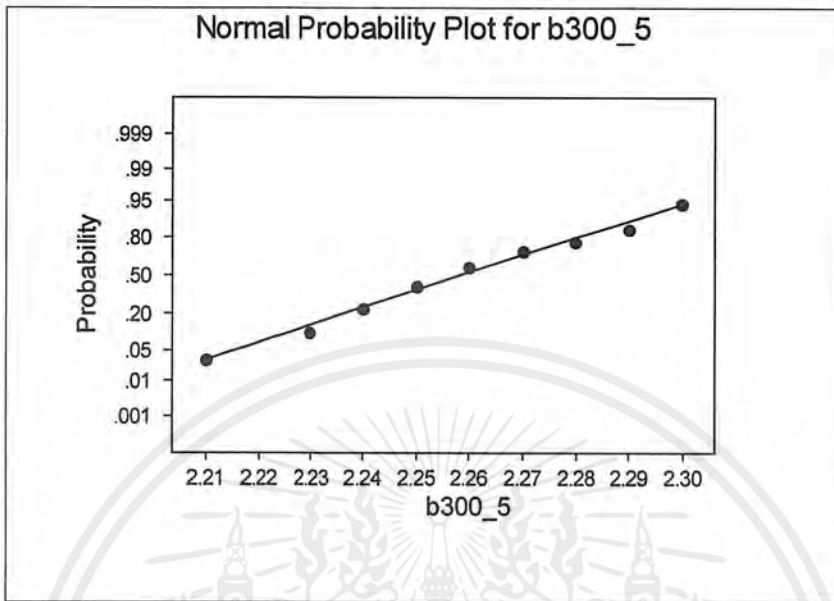


รูปที่ 4.4 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_3

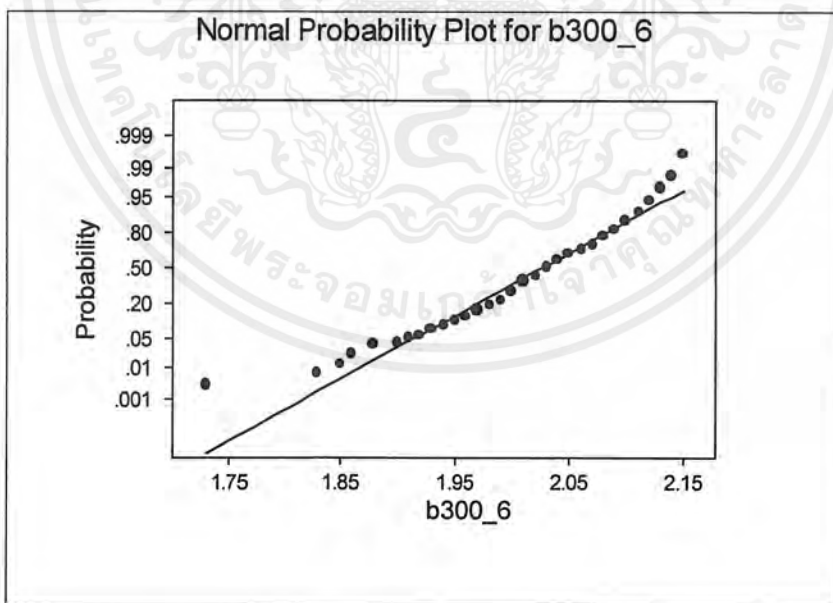


รูปที่ 4.5 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



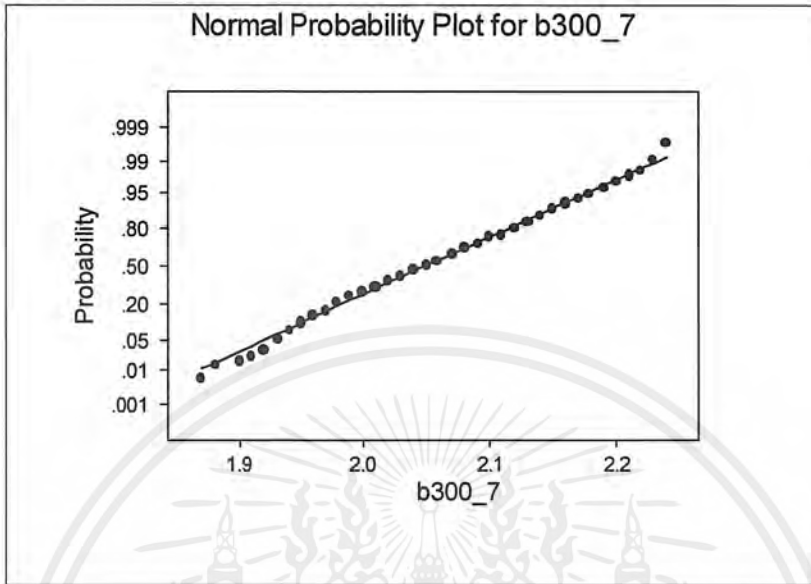
รูปที่ 4.6 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_5



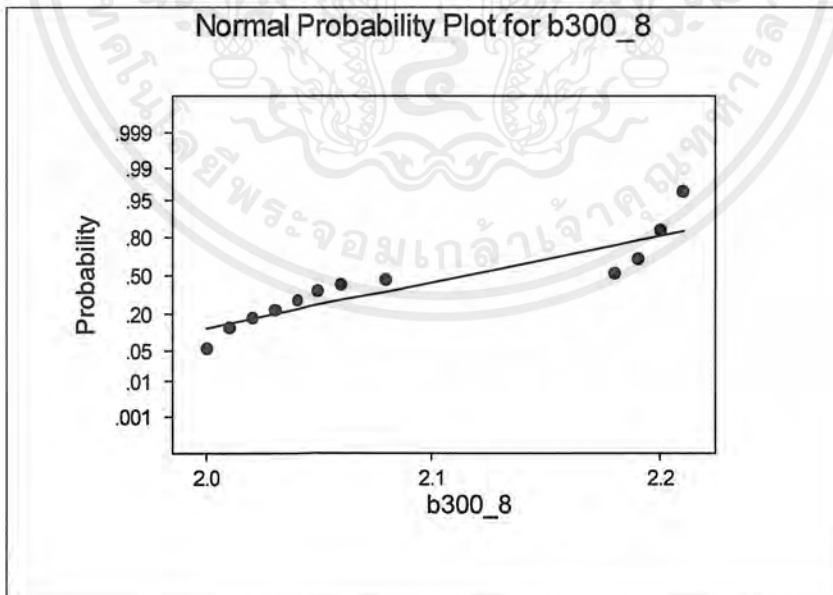
รูปที่ 4.7 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_6

จากรูปที่ 4.7 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

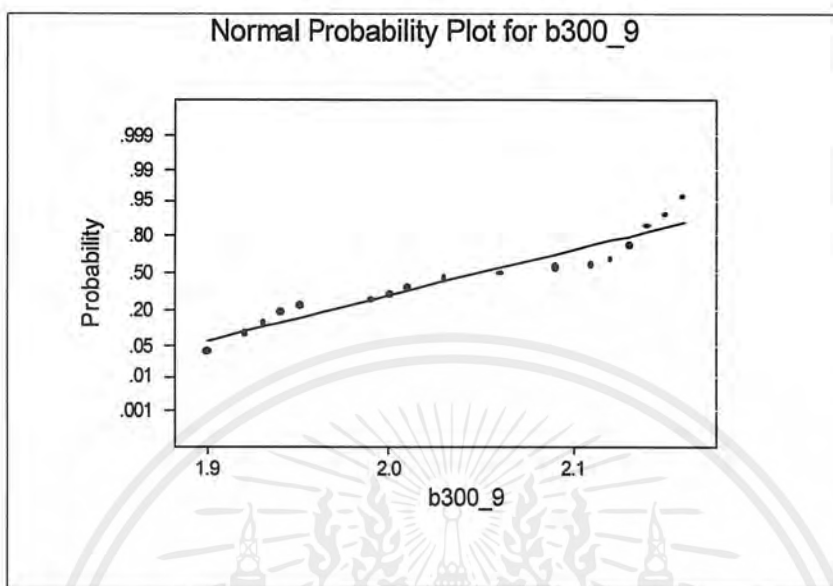


รูปที่ 4.8 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_7



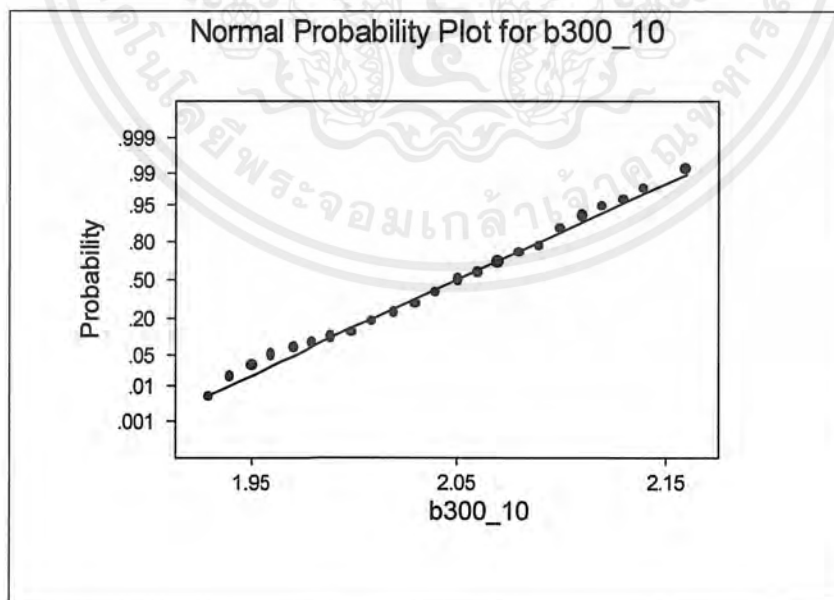
รูปที่ 4.9 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของ โฟมรุ่น b300\_8

จากรูปที่ 4.9 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



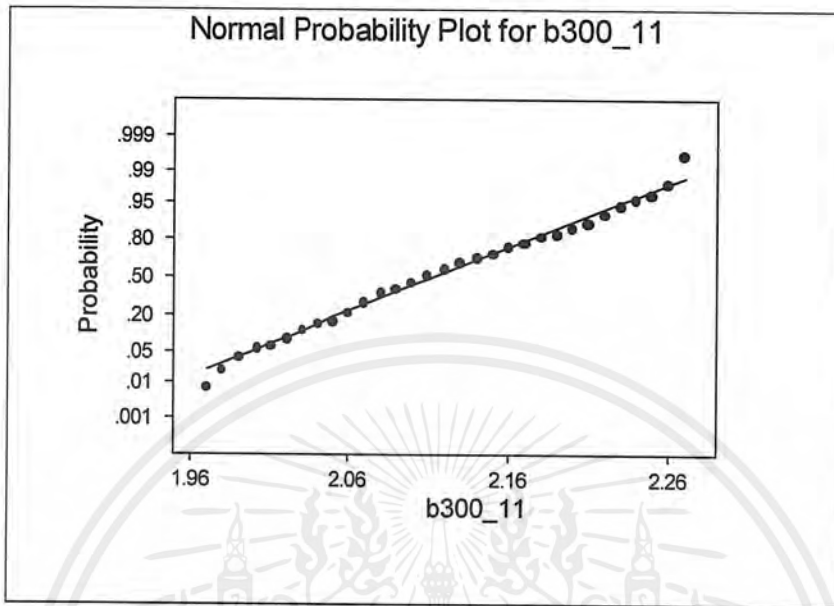
รูปที่ 4.10 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_9

จากรูปที่ 4.10 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

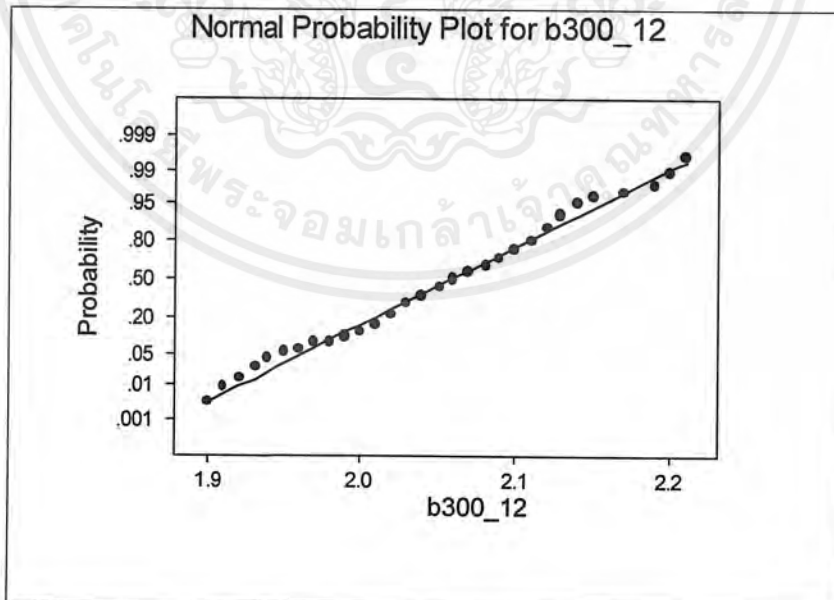


รูปที่ 4.11 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

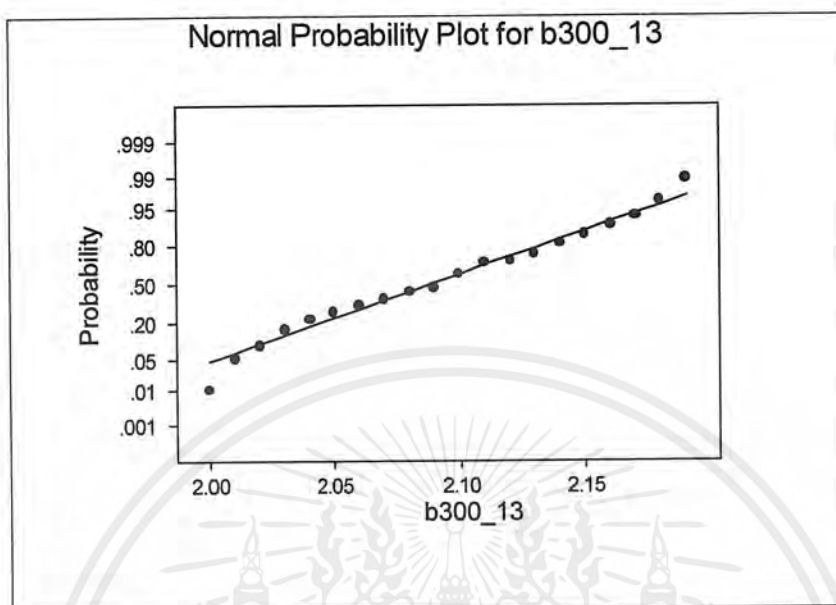


รูปที่ 4.12 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_11

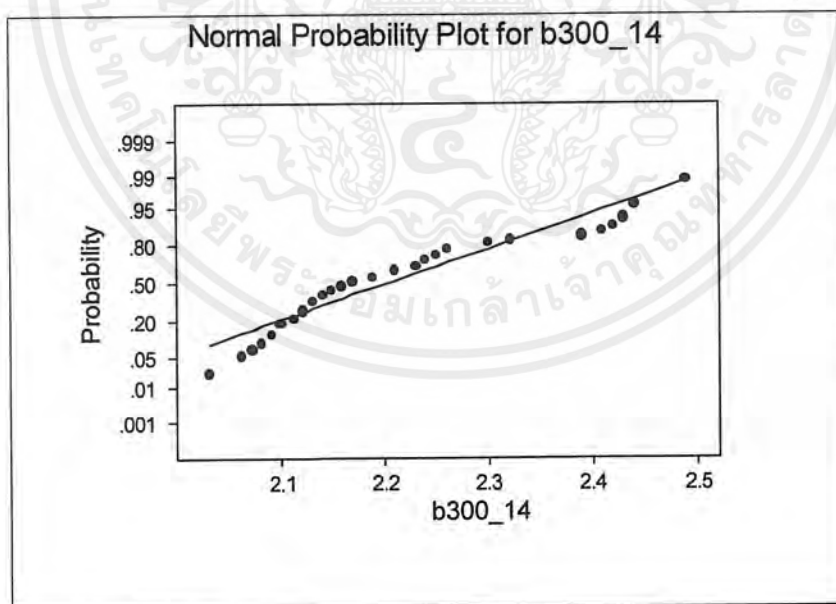


รูปที่ 4.13 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



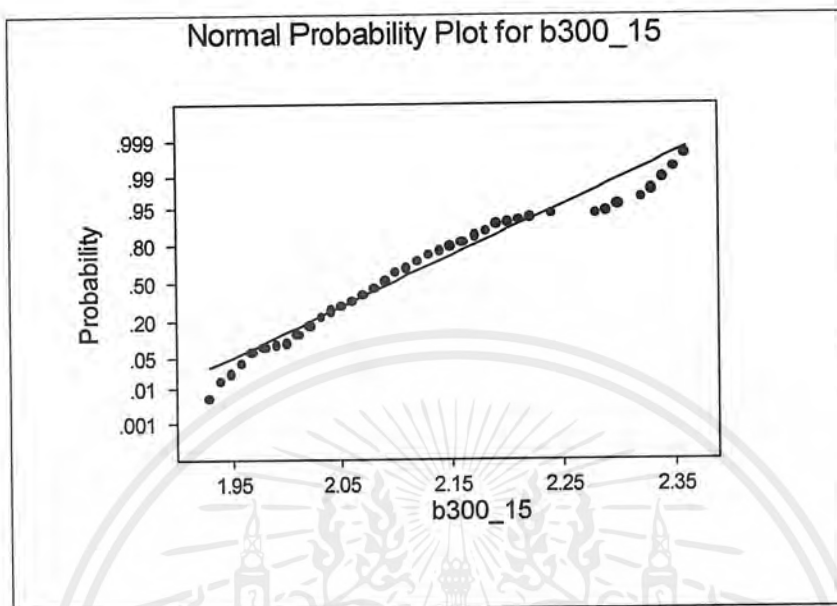
รูปที่ 4.14 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_13



รูปที่ 4.15 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_14

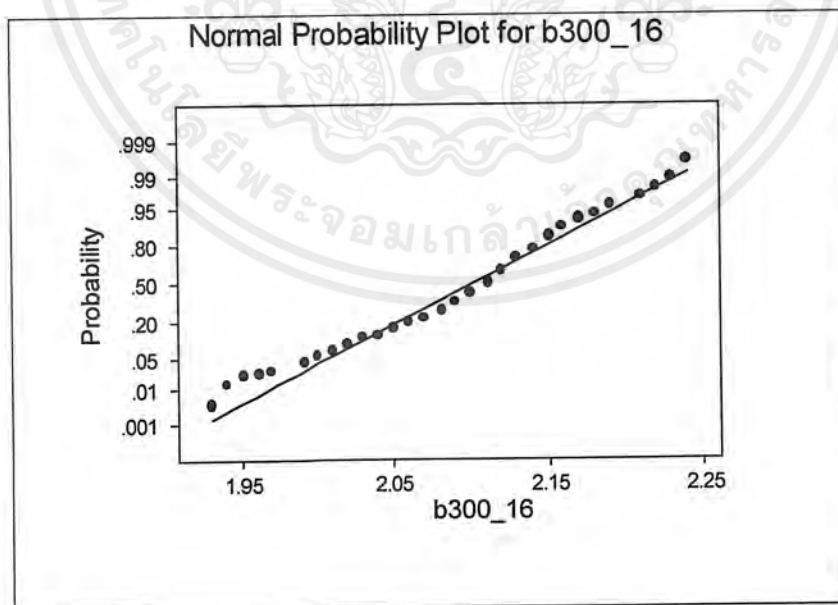
จากรูปที่ 4.15 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_15

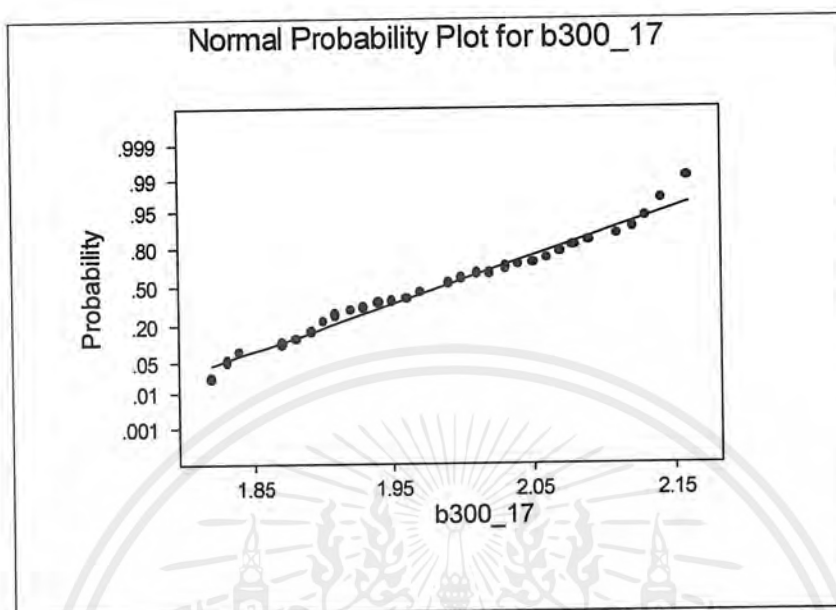
จากรูปที่ 4.16 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ



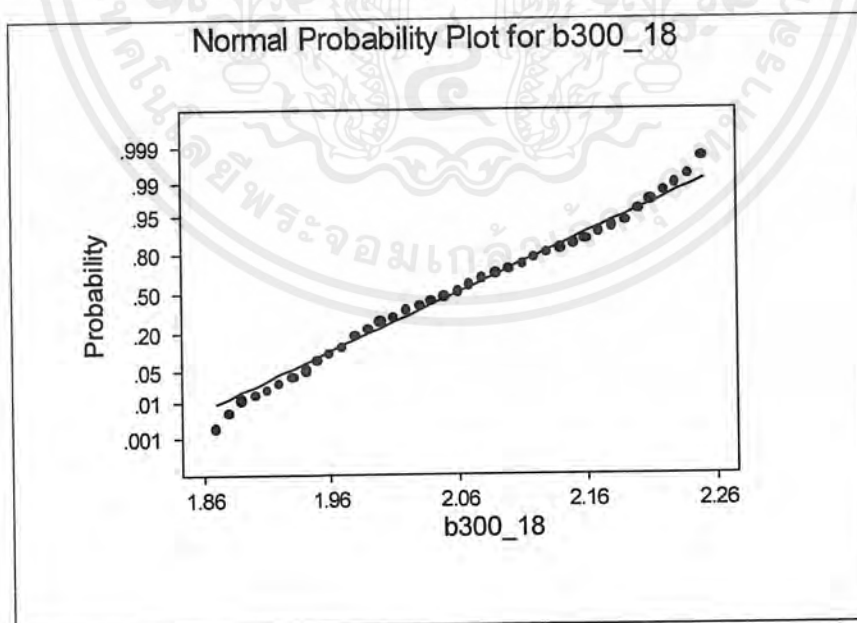
รูปที่ 4.17 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_16

จากรูปที่ 4.17 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

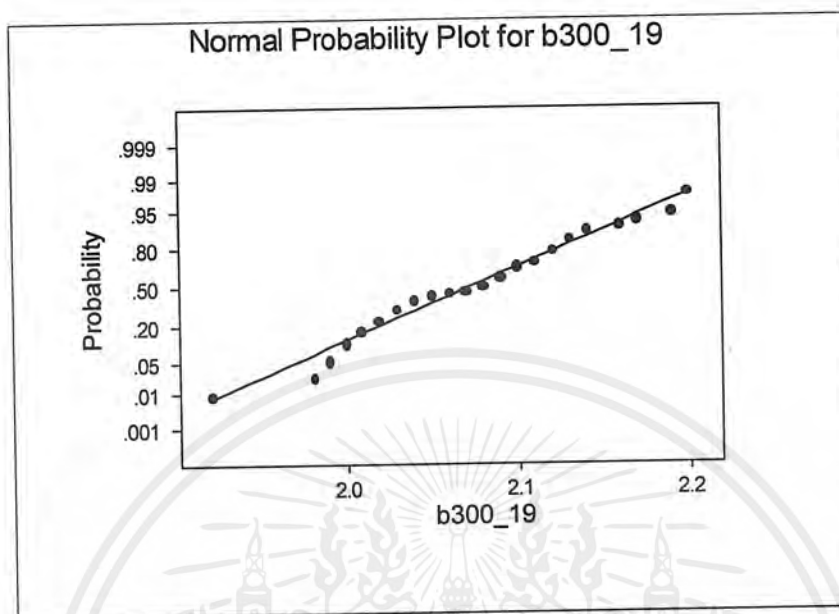


รูปที่ 4.18 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_17



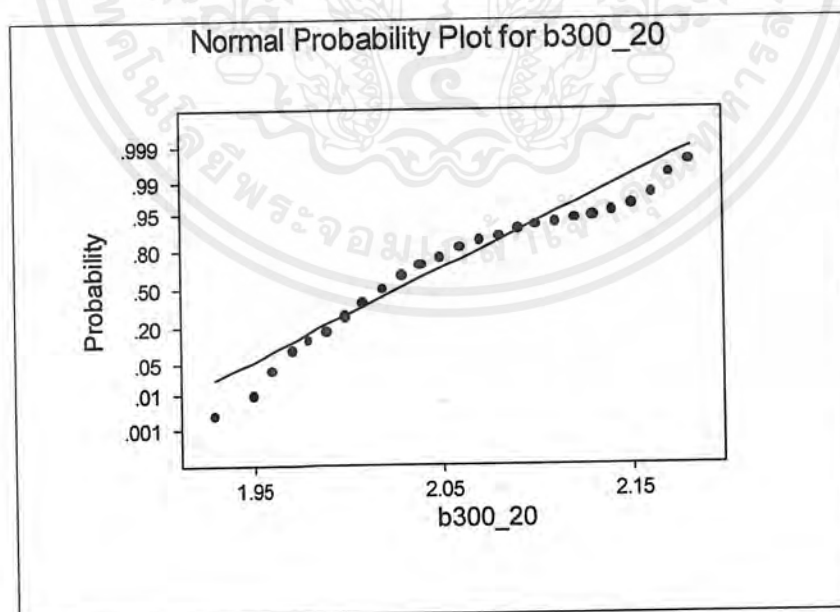
รูปที่ 4.19 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_19

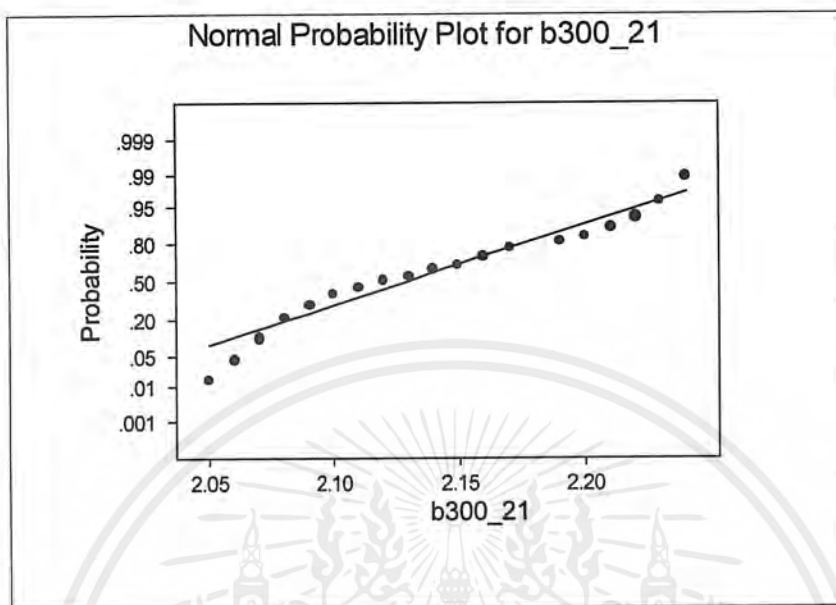
จากรูปที่ 4.20 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ



รูปที่ 4.21 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_20

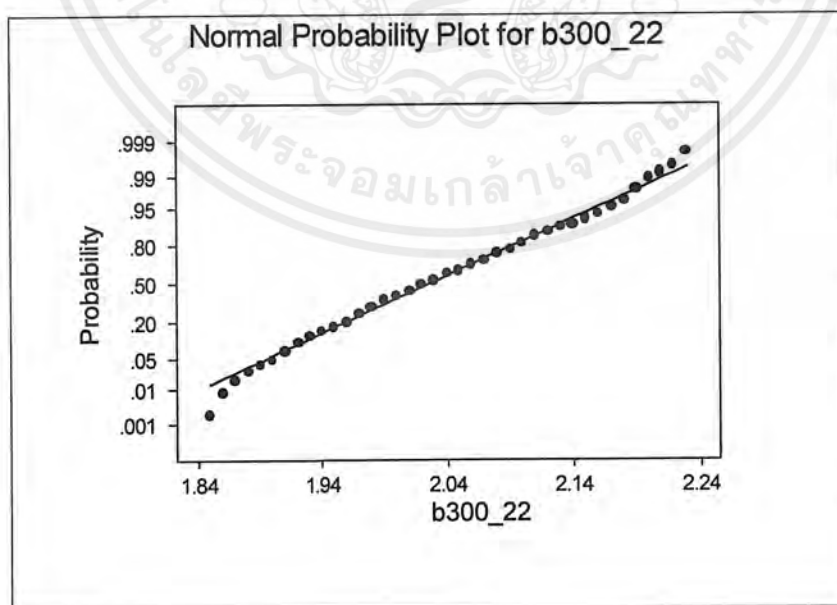
จากรูปที่ 4.21 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



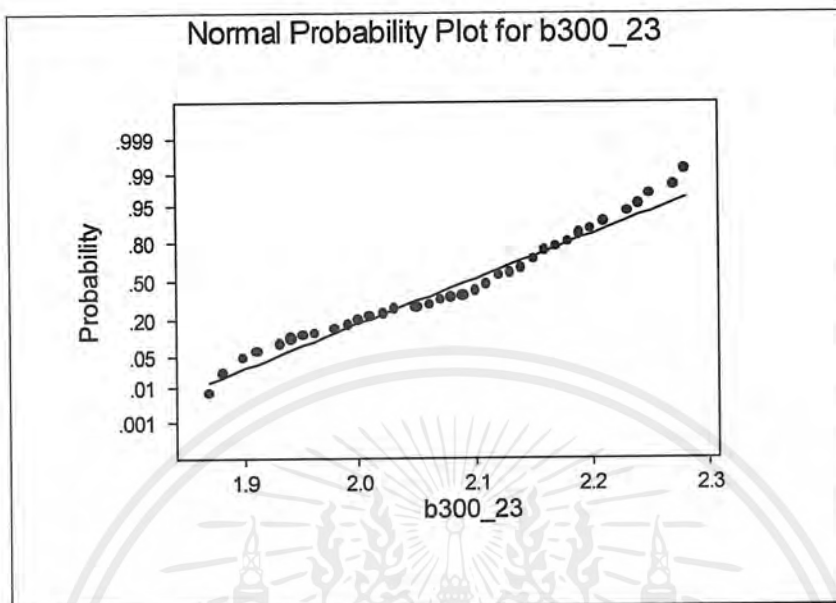
รูปที่ 4.22 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_21

จากรูปที่ 4.22 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

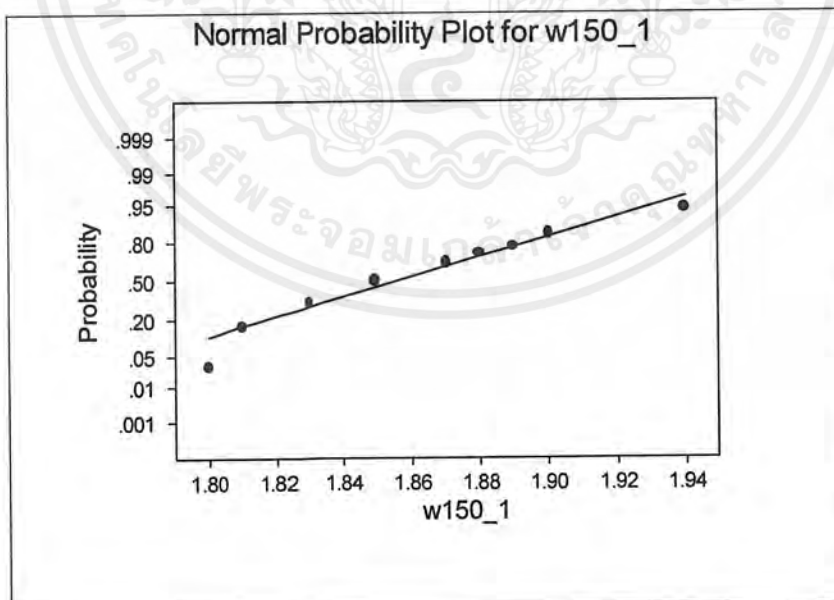


รูปที่ 4.23 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

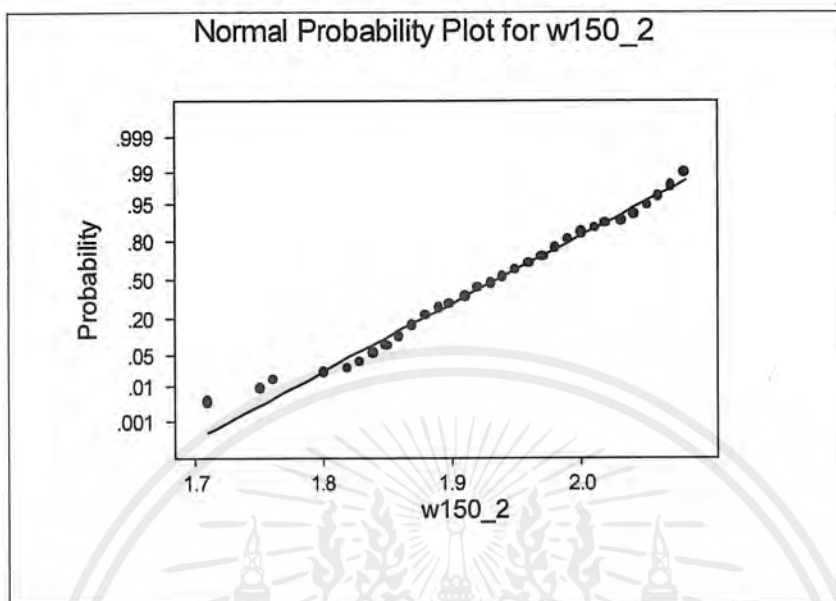


รูปที่ 4.24 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น b300\_23

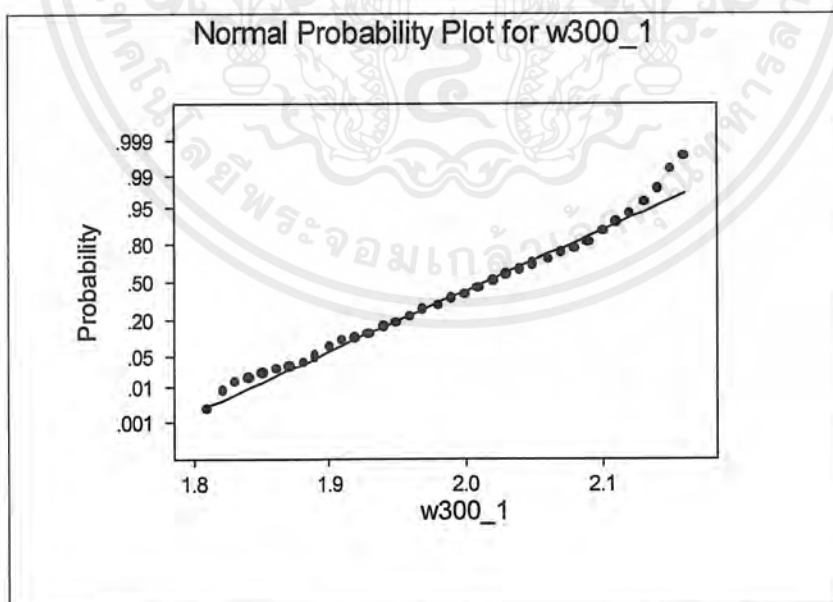


รูปที่ 4.25 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w150\_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

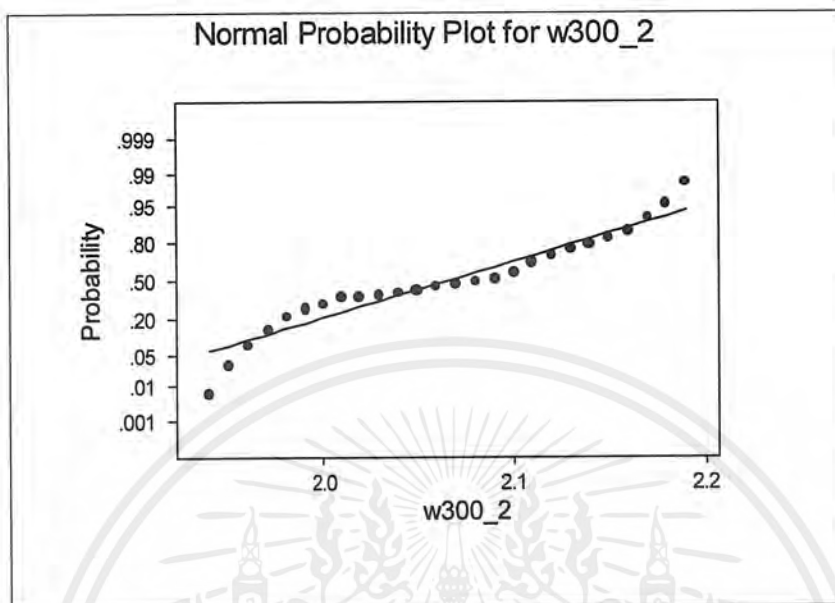


รูปที่ 4.26 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w150\_2



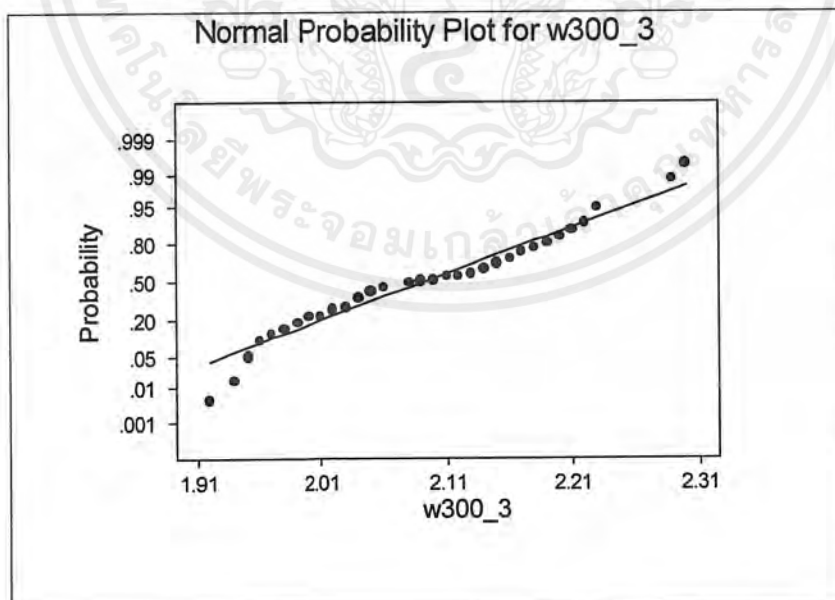
รูปที่ 4.27 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300\_1

จากรูปที่ 4.27 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300\_2

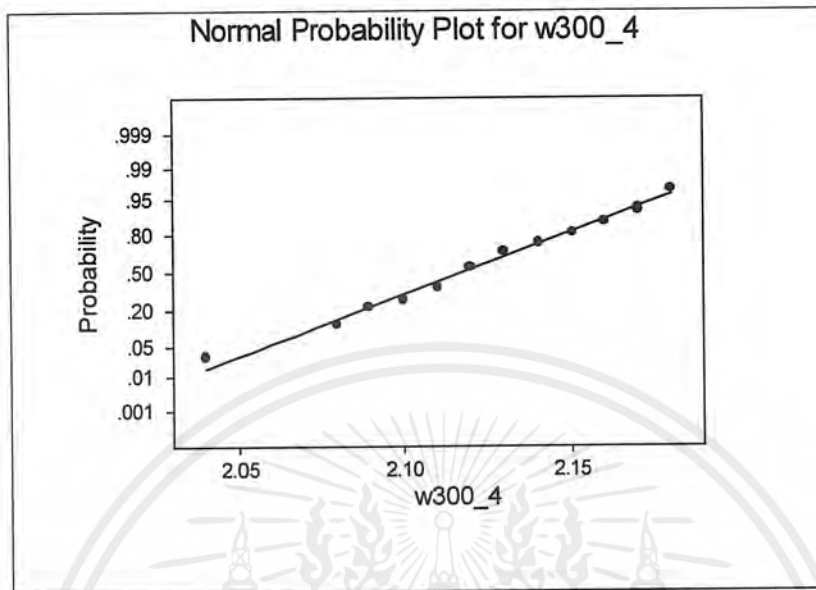
จากรูปที่ 4.28 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ



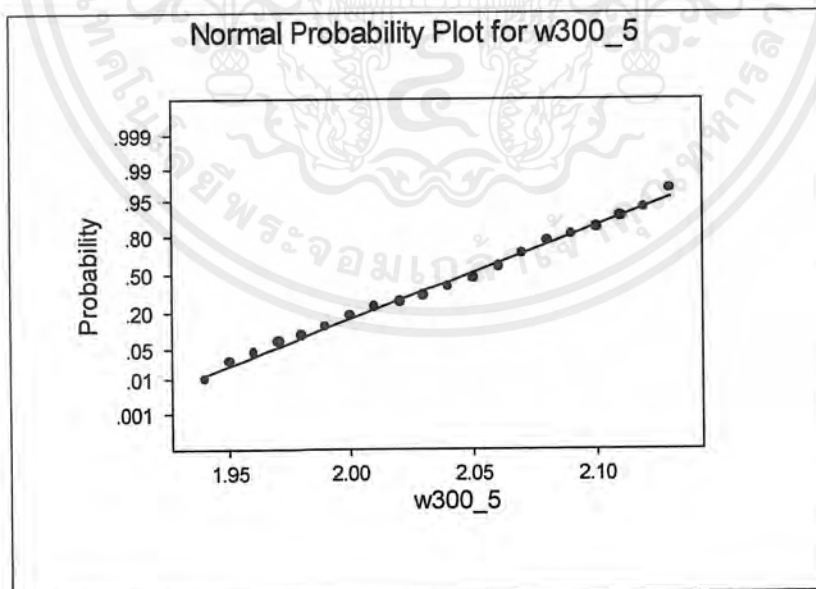
รูปที่ 4.29 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300\_3

จากรูปที่ 4.29 พบว่า มีจุดอยู่นอก best line แสดงว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300\_4



รูปที่ 4.31 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนาทั้งหมดของโฟมรุ่น w300\_5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมทั้งหมด 31 ชุด โดยวิธี Lilliefors Test และ วิธี Normal Probability Plot ปรากฏว่า

- วิธี Lilliefors Test

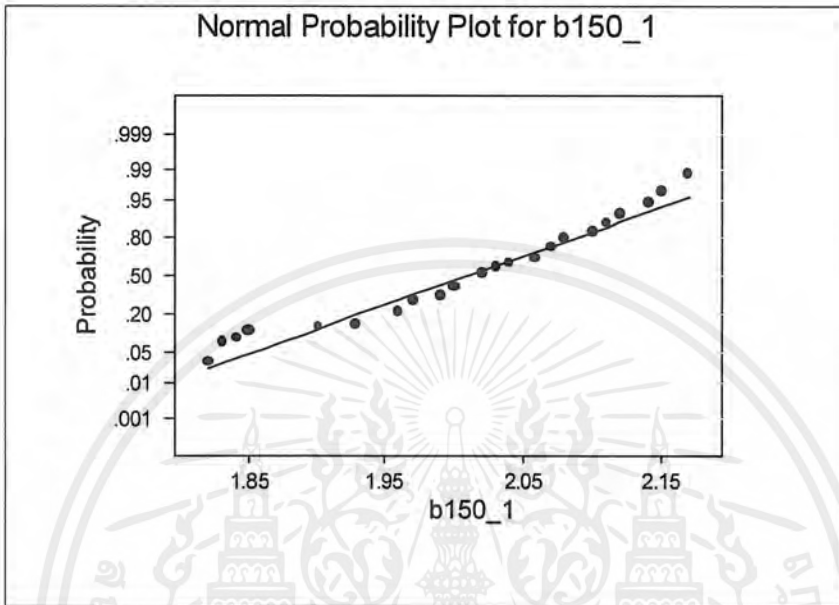
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่เป็นปกติ มีจำนวน 11 รุ่น ได้แก่ b300\_1, b300\_4, b300\_5, b300\_7, b300\_11, b300\_13, b300\_17, w150\_1, w150\_2, w300\_4 และ w300\_5
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่ไม่เป็นปกติ มีจำนวน 20 รุ่น ได้แก่ b150\_1, b300\_2, b300\_3, b300\_6, b300\_8, b300\_9, b300\_10, b300\_12, b300\_14, b300\_15, b300\_16, b300\_18, b300\_19, b300\_20, b300\_21, b300\_22, b300\_23, w300\_1, w300\_2 และ w300\_3

- วิธี Normal Probability Plot

- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่เป็นปกติ มีจำนวน 16 รุ่น ได้แก่ b300\_1, b300\_3, b300\_4, b300\_5, b300\_7, b300\_10, b300\_11, b300\_12, b300\_13, b300\_17, b300\_18, b300\_23, w150\_1, w150\_2, w300\_4 และ w300\_5
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่ไม่เป็นปกติ มีจำนวน 15 รุ่น ได้แก่ b150\_1, b300\_2, b300\_6, b300\_8, b300\_9, b300\_14, b300\_15, b300\_16, b300\_19, b300\_20, b300\_21, b300\_22, w300\_1, w300\_2 และ w300\_3

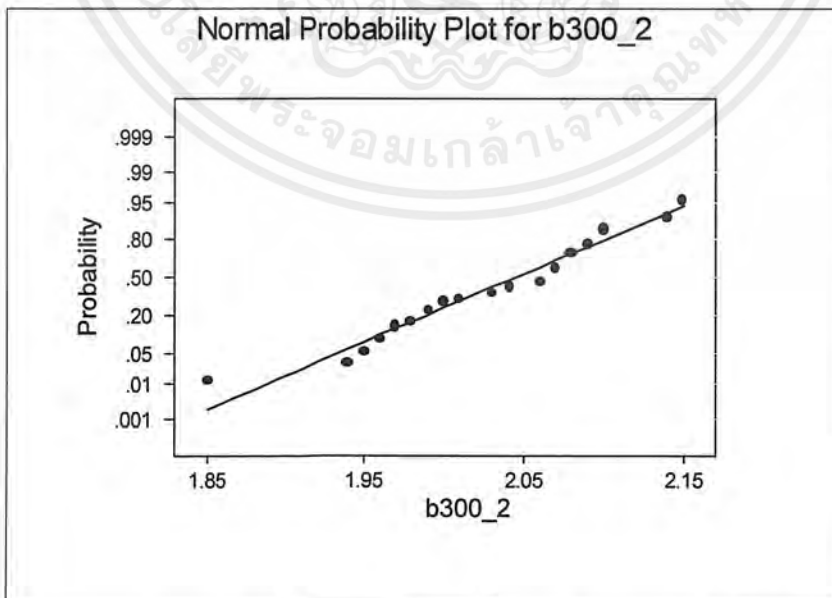
จะเห็นว่า ผลการวิเคราะห์โดยวิธี Lilliefors Test และ วิธี Normal Probability Plot มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น b300\_3, b300\_10, b300\_12, b300\_18, b300\_23 ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ทั้งสองนี้ไม่ตรงกัน เนื่องมาจาก การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot ให้ผลที่ไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Lilliefors Test เนื่องจากการวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot เป็นการพิจารณาด้วยสายตา คือ ถ้ามีจุดที่อยู่นอกเส้น best line เป็นจำนวนมาก จะถือว่าข้อมูลชุดนั้นมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ แต่ถ้ามีจุดส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้น best line จะถือว่าข้อมูลชุดนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ แต่วิธี Lilliefors Test เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความหนา ซึ่งอาศัยการตั้งสมมติฐาน การกำหนดระดับนัยสำคัญรวมทั้งค่าสถิติในการตัดสินใจ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติที่ได้จากวิธี Lilliefors Test จึงเหมาะสมกว่า

4.1.2.2 การวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่ม 18 ชุด โดยวิธี  
Normal Probability Plot



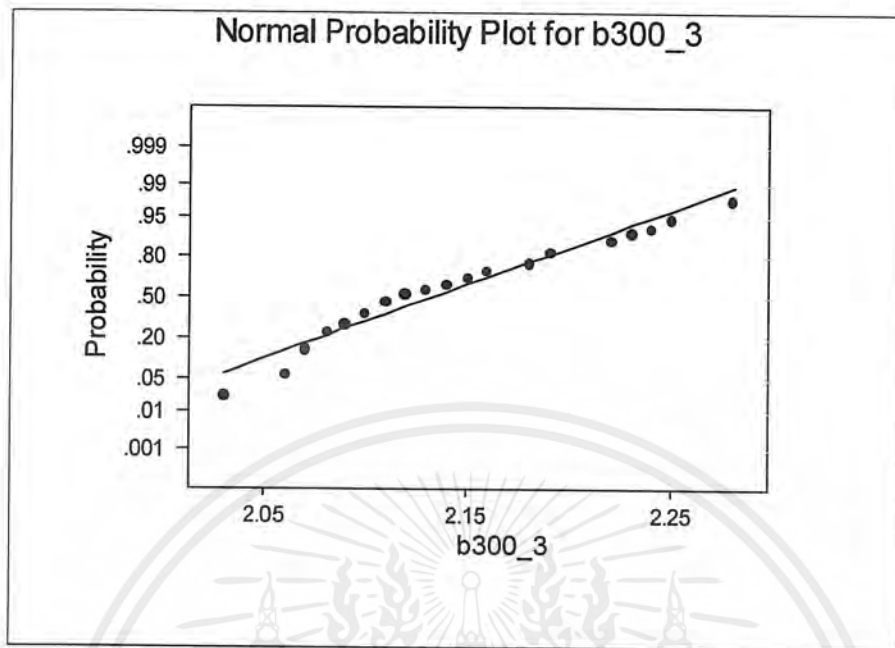
รูปที่ 4.32 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b150\_1

จากรูปที่ 4.32 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ



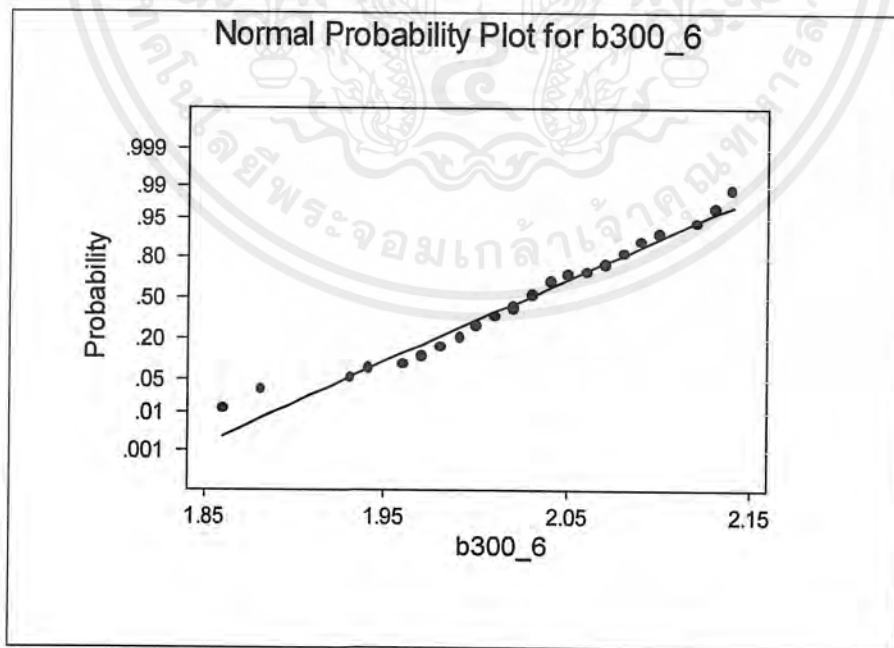
รูปที่ 4.33 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



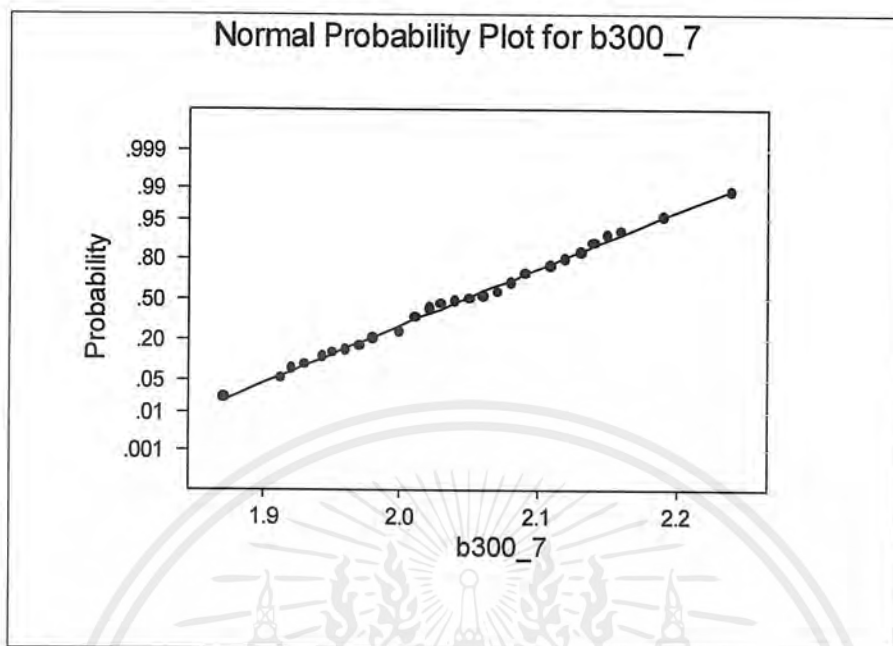
รูปที่ 4.34 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น b300\_3

จากรูปที่ 4.34 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ

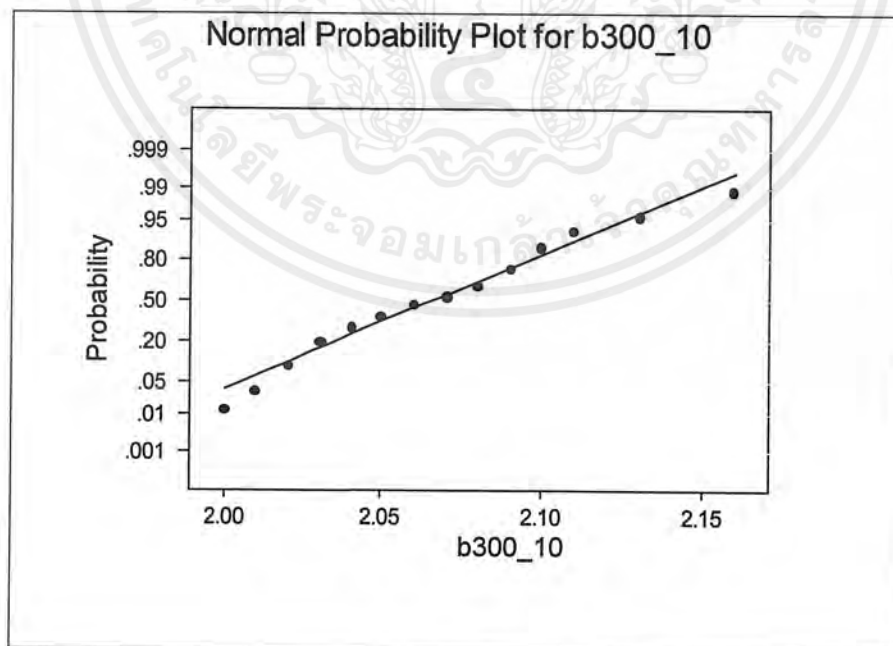


รูปที่ 4.35 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น b300\_6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

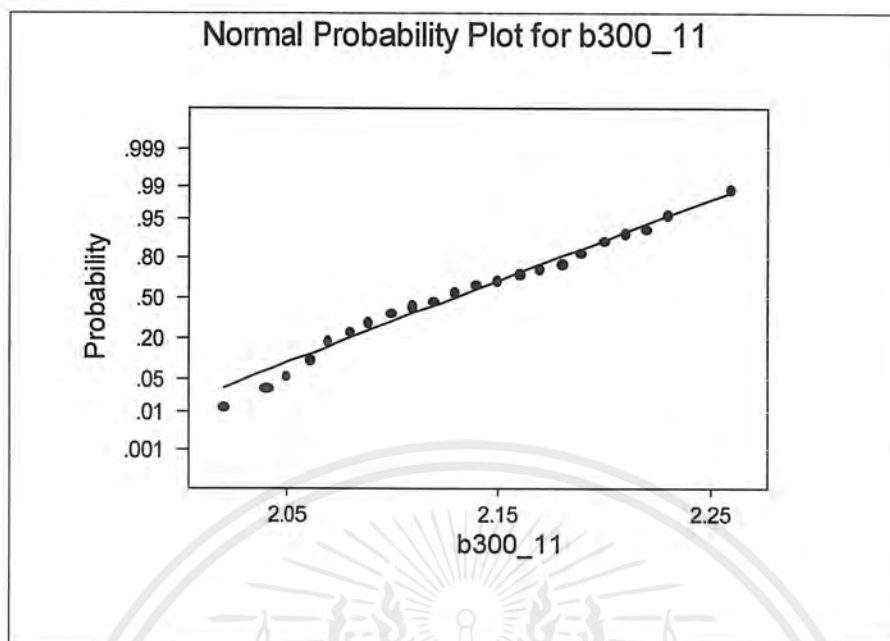


รูปที่ 4.36 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น b300\_7

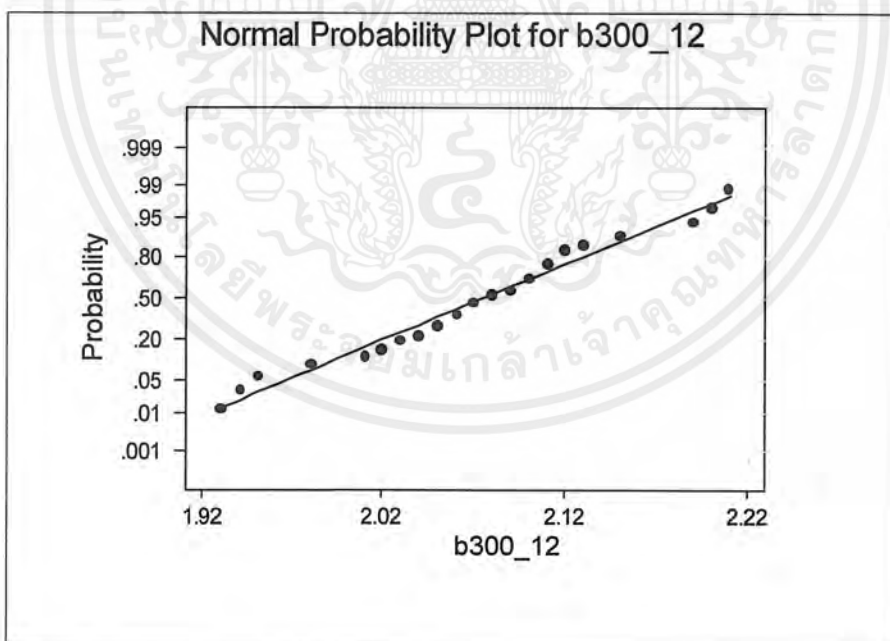


รูปที่ 4.37 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น b300\_10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

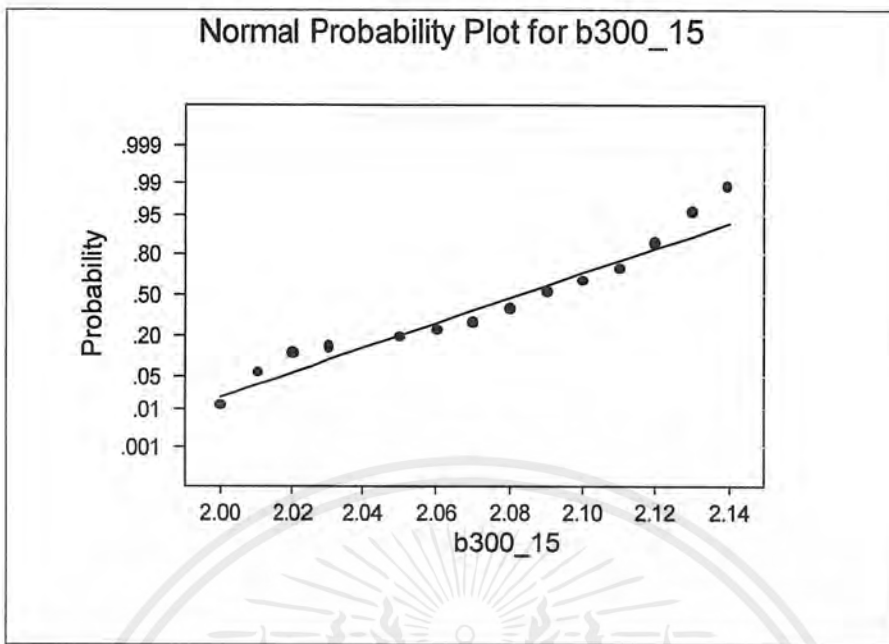


รูปที่ 4.38 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_11



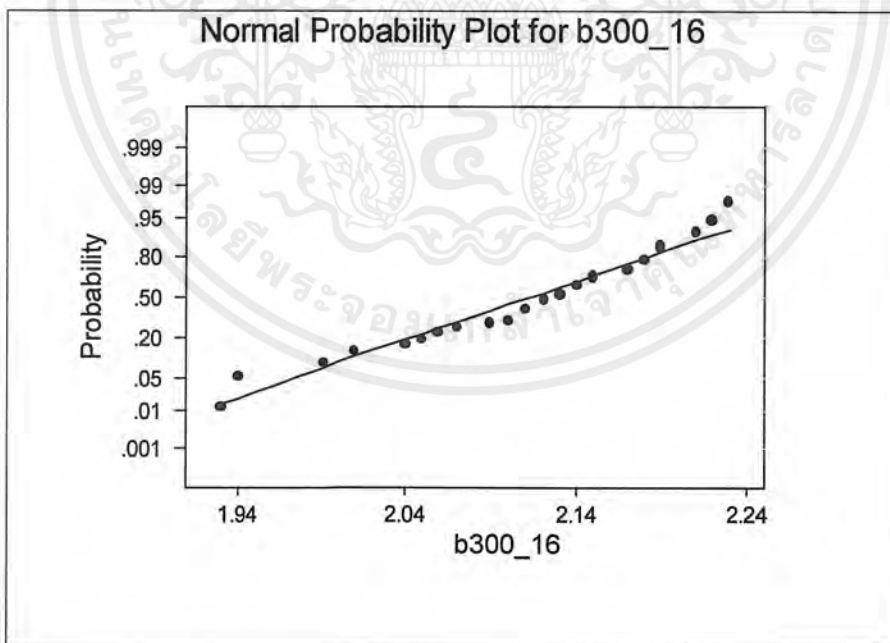
รูปที่ 4.39 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_15

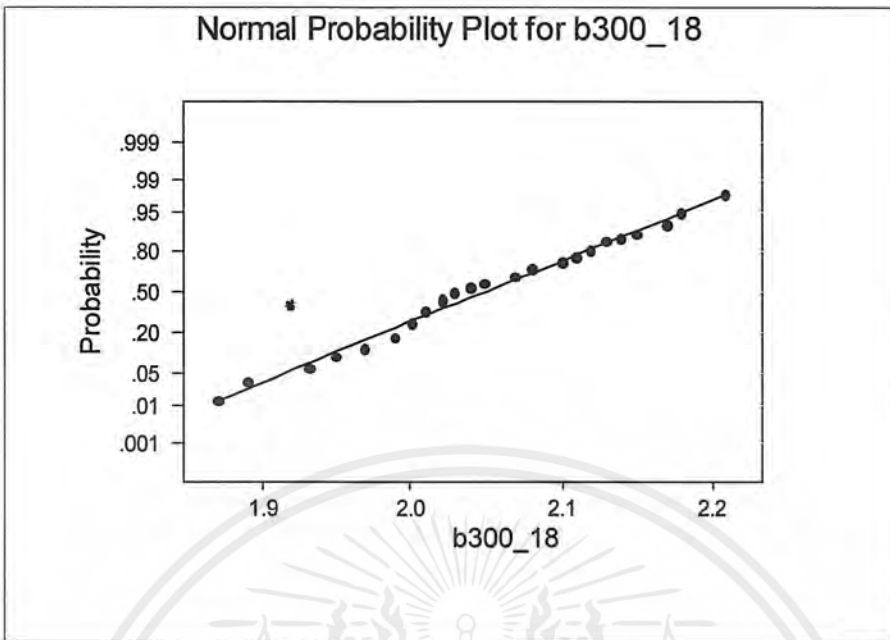
จากรูปที่ 4.40 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ



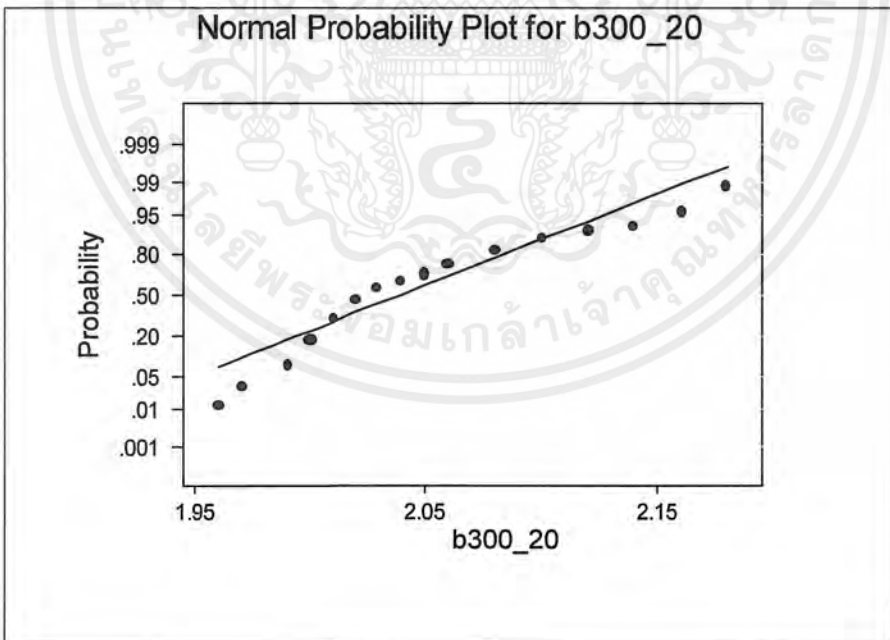
รูปที่ 4.41 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_16

จากรูปที่ 4.41 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

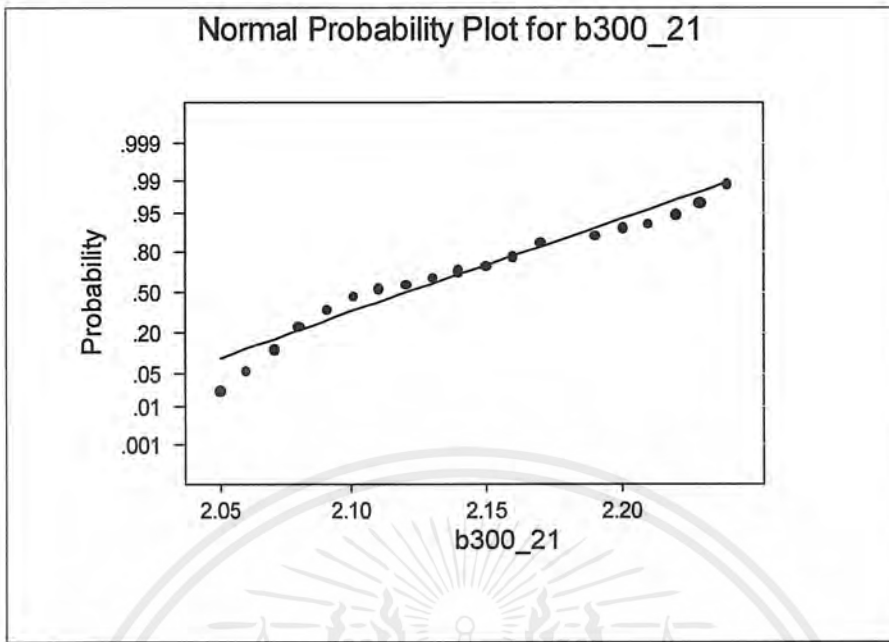


รูปที่ 4.42 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_18



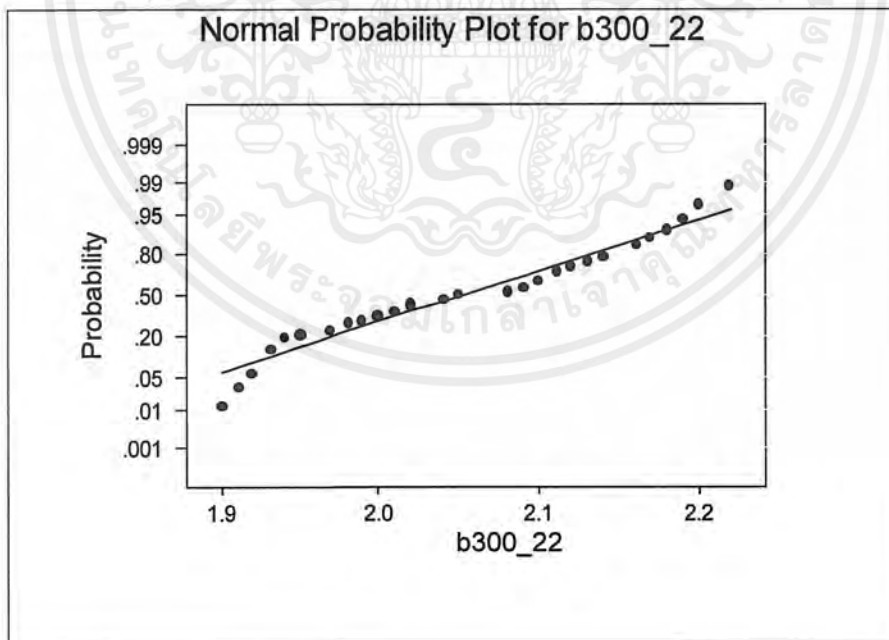
รูปที่ 4.43 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_20

จากรูปที่ 4.43 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_21

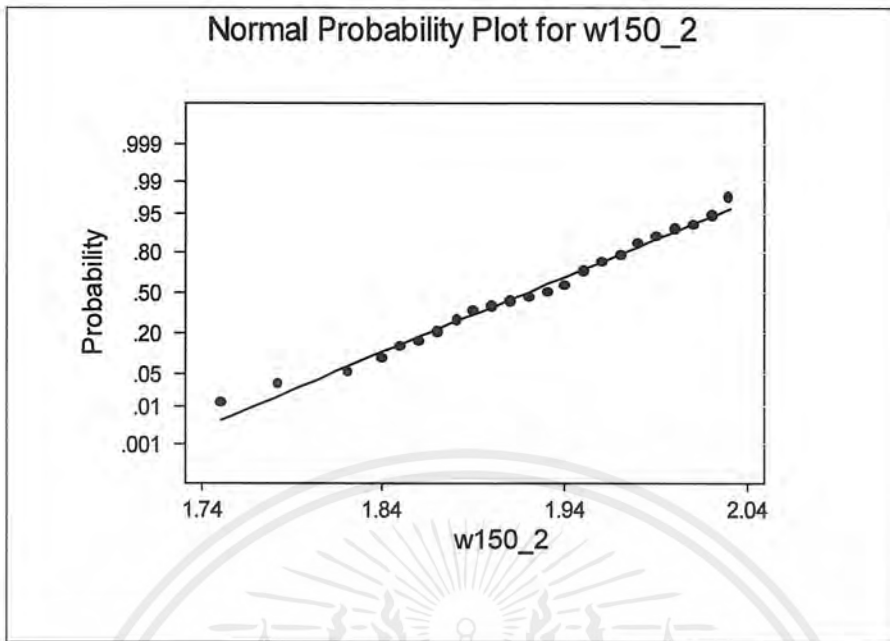
จากรูปที่ 4.44 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ



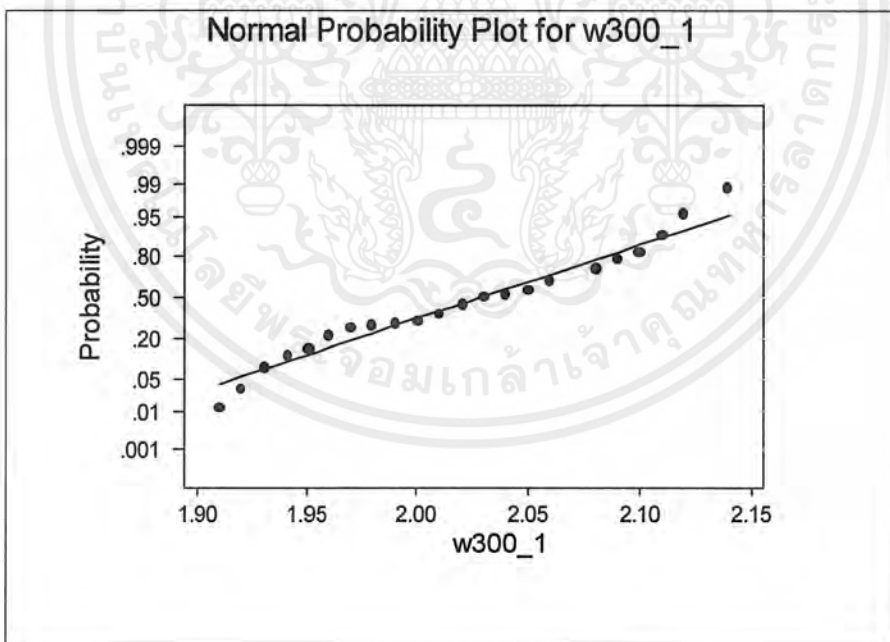
รูปที่ 4.45 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของ โฟมรุ่น b300\_22

จากรูปที่ 4.45 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



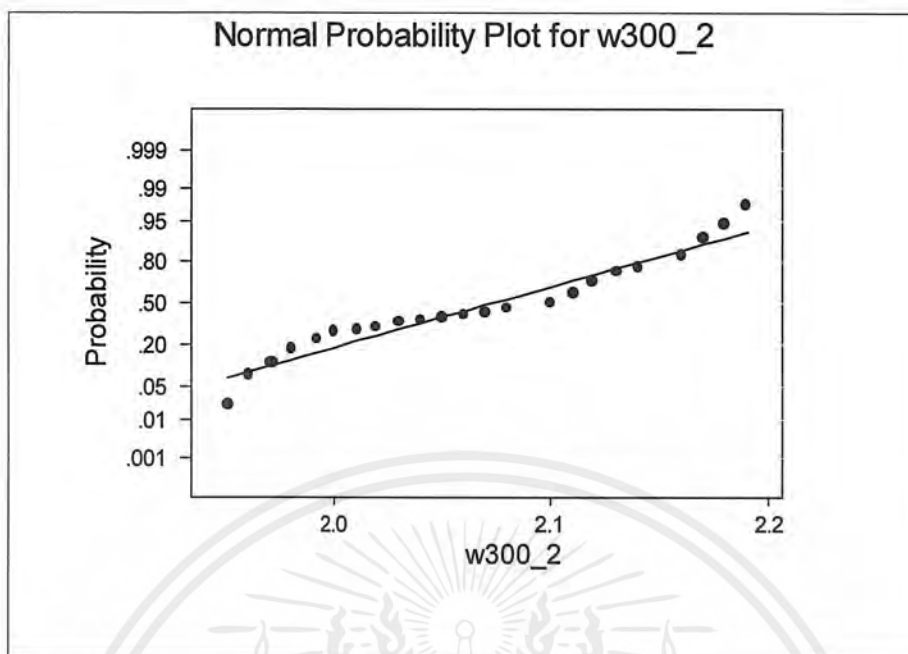
รูปที่ 4.46 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น w150\_2



รูปที่ 4.47 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น w300\_1

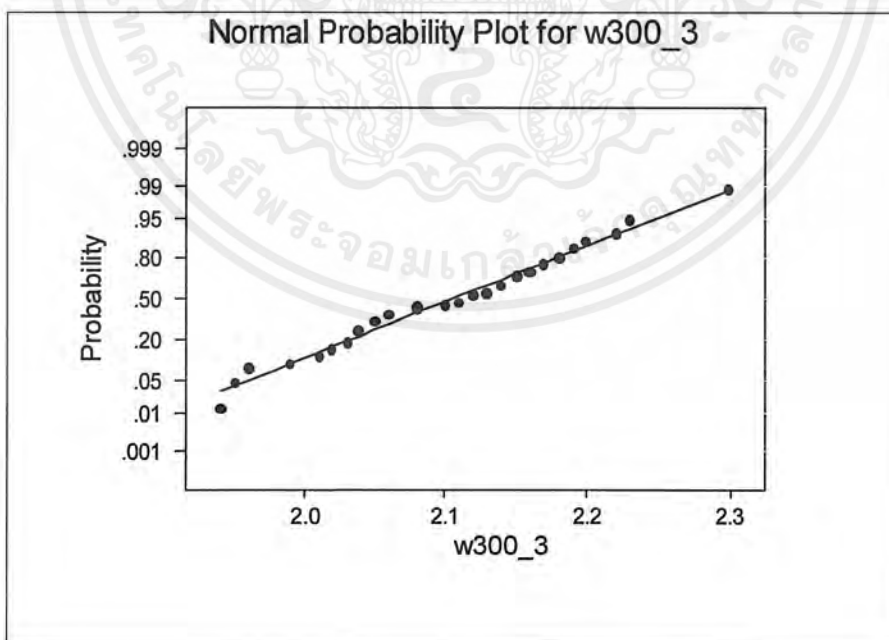
จากรูปที่ 4.47 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.48 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น w300\_2

จากรูปที่ 4.48 พบว่ามีจุดอยู่นอก best line แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นปกติ



รูปที่ 4.49 แสดง Normal Probability Plot ของข้อมูลความหนา 50 ค่าอย่างสุ่มของโฟมรุ่น w300\_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟม 50 ตัวอย่างสุ่ม จำนวน 18 ชุด โดยวิธี Lilliefors Test และ วิธี Normal Probability Plot ปรากฏว่า

- วิธี Lilliefors Test

- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่เป็นปกติ มีจำนวน 10 รุ่น ได้แก่ b300\_2, b300\_6, b300\_7, b300\_10, b300\_11, b300\_12, b300\_18, b300\_22, w150\_2 และ w300\_3
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่ไม่เป็นปกติ มีจำนวน 8 รุ่น ได้แก่ b150\_1, b300\_3, b300\_15, b300\_16, b300\_20, b300\_21, w300\_1 และ w300\_2

- วิธี Normal Probability Plot

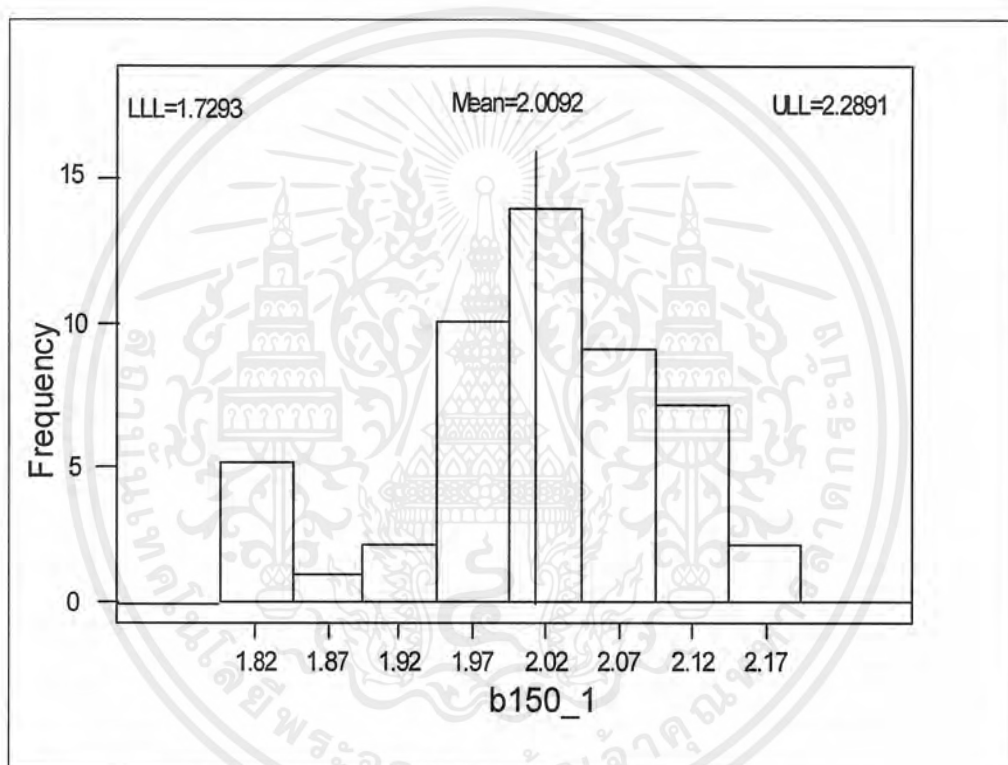
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่เป็นปกติ มีจำนวน 9 รุ่น ได้แก่ b300\_2, b300\_6, b300\_7, b300\_10, b300\_11, b300\_12, b300\_18, w150\_2 และ w300\_3
- ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่นที่ไม่เป็นปกติ มีจำนวน 9 รุ่น ได้แก่ b150\_1, b300\_3, b300\_15, b300\_16, b300\_20, b300\_21, b300\_22, w300\_1 และ w300\_2

จะเห็นว่า ผลการวิเคราะห์โดยวิธี Lilliefors Test และ วิธี Normal Probability Plot มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น b300\_22 ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ทั้งสองนี้ไม่ตรงกัน เนื่องมาจาก การวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot ให้ผลที่ไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Lilliefors Test เนื่องจากการวิเคราะห์ความเป็นปกติโดยวิธี Normal Probability Plot เป็นการพิจารณาด้วยสายตา คือ ถ้ามีจุดที่อยู่บนเส้น best line เป็นจำนวนมาก จะถือว่าข้อมูลชุดนั้นมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ แต่ถ้ามีจุดส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้น best line จะถือว่าข้อมูลชุดนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ แต่วิธี Lilliefors Test เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความหนา ซึ่งอาศัยการตั้งสมมติฐาน การกำหนดระดับนัยสำคัญรวมทั้งค่าสถิติในการตัดสินใจ ดังนั้นผล การวิเคราะห์ความเป็นปกติที่ได้จากวิธี Lilliefors Test จึงเหมาะสมกว่า

## 4.2 ผลการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับโดยวิธี Shainin Lot Plot

### Sampling Plan

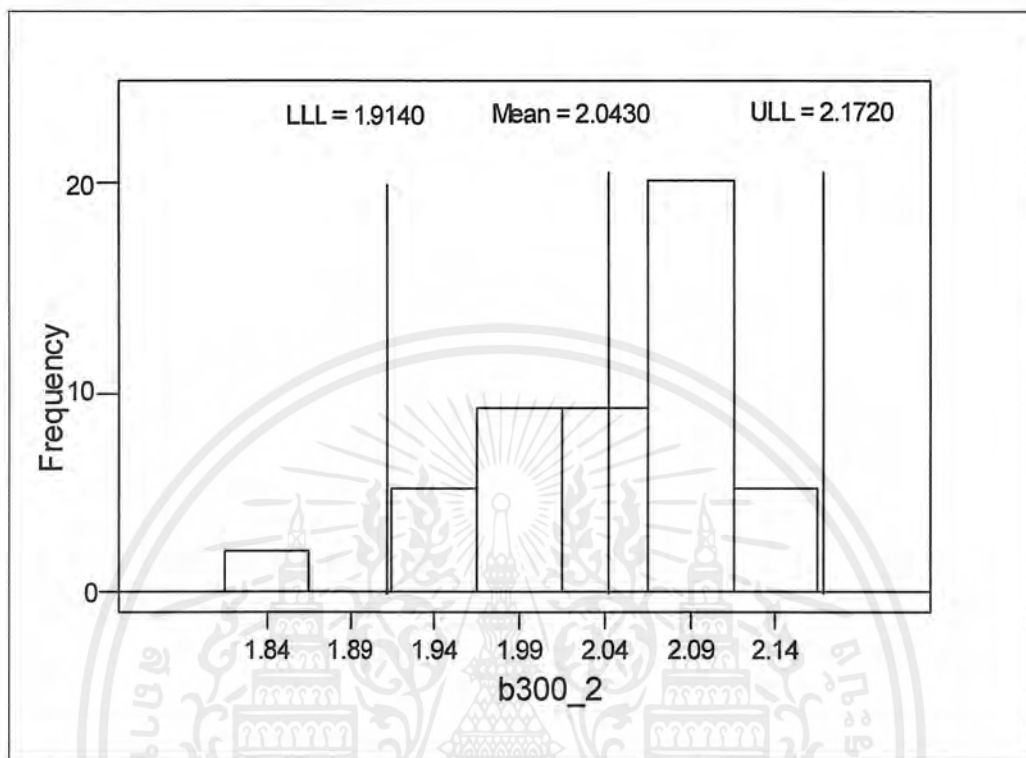
#### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลความหนาของโฟม 18 ชุดที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan



รูปที่ 4.50 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b150\_1 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

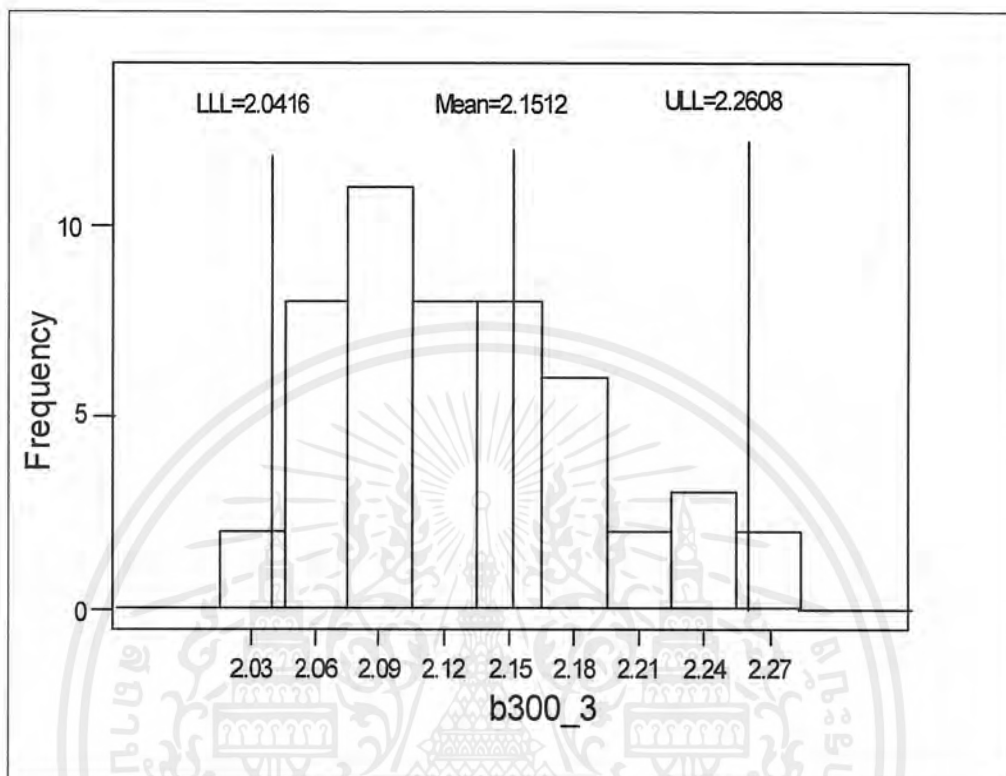
จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



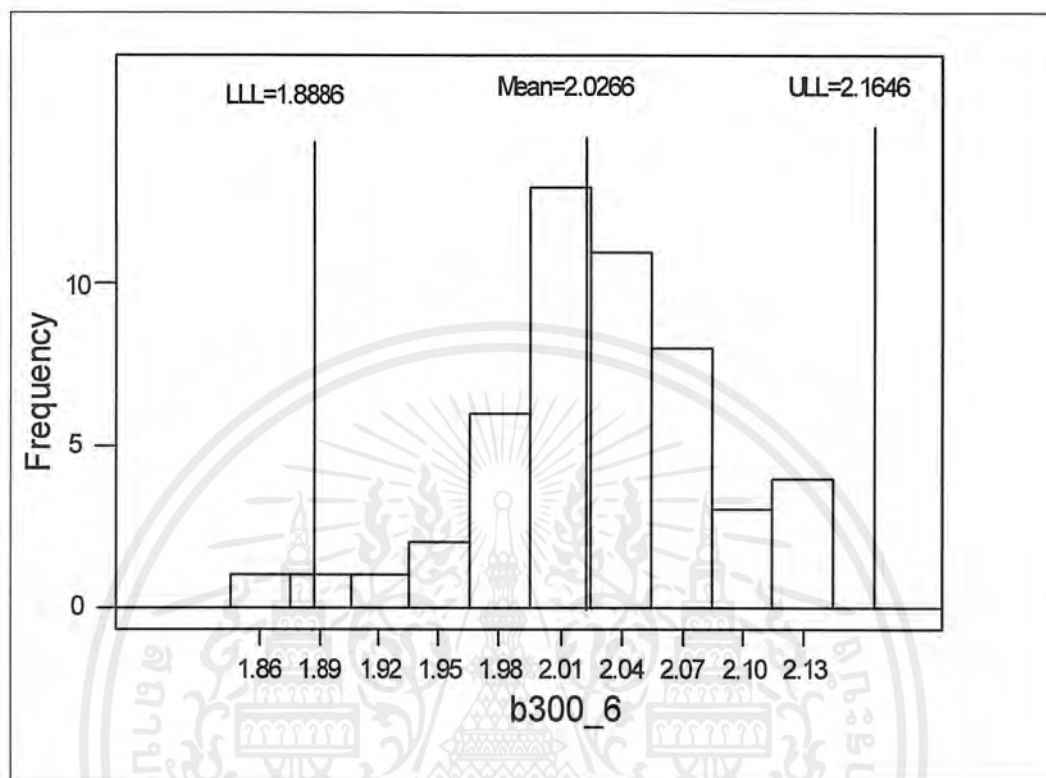
รูปที่ 4.51 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พีกด้านบนและพีกด้านล่างของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



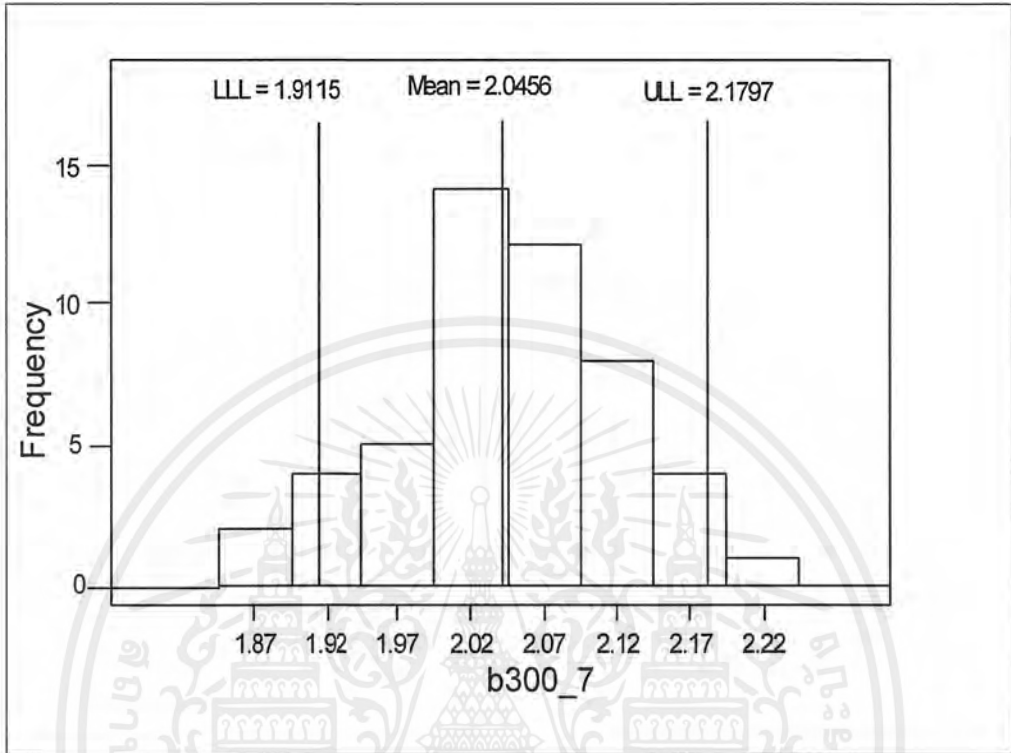
รูปที่ 4.52 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_3 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



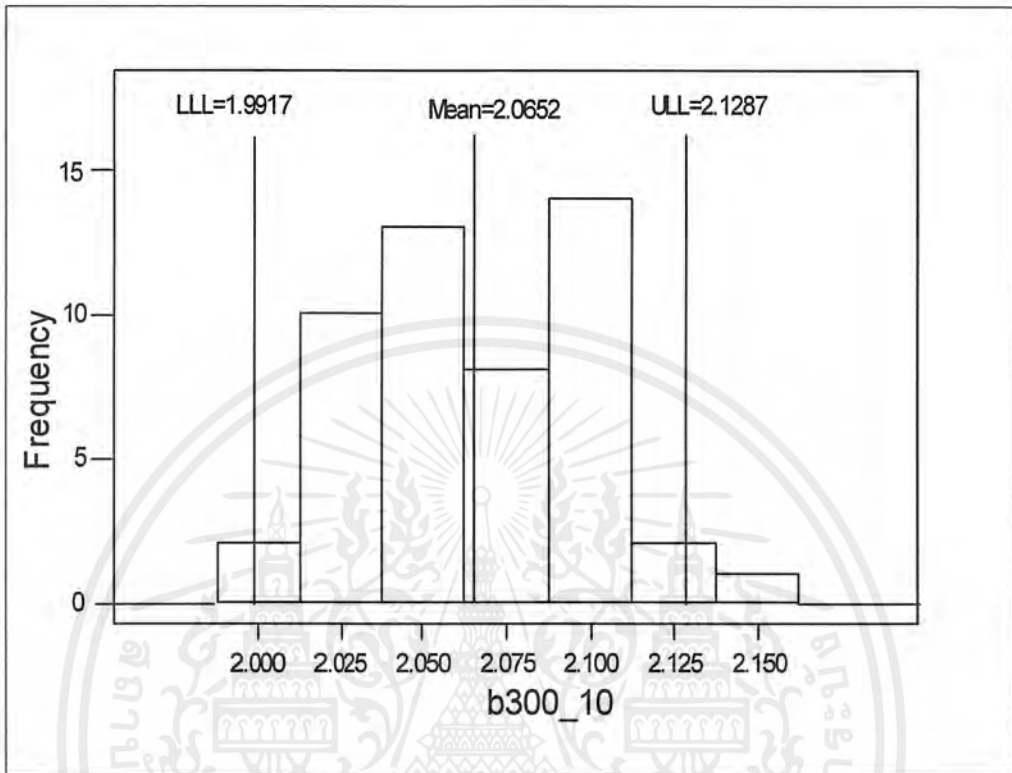
รูปที่ 4.53 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_6 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิคตรุ่นบนและพิคตรุ่นล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



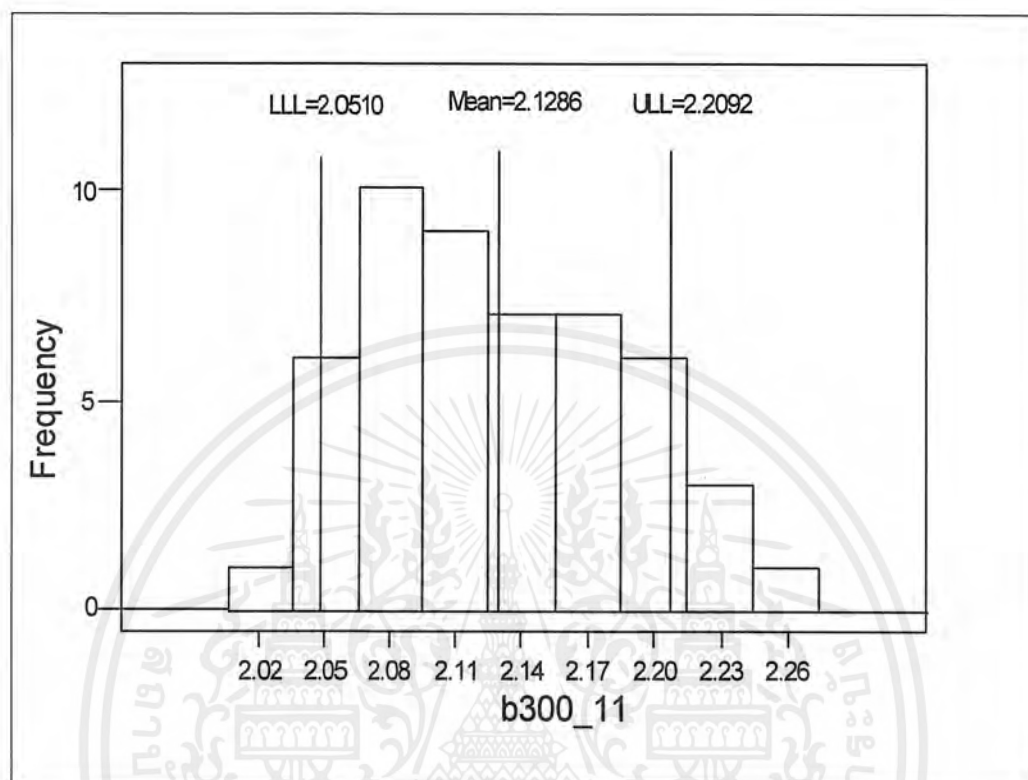
รูปที่ 4.54 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_7 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิคค์ด้านบนและพิคค์ด้านล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



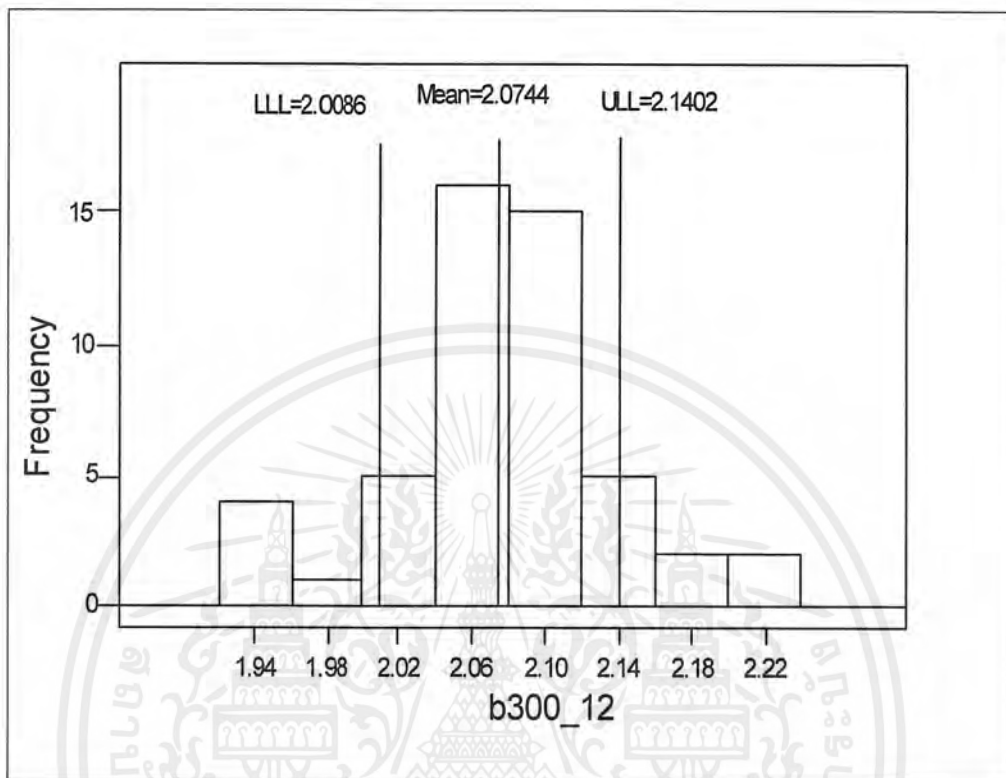
รูปที่ 4.55 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_10 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พีกด้านบนและพีกด้านล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



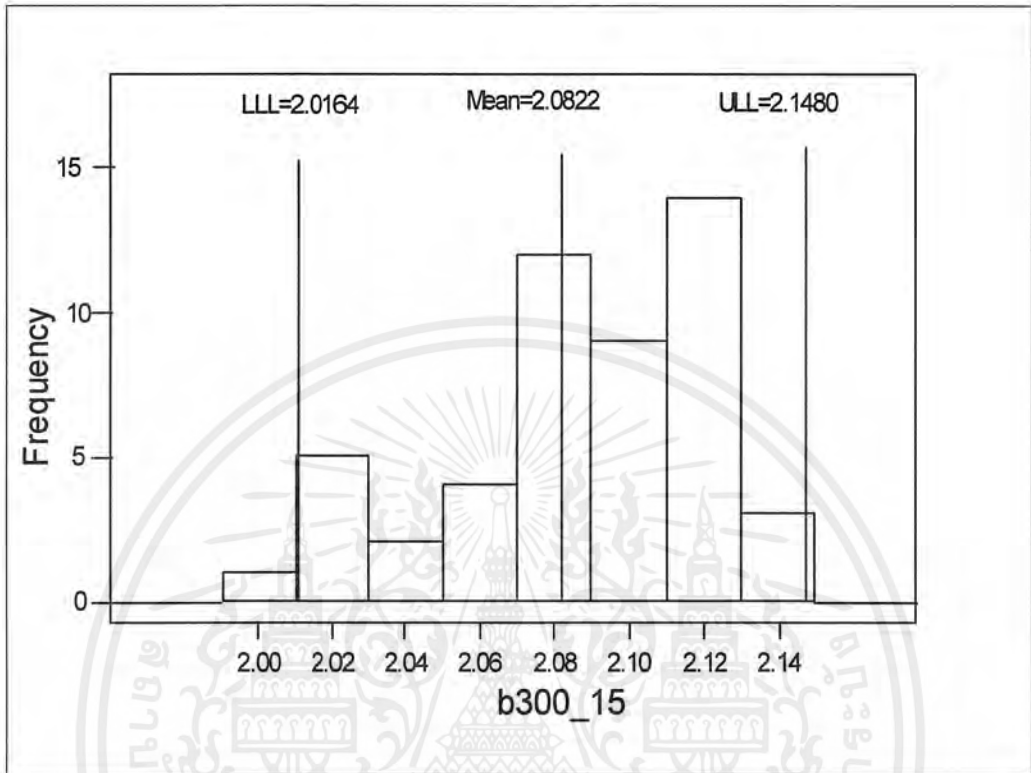
รูปที่ 4.56 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_11 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิคค์รูนบนและพิคค์รูนล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



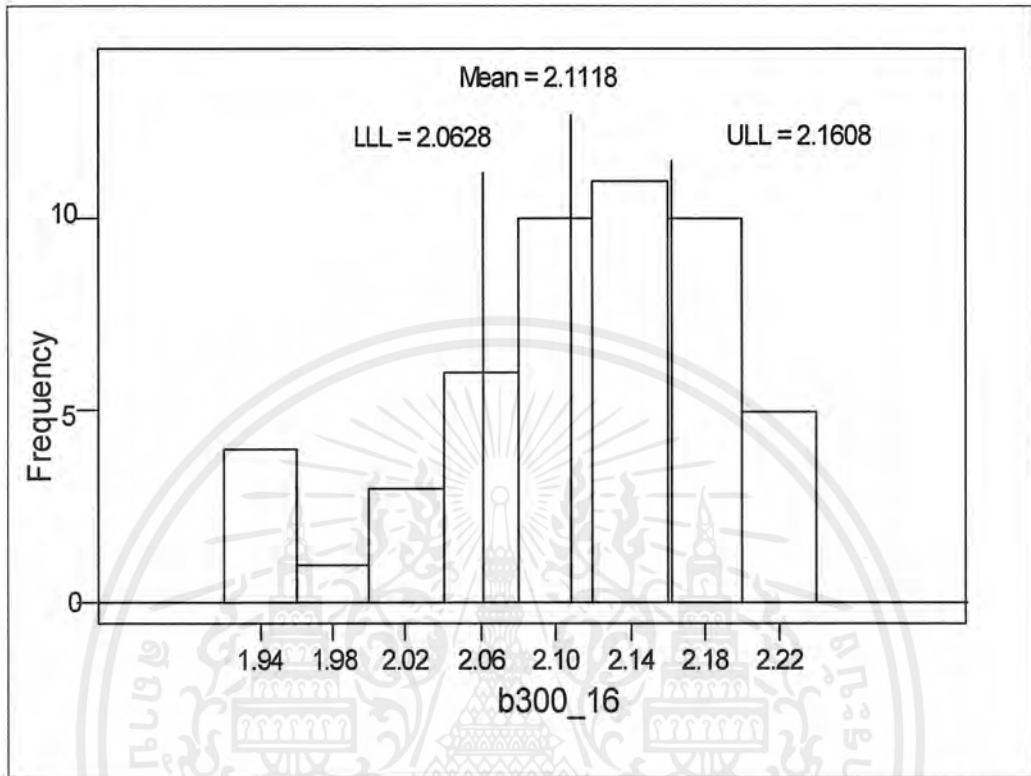
รูปที่ 4.57 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_12 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิกัดรุ่นบนและพิกัดรุ่นล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



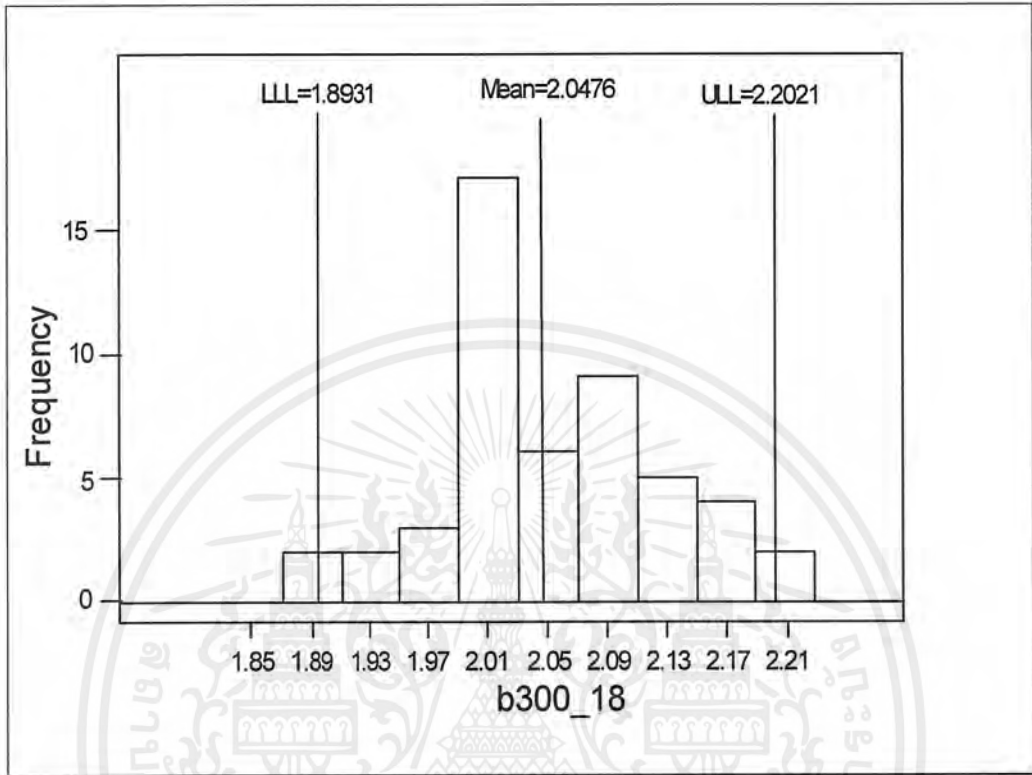
รูปที่ 4.58 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้อาจอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_15 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานUSL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



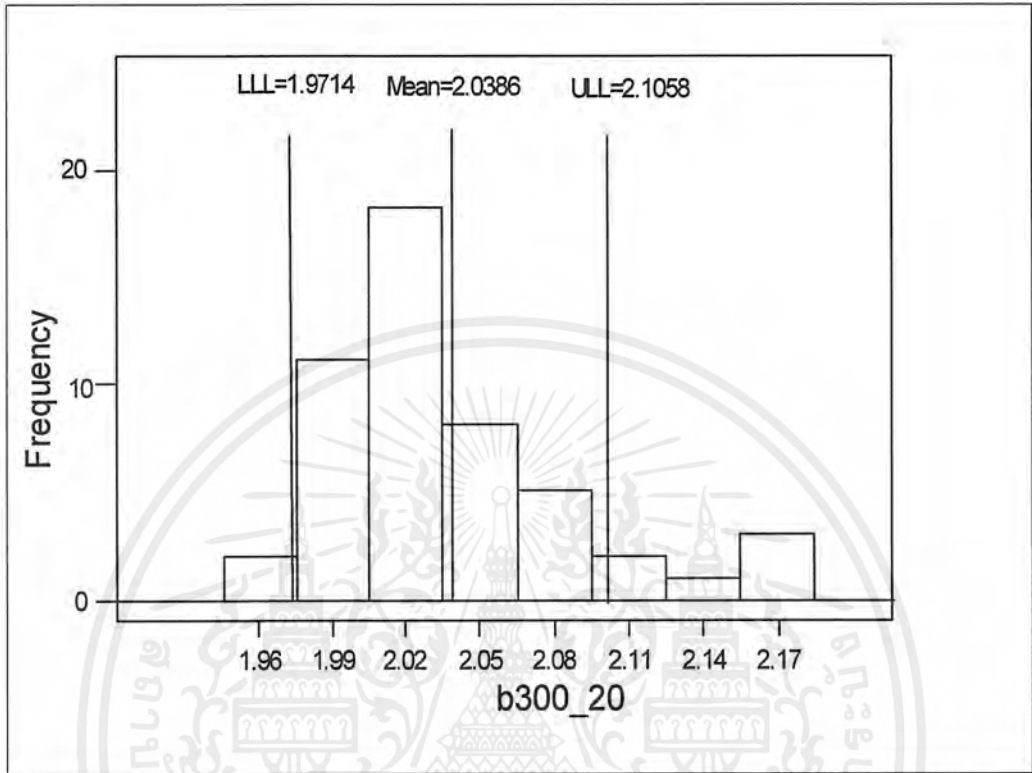
รูปที่ 4.59 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_16 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



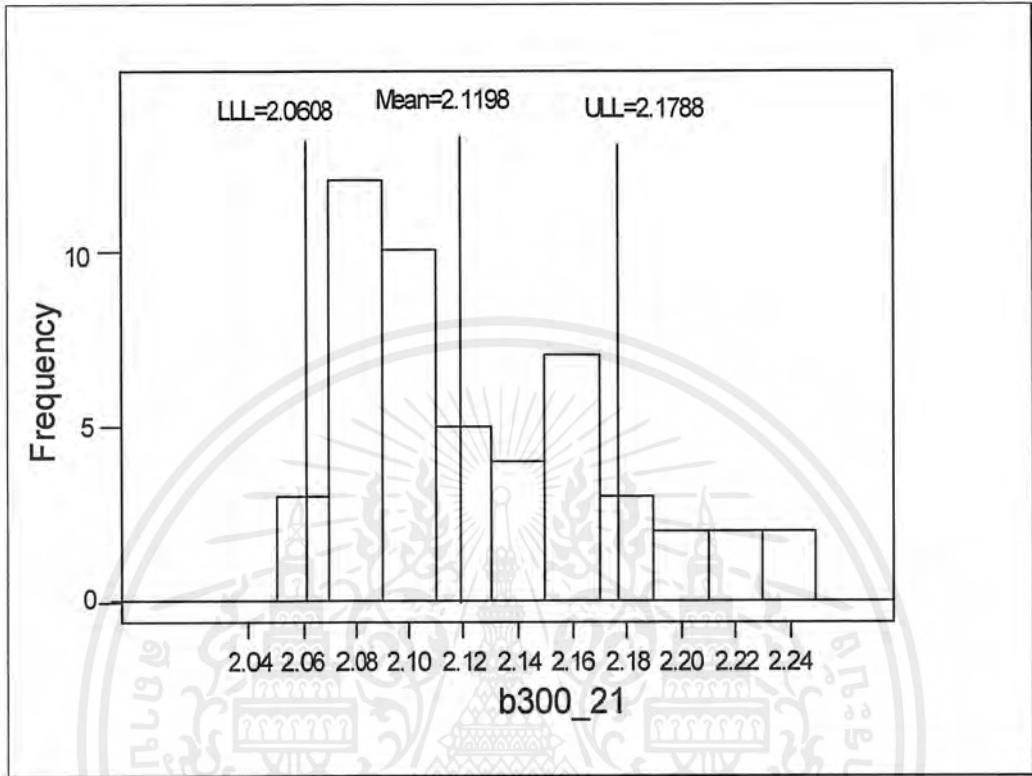
รูปที่ 4.60 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_18 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิคตรงบนและพิคตรงล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



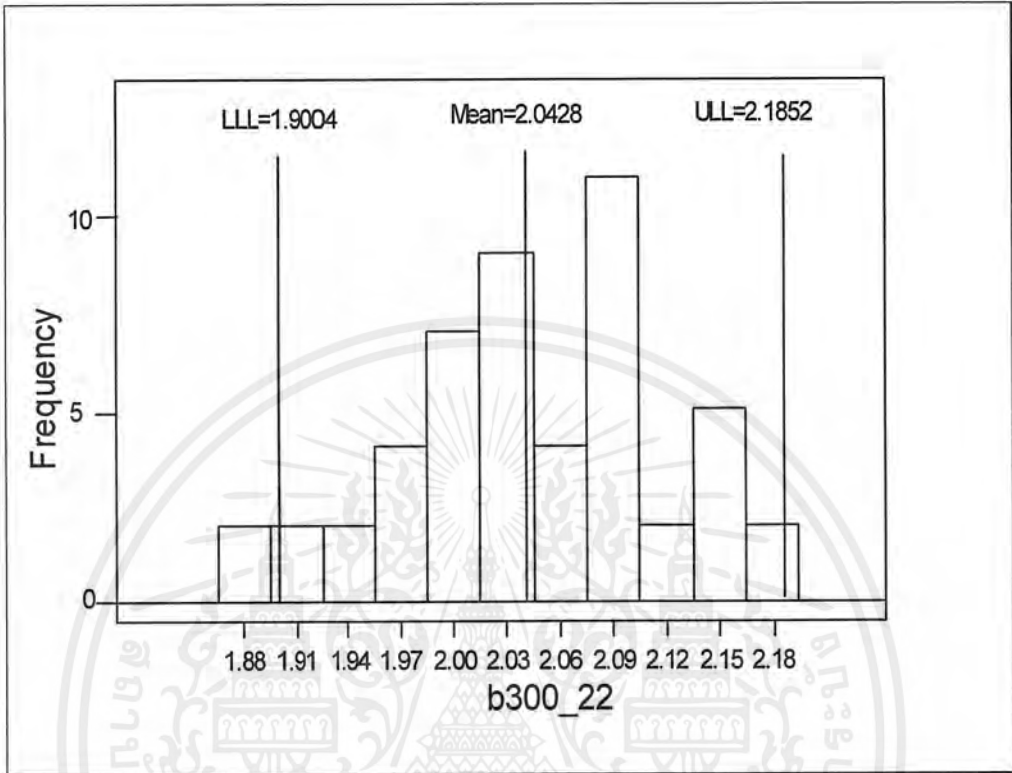
รูปที่ 4.61 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_20 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



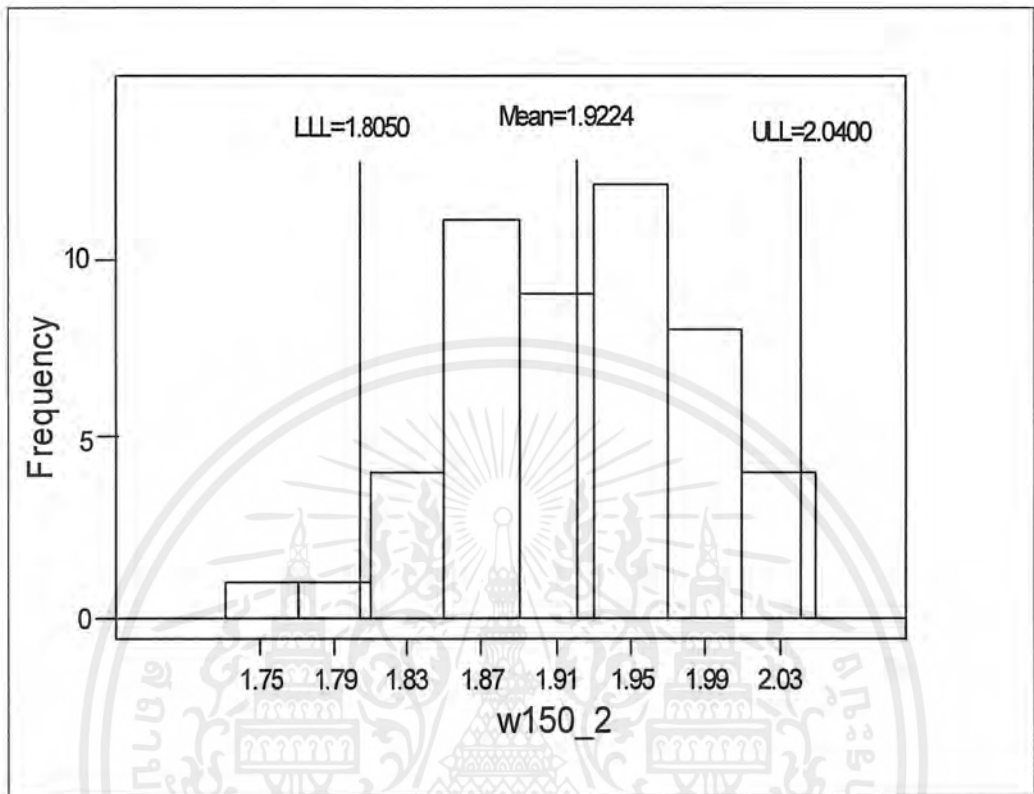
รูปที่ 4.62 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_21 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



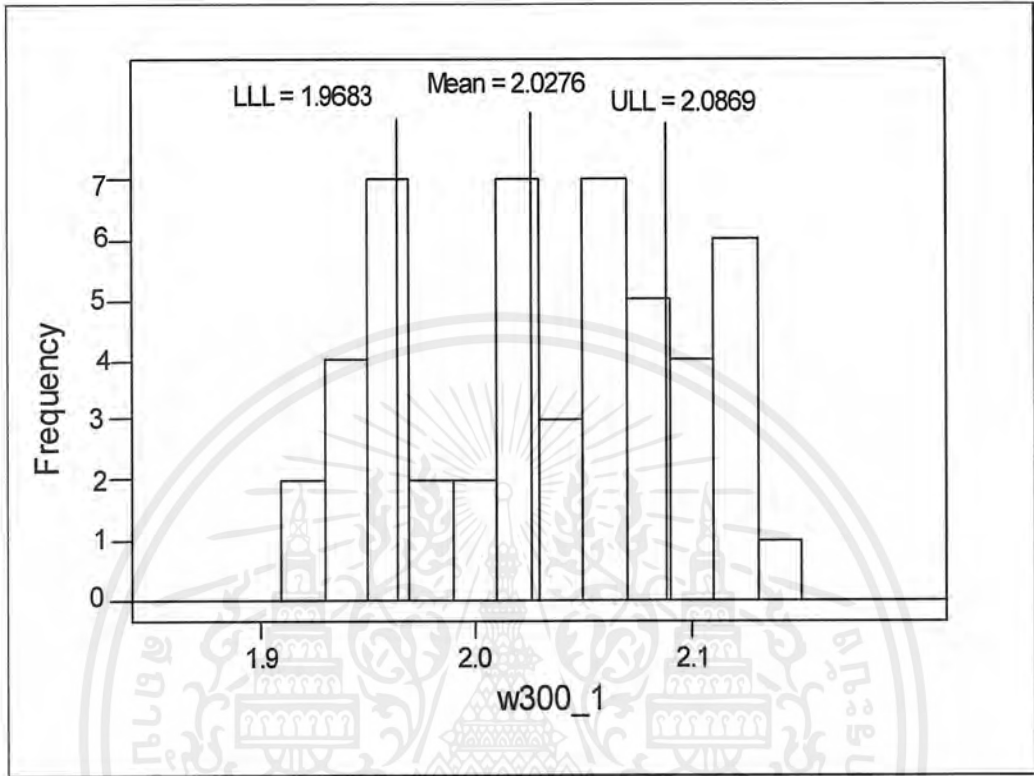
รูปที่ 4.63 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_22 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พีกด้านบนและพีกด้านล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



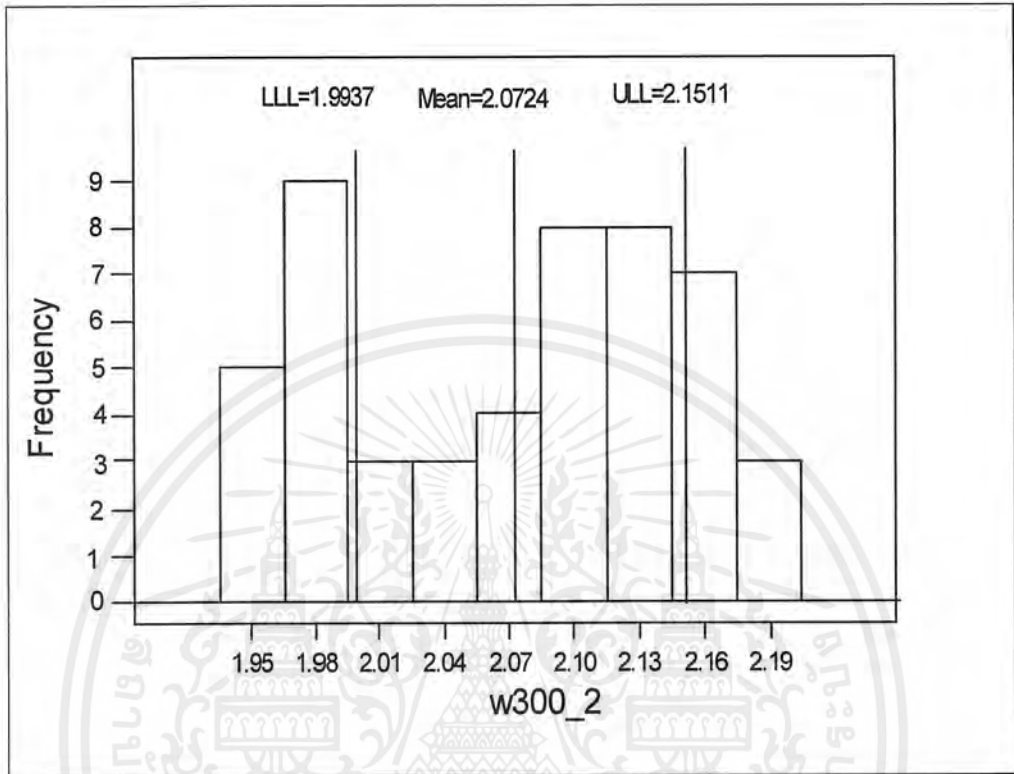
รูปที่ 4.64 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น w150\_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พีกด้านบนและพีกด้านล่างของข้อมูลอยู่ภายใน เกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



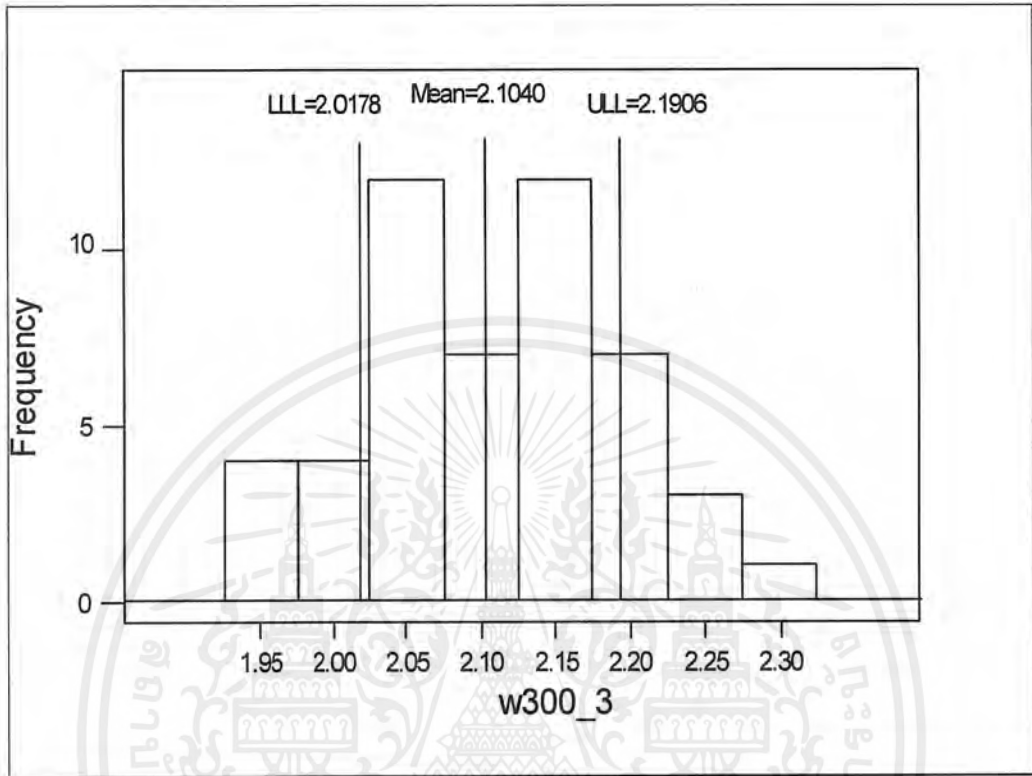
รูปที่ 4.65 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มโดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น w300\_1 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



รูปที่ 4.66 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น w300\_2 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

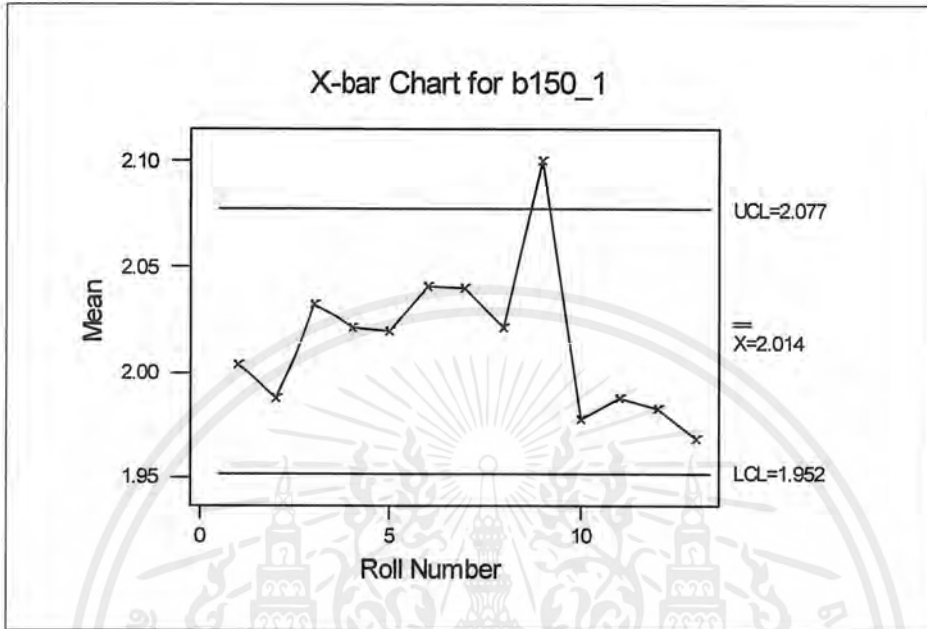
จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 5 ซึ่งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น



รูปที่ 4.67 แสดงฮิสโตแกรมการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับของข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่ม โดยวิธี Shainin Lot Plot Sampling Plan ของข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น w300\_3 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร และ  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

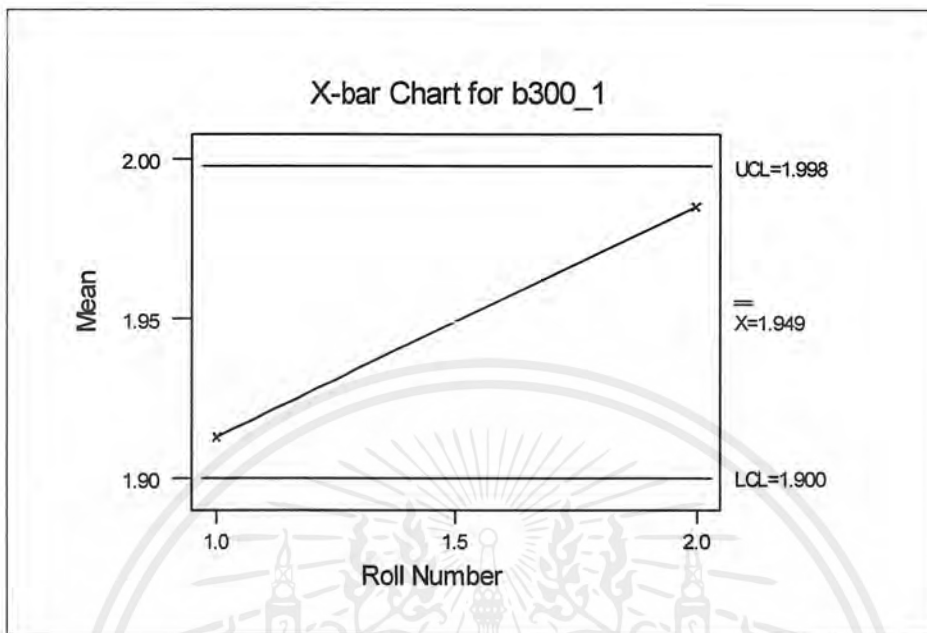
จากฮิสโตแกรมที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.1 จะพบว่าคล้ายกับรูปที่ 2 ซึ่งฮิสโตแกรมมีฐานกว้างแต่พิคค์บนและพิคค์ล่างของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงให้ยอมรับรุ่น

### 4.3 ผลการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลความหนาของโฟมทั้งหมด 31 ชุด



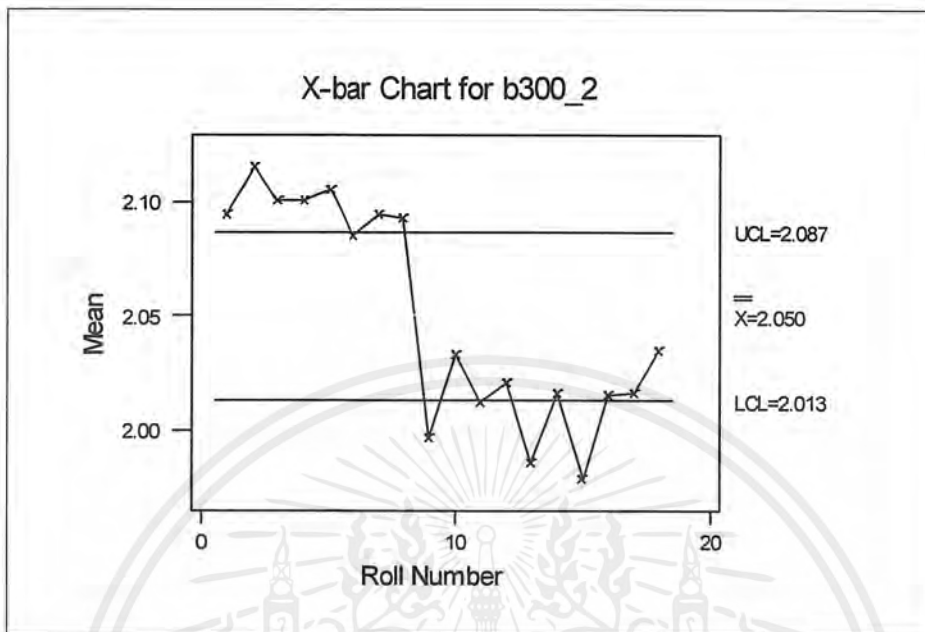
รูปที่ 4.68 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b150\_1

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b150\_1 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



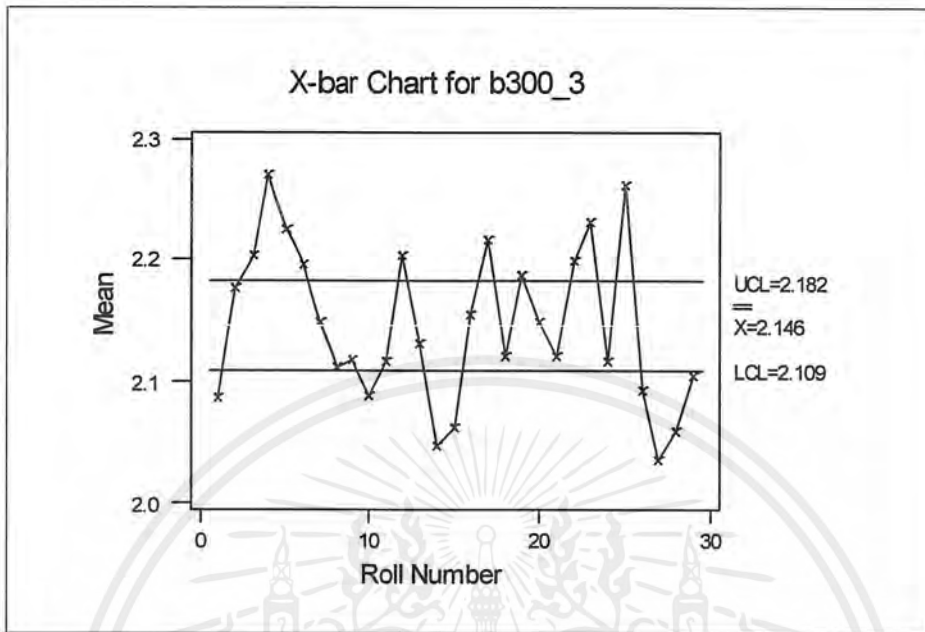
รูปที่ 4.69 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_1

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_1 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มและการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



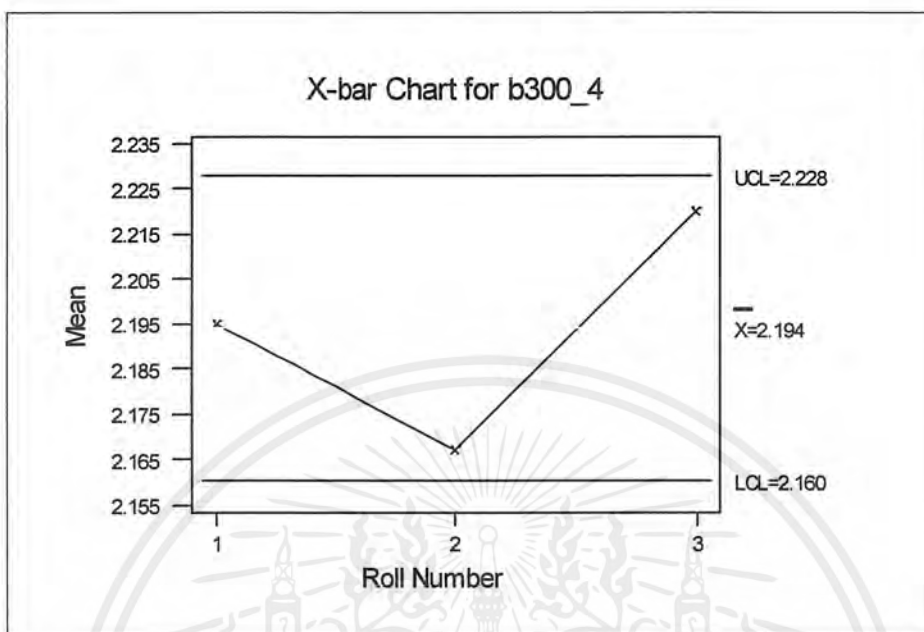
**รูปที่ 4.70** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_2

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_2 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นกลุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงกลุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



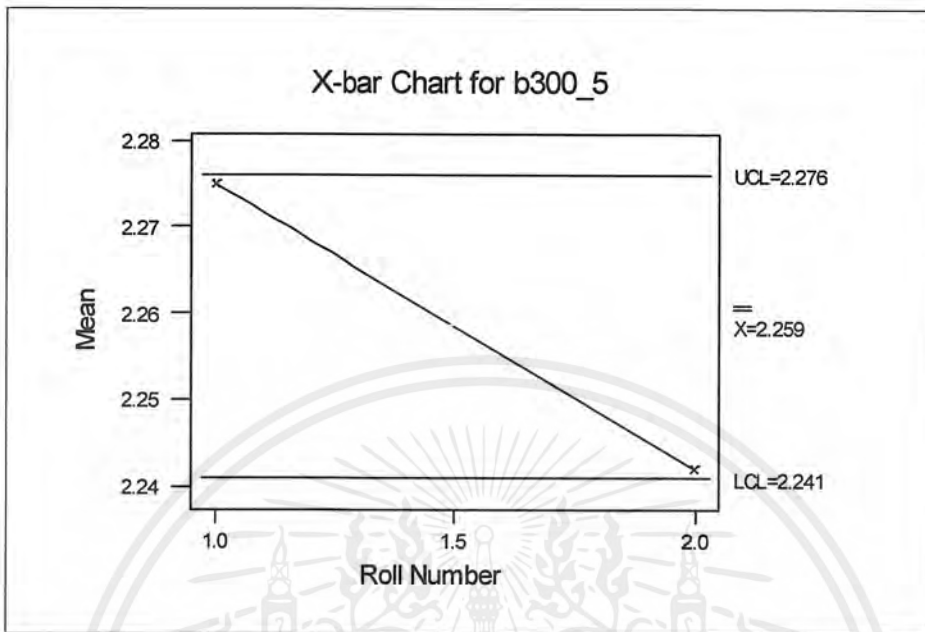
รูปที่ 4.71 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_3

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_3 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



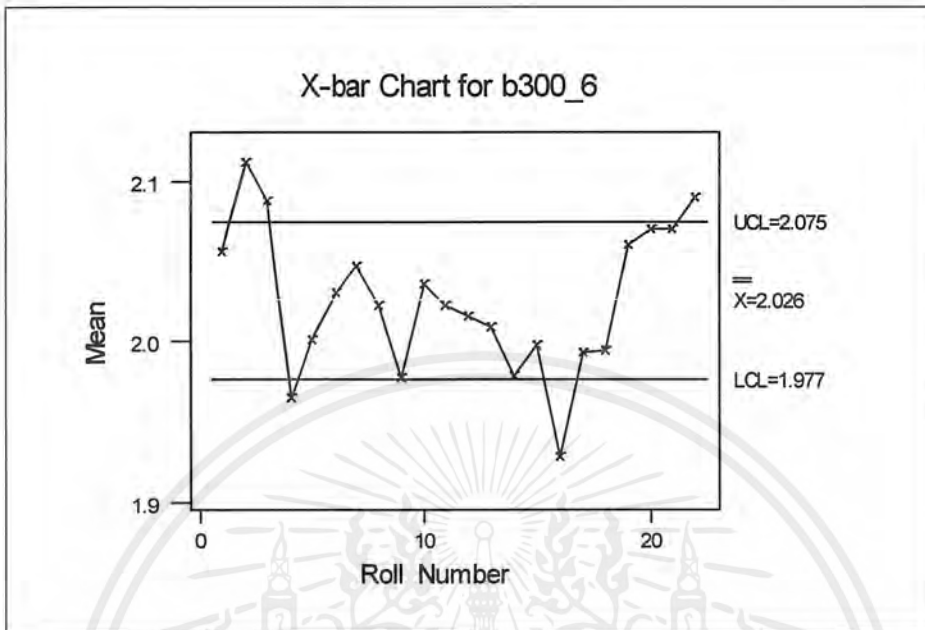
รูปที่ 4.72 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_4

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_4 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นกลุ่มและการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



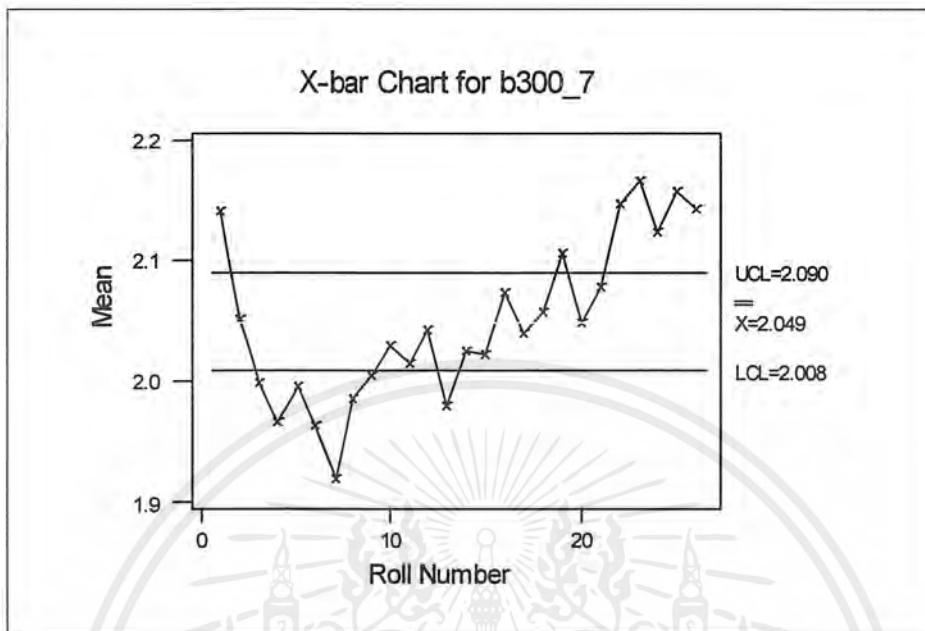
รูปที่ 4.73 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_5

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_5 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นคู่และการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



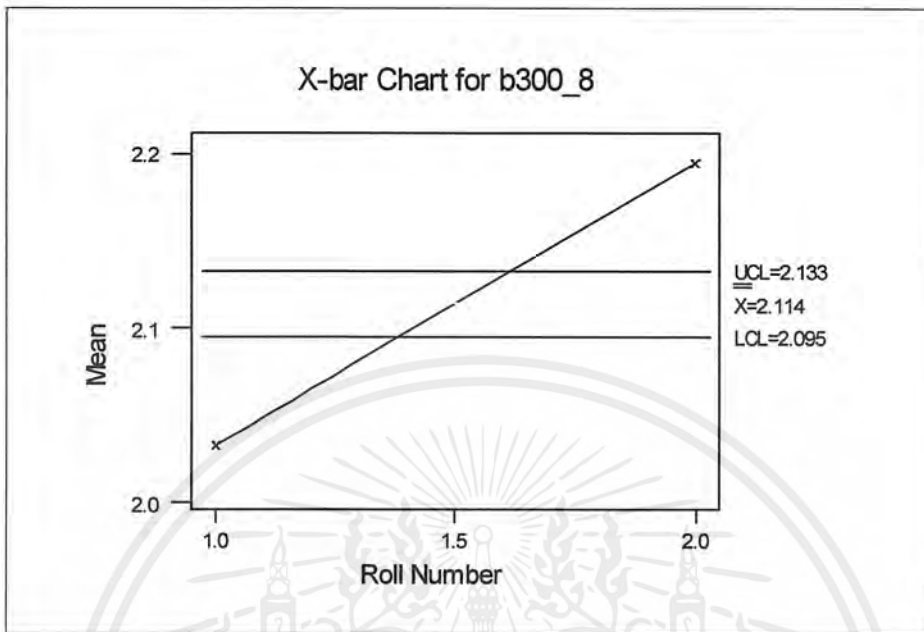
รูปที่ 4.74 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_6

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_6ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม แต่เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



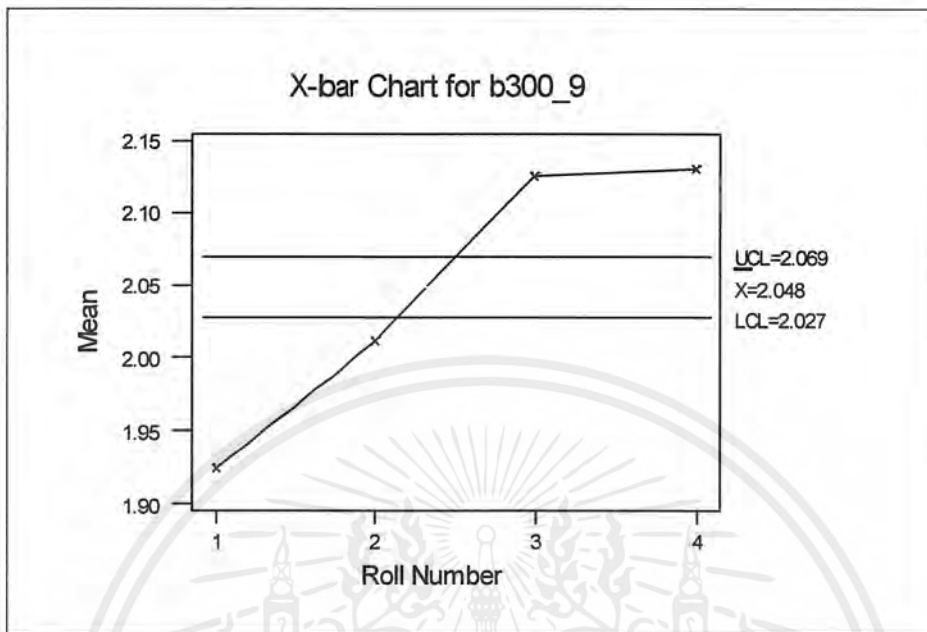
รูปที่ 4.75 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_7

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_7 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามีอาการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



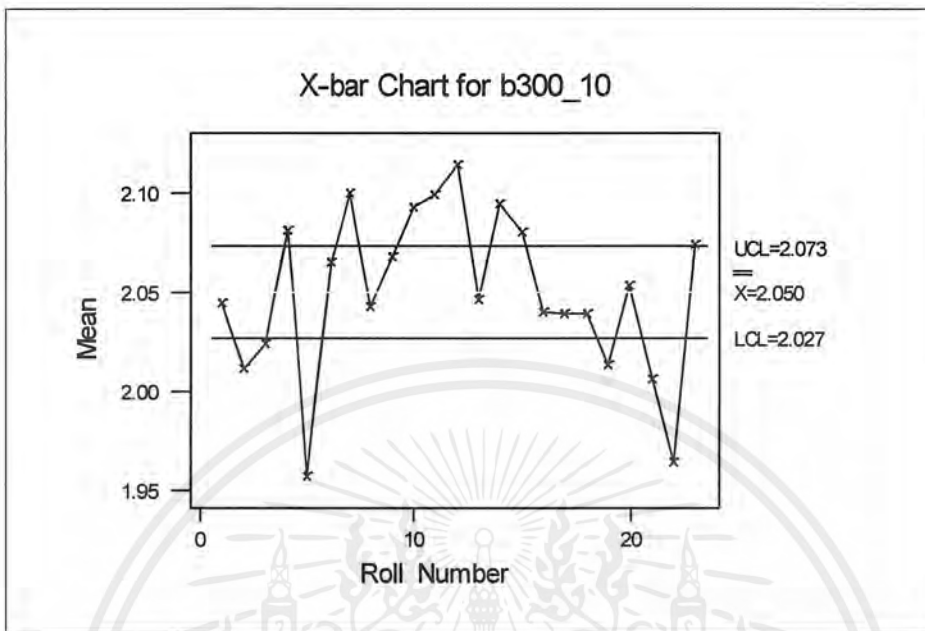
รูปที่ 4.76 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_8

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_8 เป็นไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นคู่และการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



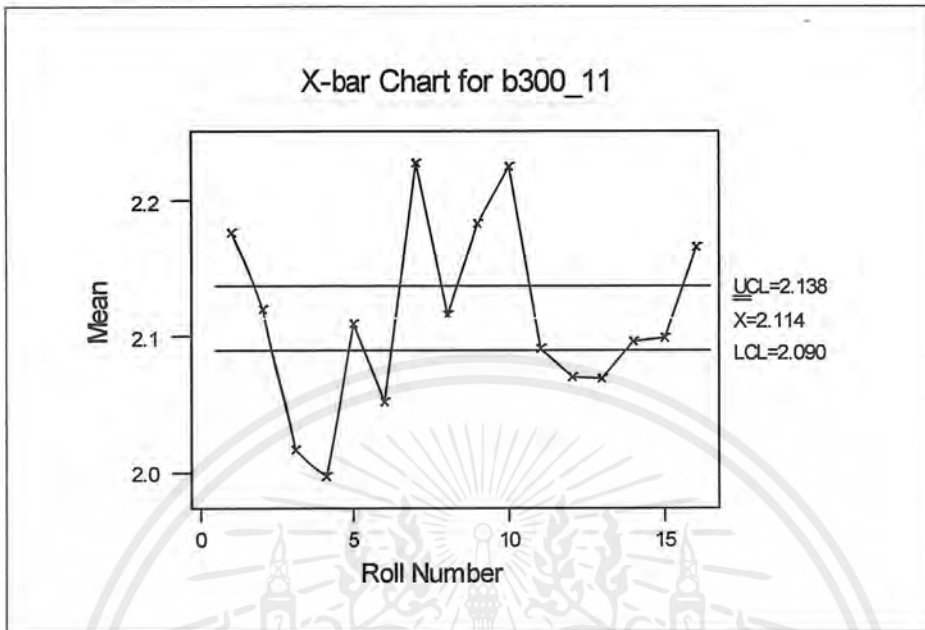
**รูปที่ 4.77** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_9

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_9 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นคู่ของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



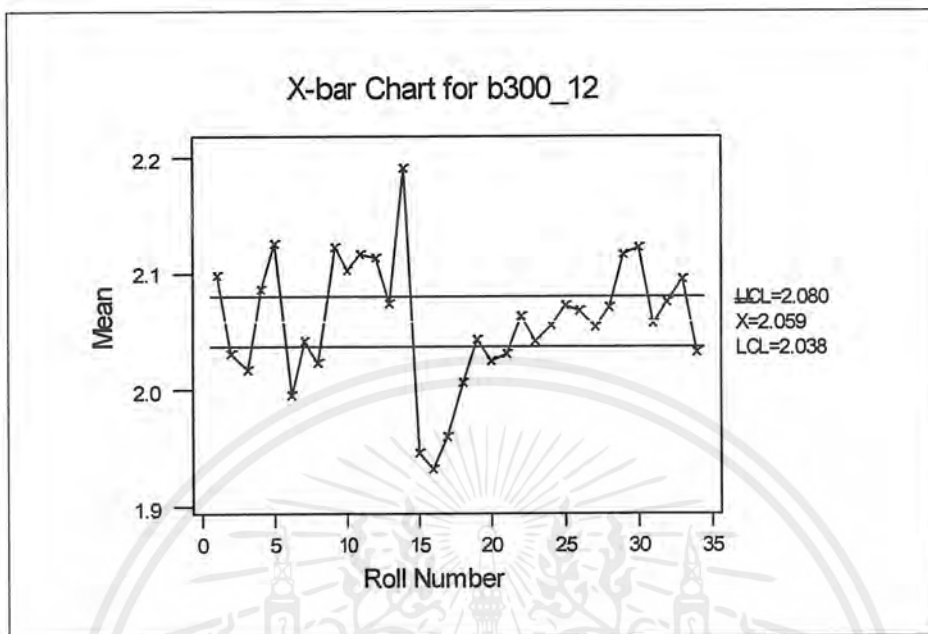
รูปที่ 4.78 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_10

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_10 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



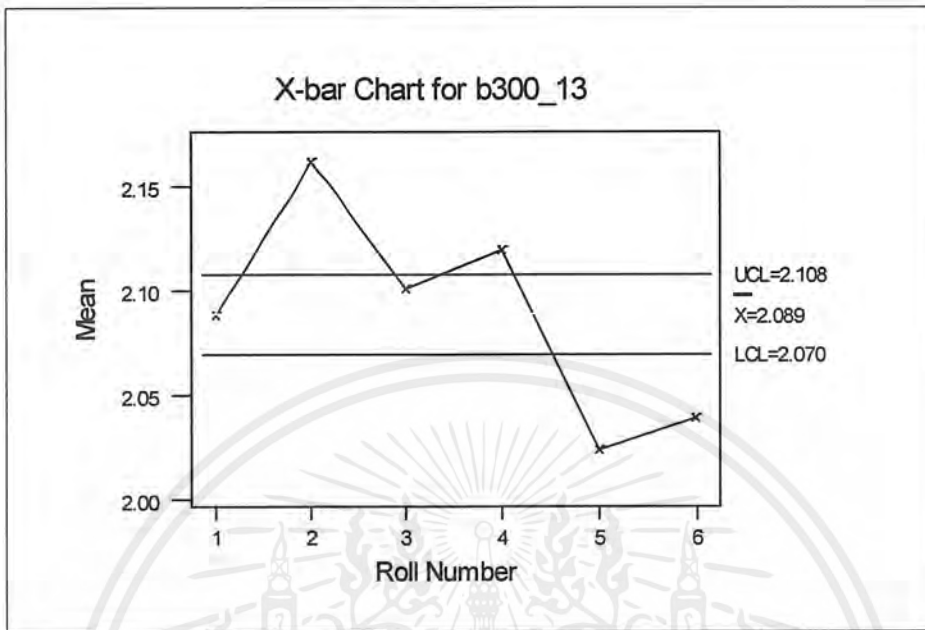
รูปที่ 4.79 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_11

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_11 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม แต่เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



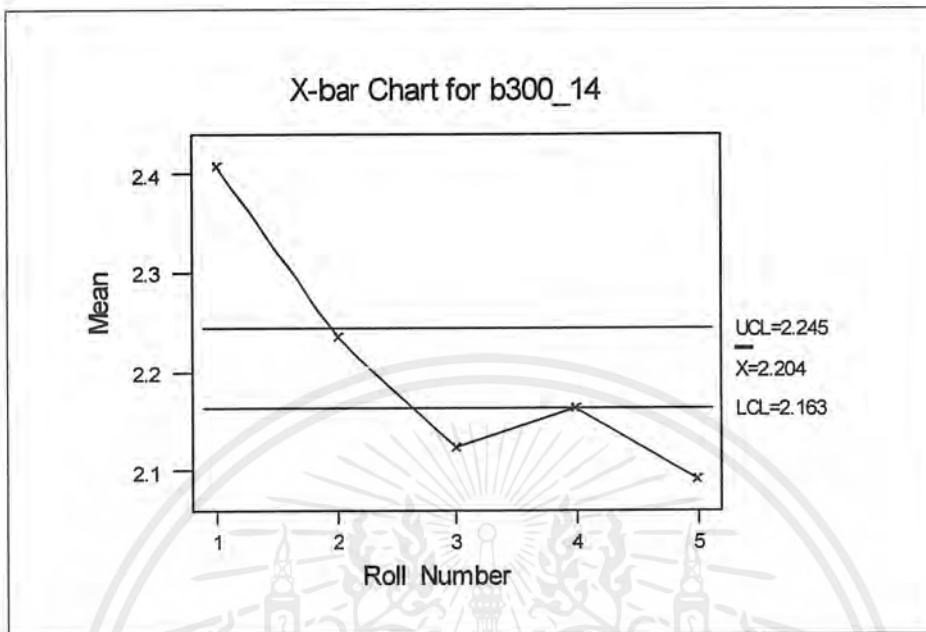
**รูปที่ 4.80** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_12

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_12 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นกลุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงกลุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



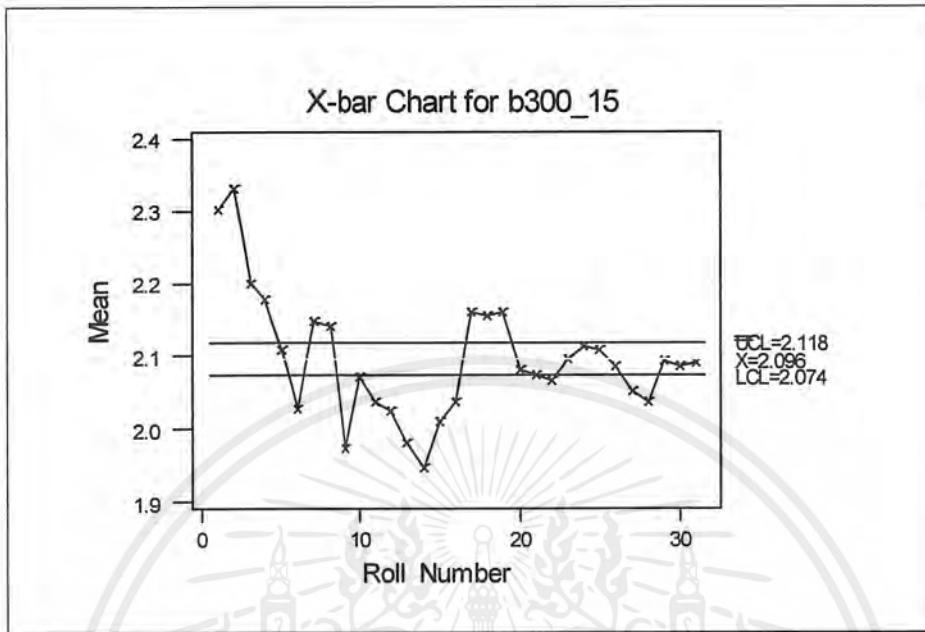
รูปที่ 4.81 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_13

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_13 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูลเป็นแบบแนวโน้มของระดับลดลงเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



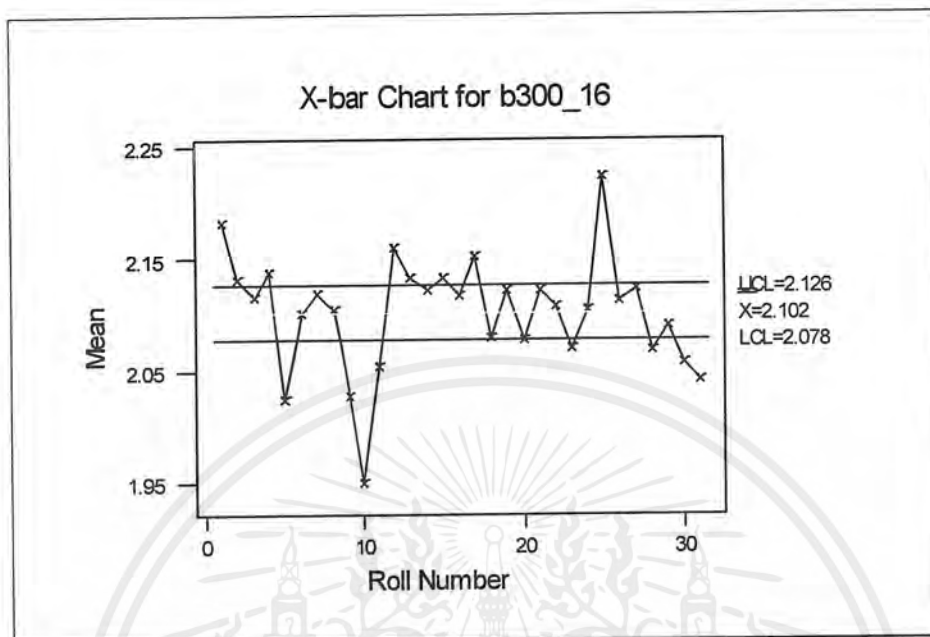
รูปที่ 4.82 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_14

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_14 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับลดลงเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



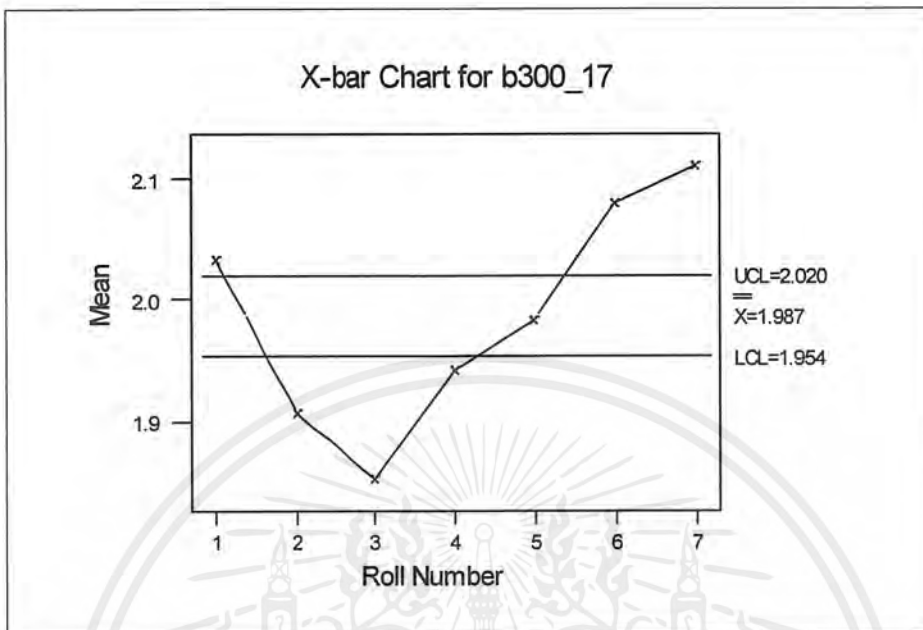
รูปที่ 4.83 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_15

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_15 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



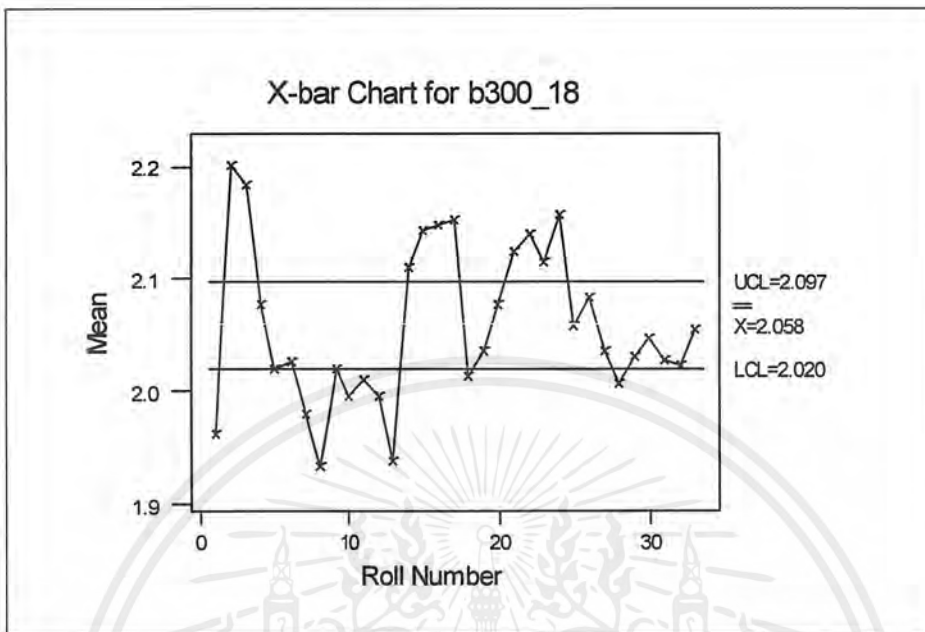
รูปที่ 4.84 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_16

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_16 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



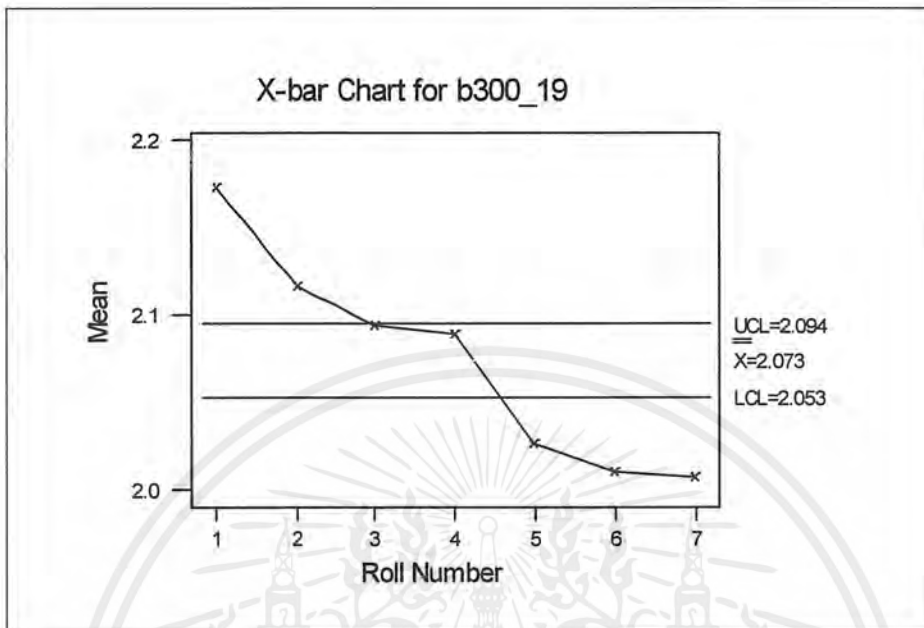
**รูปที่ 4.85** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_17

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_17 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นคู่ของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูลเป็นแบบแนวโน้มของระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



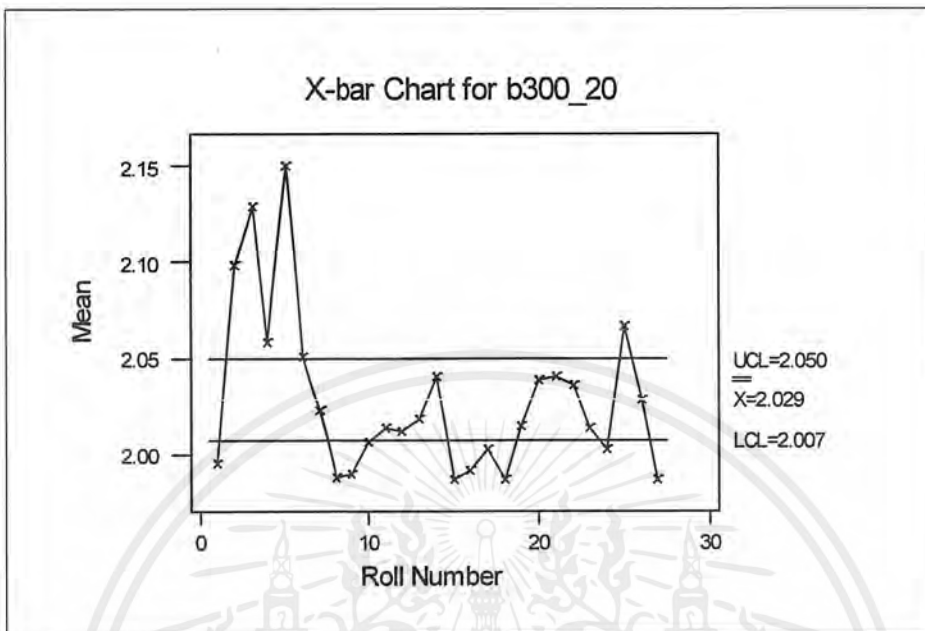
**รูปที่ 4.86** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_18

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_18 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



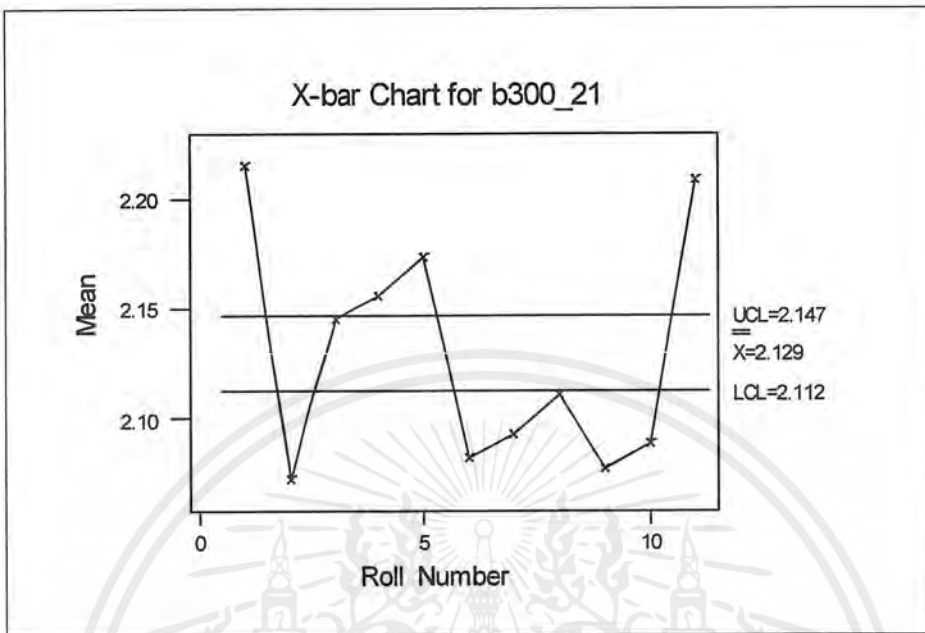
รูปที่ 4.87 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_19

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_19 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นคู่ของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับลดลงเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



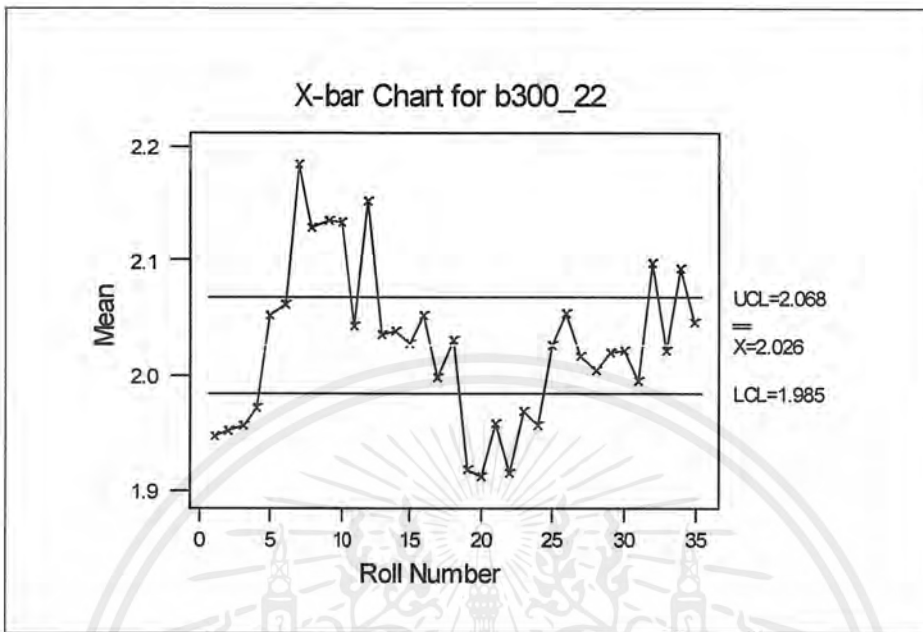
รูปที่ 4.88 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_20

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_20 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



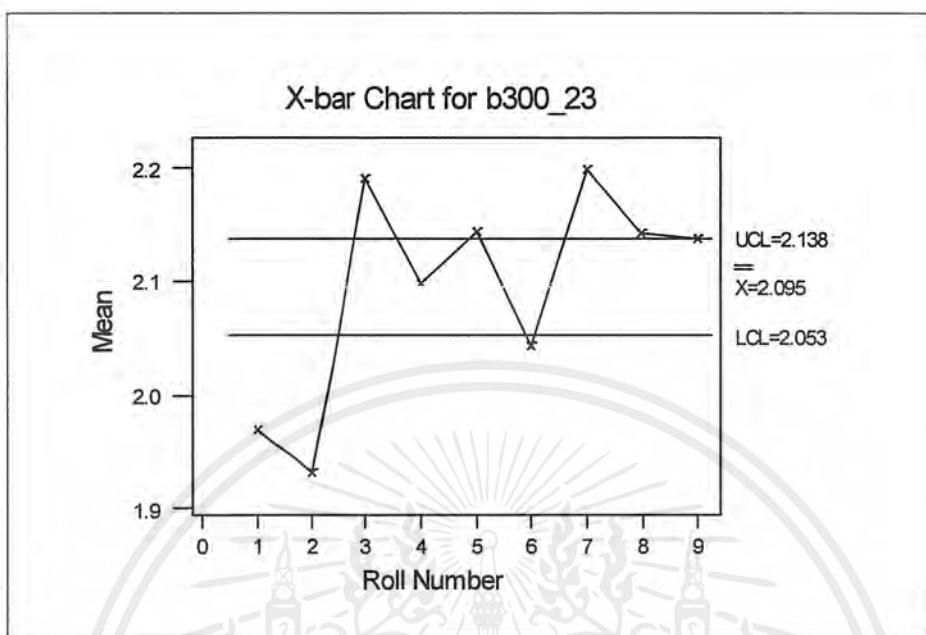
รูปที่ 4.89 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนาแน่น b300\_21

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนาแน่น b300\_21 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นกลุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงกลุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



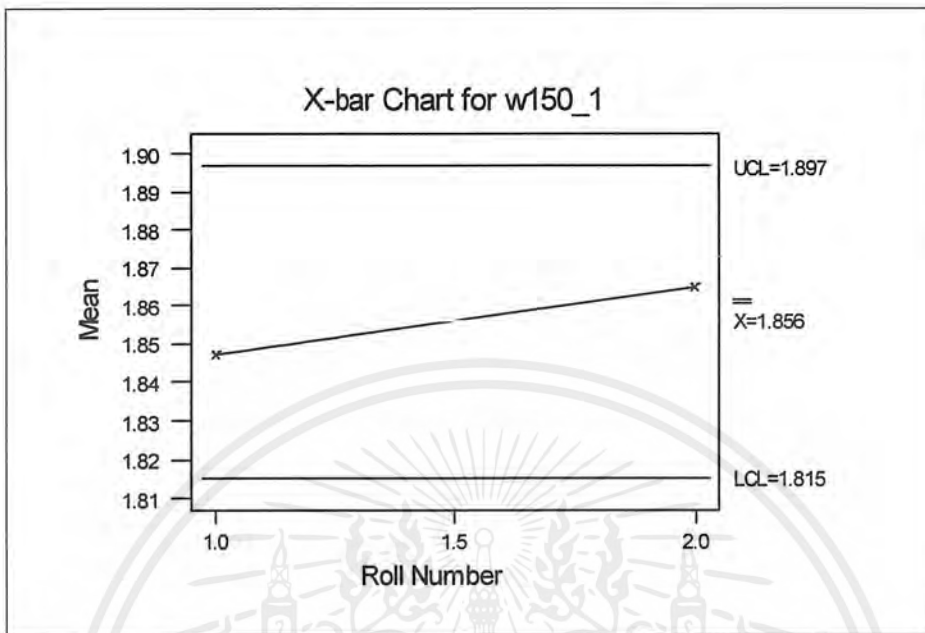
รูปที่ 4.90 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_22

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_22 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นกลุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงกลุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



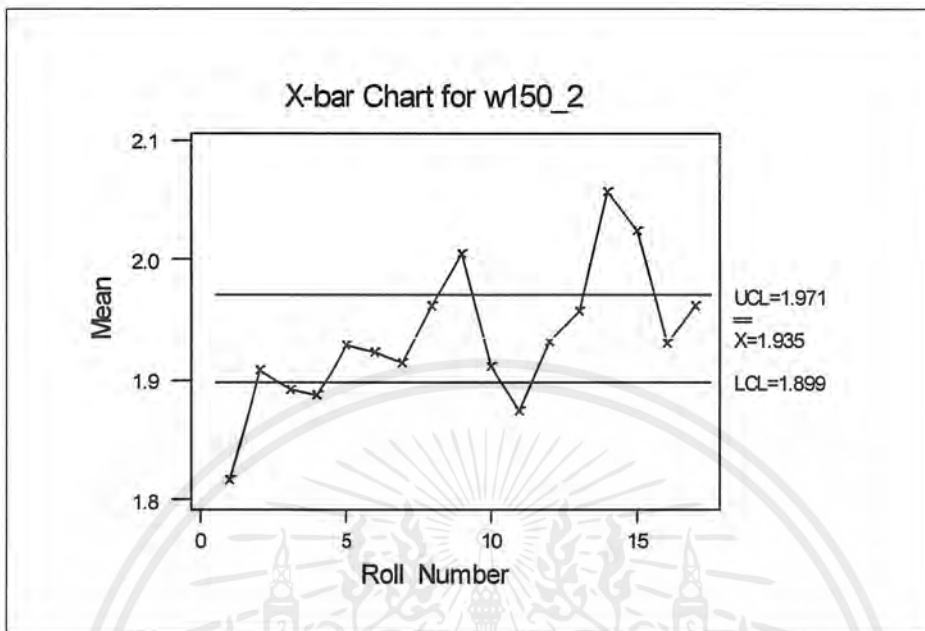
**รูปที่ 4.91** แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น b300\_23

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น b300\_23 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



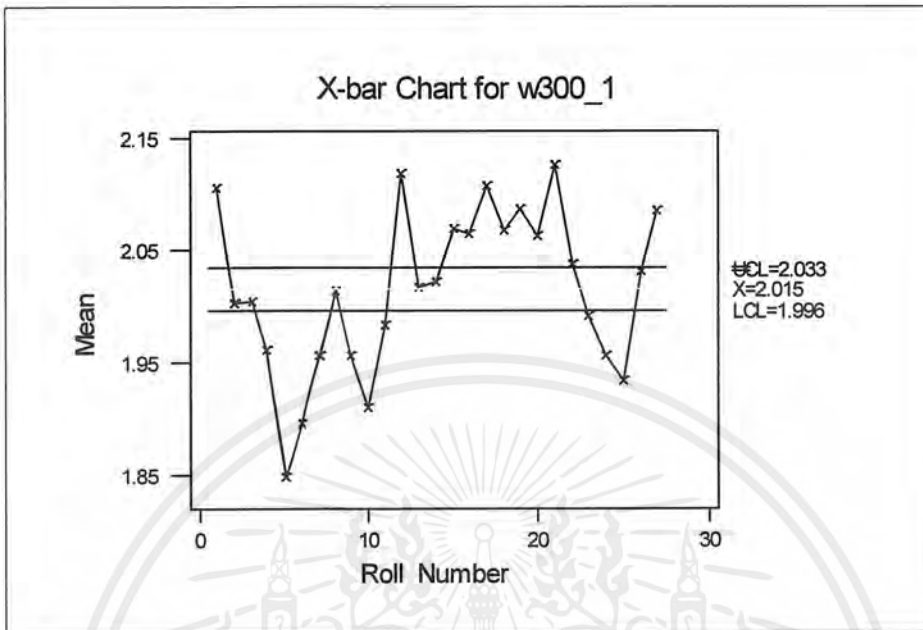
รูปที่ 4.92 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w150\_1

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w150\_1 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มและการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



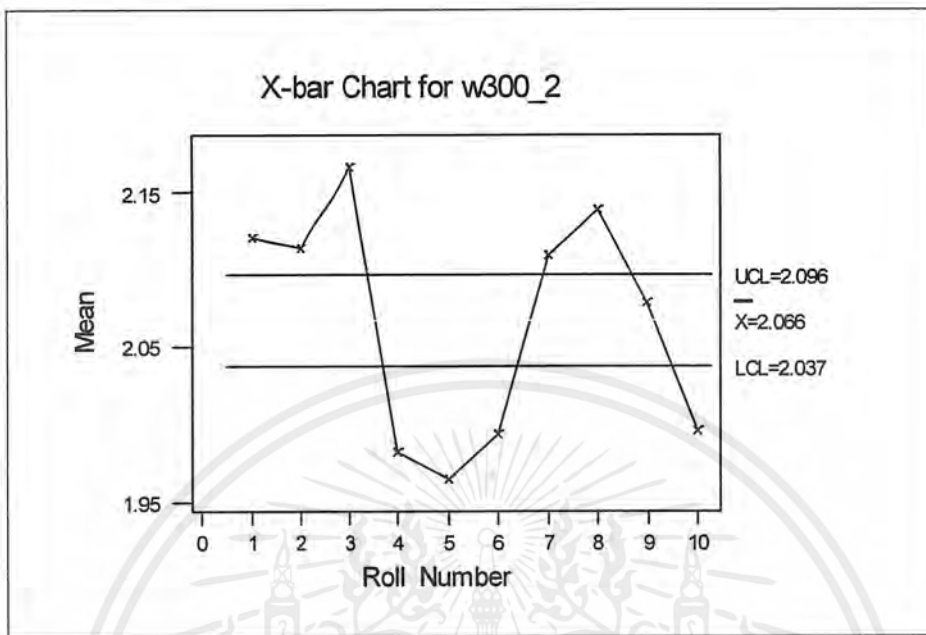
รูปที่ 4.93 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w150\_2

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w150\_2 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



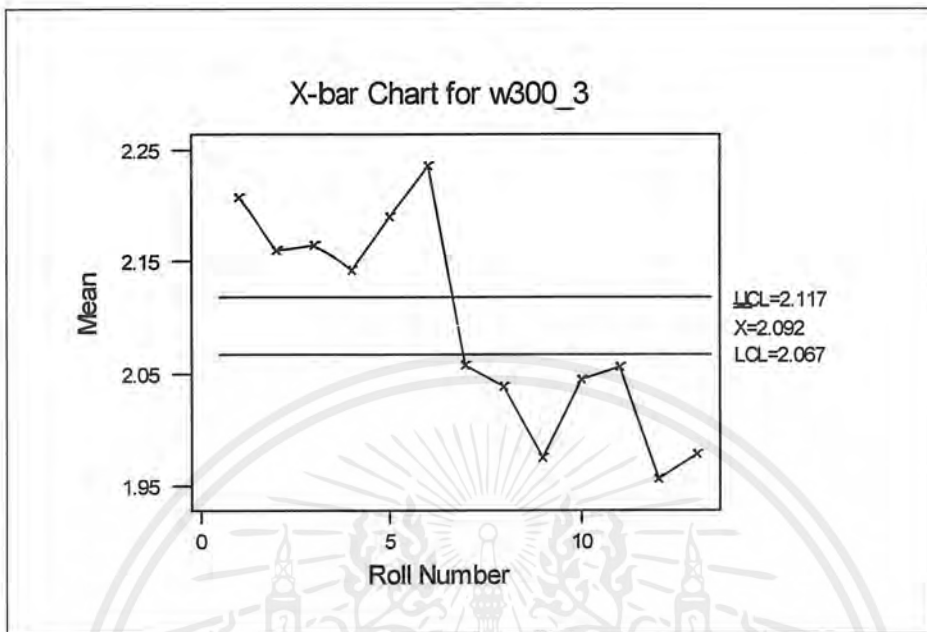
รูปที่ 4.94 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300\_1

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w300\_1 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม แต่เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



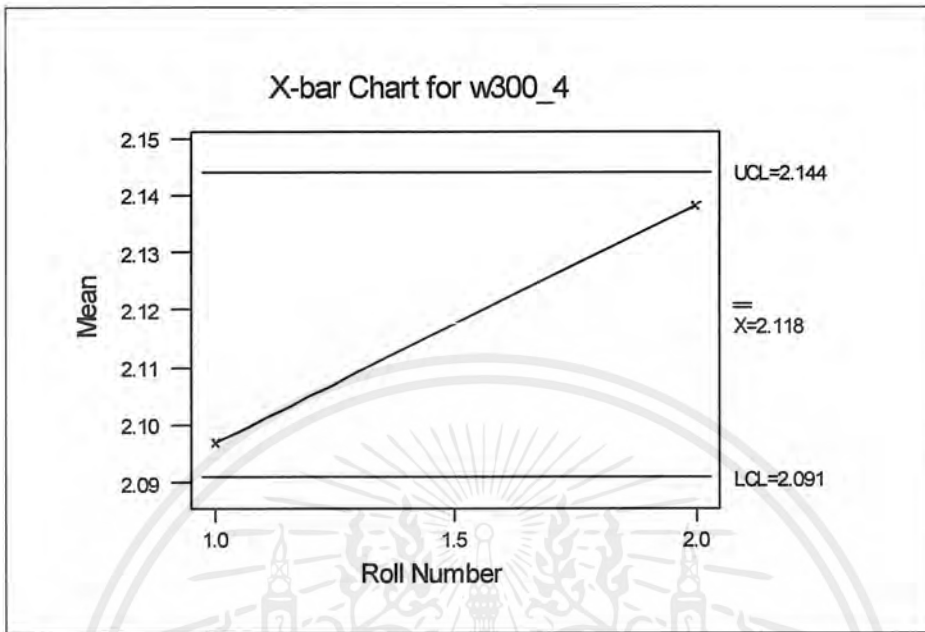
รูปที่ 4.95 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300\_2

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w300\_2 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลเป็นเชิงสุ่ม แต่เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่ามี การเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก การสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



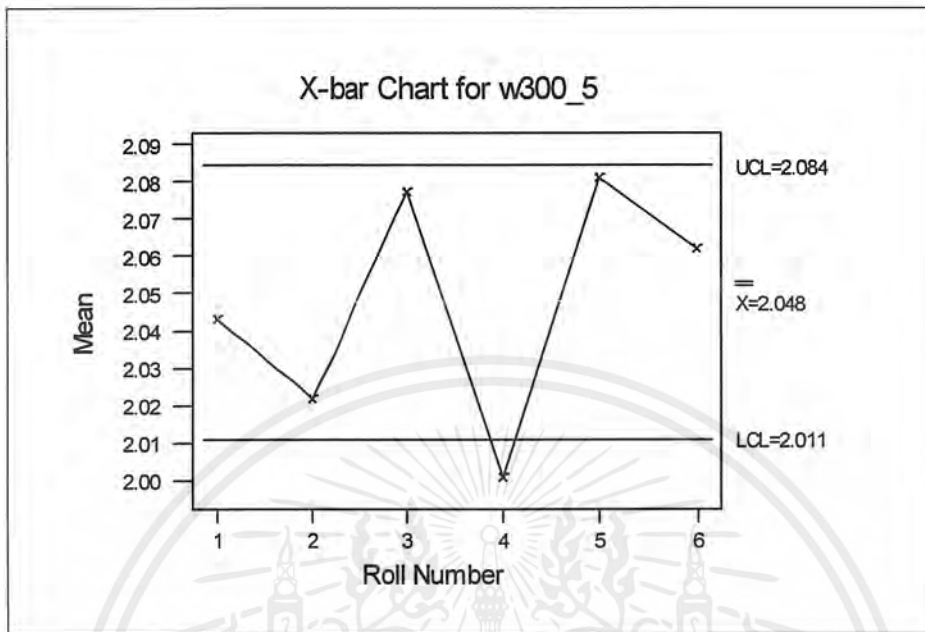
รูปที่ 4.96 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300\_3

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w300\_3 ไม่เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม จะพบว่าข้อมูลไม่เป็นเชิงสุ่ม และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบแนวโน้มของระดับลดลงเรื่อยๆ ซึ่งตามทฤษฎี อาจมีสาเหตุมาจาก เครื่องมือหรือชิ้นส่วนสึกหรอ รวมทั้งความเสื่อมสภาพลงของเครื่องจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมบนและล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม



รูปที่ 4.97 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300\_4

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w300\_4 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบความเป็นสุ่มและการวิเคราะห์การเรียงตัวของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ



รูปที่ 4.98 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของข้อมูลความหนารุ่น w300\_5

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติ จะพบว่าข้อมูลความหนารุ่น w300\_5 เป็นปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และส่วนการทดสอบความเป็นกลุ่มของข้อมูลไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จะพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล เป็นแบบวัฏจักรซ้ำซ้อน ซึ่งตามทฤษฎีอาจมีสาเหตุมาจากการสับเปลี่ยนผู้ควบคุมเครื่องจักรเป็นวัฏจักร และในรูปนี้ แสดงให้เห็นว่า มีจุดอยู่นอกพิสัยควบคุมล่าง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม (Runs Test)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นสุ่ม (Runs Test) ของข้อมูลความหนาของโฟม ทั้งหมด 31 ชุด

รหัส	Mean	Case > Mean	Case < Mean	Number of Runs	ผลการวิเคราะห์		หมายเหตุ
		(n1)	(n2)		เป็นสุ่ม	ไม่เป็นสุ่ม	
b150_1	2.014	6	6	3		/	
b300_1	1.949						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_2	2.034	9	9	3		/	
b300_3	2.146	14	14	13	/		
b300_4	2.194						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_5	2.259						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_6	2.023	10	10	7	/		
b300_7	2.049	13	13	7		/	
b300_8	2.114						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_9	2.048						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_10	2.050	11	11	10	/		
b300_11	2.114	8	8	7	/		
b300_12	2.059	17	17	12	/		
b300_13	2.089						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_14	2.204						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_15	2.096	15	15	11	/		
b300_16	2.102	15	15	12	/		
b300_17	1.987						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_18	2.058	16	16	10		/	
b300_19	2.073						ไม่มีการวิเคราะห์*
b300_20	2.029	13	13	9	/		
b300_21	2.129	5	5	5	/		
b300_22	2.026	17	17	10		/	
b300_23	2.095						ไม่มีการวิเคราะห์*
w150_1	1.866						ไม่มีการวิเคราะห์*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

รหัส	Mean	Case > Mean	Case < Mean	Number of Runs	ผลการวิเคราะห์		หมายเหตุ
		( n1 )	( n2 )		เป็นสุ่ม	ไม่เป็นสุ่ม	
w150_2	1.935	8	8	4		/	
w300_1	2.015	13	13	5		/	
w300_2	2.006	5	5	4	/		
w300_3	2.092	6	6	2		/	
w300_4	2.118						ไม่มีการวิเคราะห์*
w300_5	2.048						ไม่มีการวิเคราะห์*

หมายเหตุ ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

\* ไม่มีการวิเคราะห์เนื่องจากเมื่อเปิดตารางที่ 3 และ 4 ในภาคผนวก ปรากฏว่าค่า n1 และ n2 ไม่สามารถเปิดตารางได้

จากผลการวิเคราะห์ ความเป็นสุ่ม (Runs Test) จะพบว่าข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b300\_3, b300\_6, b300\_10, b300\_11, b300\_12, b300\_15, b300\_16, b300\_20, b300\_21 และ w300\_2 เป็นเชิงสุ่ม แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลแต่ละครั้งเป็นไปอย่างปกติ ส่วนข้อมูลความหนาของโฟมรุ่น b150\_1, b300\_2, b300\_7, b300\_18, b300\_22, w150\_2, w300\_1 และ w300\_3 ไม่เป็นเชิงสุ่ม แสดงว่า ข้อมูลน่าจะเกิดความผิดปกติ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหารูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ )และสมรรถภาพกระบวนการซึ่งค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( $C_{pk}$ )

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ ( $C_p$ )และสมรรถภาพกระบวนการซึ่งค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางข้อกำหนด ( $C_{pk}$ ) จากข้อมูลความหนาของโฟม 13 รุ่น ที่มีการแจกแจงแบบปกติ

รหัสรุ่น	$\sigma$	$C_p$	$\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$	$\frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$	$C_{pk}$
b300_1	0.0514	2.5940	3.5730	1.6600	1.6600
b300_4	0.0356	3.7453	2.8651	4.6255	2.8651
b300_5	0.0186	7.1684	4.3190	10.0179	4.3190
b300_7	0.0435	3.0651	3.4559	2.6743	2.6743
b300_11	0.0240	5.5555	5.3611	5.7500	5.3611
b300_13	0.0202	6.6006	6.7822	6.4191	6.4191
b300_17	0.0355	3.7559	4.8169	2.6948	2.6948
w150_1	0.0434	3.0303	4.9462	1.1982	1.1982
w150_2	0.0377	3.5370	5.0044	2.0690	2.0690
w300_4	0.0284	4.8948	4.5575	4.8944	4.5575
w300_5	0.0390	3.4188	3.8632	2.9744	2.9744

หมายเหตุ \*  $C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$  และ  $C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}\right)$

เมื่อ  $USL = 2.5$  มิลลิเมตร,  $LSL = 1.7$  มิลลิเมตร

จากตารางที่ 4.4 สรุปได้ว่า

1.  $C_p$  มีค่าตั้งแต่ 2.5960 – 7.1684 แสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพของกระบวนการผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี
2. ค่า  $C_{pk} < C_p$  ทุกรหัสรุ่น แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยกระบวนการไม่อยู่กึ่งกลางของขีดจำกัด จึงควรใช้  $C_{pk}$  แทน  $C_p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่า  $C_{pk}$  จำนวน 7 รุ่นใน 11 รุ่น ให้ค่า Minimum ของคอลัมน์  $\frac{\bar{X} - LSL}{6\sigma}$  แสดงว่า ค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ใกล้ขีดจำกัดล่าง แต่อย่างไรก็ตาม ค่า  $C_{pk}$  มีค่ามากกว่า 1 ทุกครั้ง รุ่น แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ดี แต่หากปรับปรุงให้ค่าเฉลี่ยกระบวนการเลื่อนไปอยู่กึ่งกลางขีดจำกัดจะต้องปรับเพิ่มความหนาของโฟมให้มากขึ้นในกระบวนการผลิต
4. ค่า  $C_{pk}$  จำนวน 4 รุ่น ใน 11 รุ่น ให้ค่า Minimum ของ  $\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$  แสดงว่า ค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ใกล้ขีดจำกัดบน แต่อย่างไรก็ตาม ค่า  $C_{pk}$  มีค่ามากกว่า 1 ทุกครั้ง รุ่น แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ดี แต่หากปรับปรุงให้ค่าเฉลี่ยกระบวนการเลื่อนไปอยู่กึ่งกลางขีดจำกัดจะต้องปรับลดความหนาของโฟมให้มากขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต
5. โฟมรุ่นที่มีสีดำ จะมีค่า  $C_{pk}$  ในช่วง 1.7-6.4 ส่วนโฟมรุ่นที่มีสีขาว จะมีค่า  $C_{pk}$  ในช่วง 1.2-4.6

## บทที่ 5

### สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาคั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการนำหลักเกณฑ์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น S3002 ของบริษัทไทยเซกิชูยโฟม จำกัด ซึ่งผลการวิจัยสามารถระบุได้ดังนี้ คือ

#### 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

ได้ศึกษาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น S3002 ของบริษัท ไทยเซกิชูยโฟม จำกัด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมรุ่น S3002 ตั้งแต่วันที่ 20 ม.ค 42 ถึง 1 ก.ย 42 โดยเก็บข้อมูลจำนวน 18 รุ่น ๆ ละ 10 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัวอย่าง ผลการตรวจสอบโดยใช้วิธีของ Shainin Lot Plot Sampling Plan พบว่ายอมรับรุ่นทั้งหมด ผลการสร้าง  $\bar{X}$ -Chart การเรียงตัวของจุดผิดปกติและ Out of Control แสดงให้เห็นว่า การยอมรับรุ่นนั้น เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานความหนาของโฟมยังกว้างอยู่มาก (USL = 2.5 มิลลิเมตร และ LSL = 1.7 มิลลิเมตร) ผลการทดสอบความโน้มเอียงของค่าเฉลี่ยในแผนภูมิ  $\bar{X}$ -Chart โดยการทดสอบความเป็นคู่ (Runs Test) พบว่ามีความโน้มเอียงในค่าเฉลี่ย แสดงว่าการเรียงตัวของค่าเฉลี่ยในแผนภูมิ  $\bar{X}$ -Chart ผิดปกติ จึงได้เปรียบเทียบกับรูปแบบของการเรียงตัวของ  $\bar{X}$  พบว่า ข้อมูลมีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือเป็นวัฏจักรซ้ำซ้อน ในบางรุ่นไม่สามารถหารูปแบบได้จึงได้เปรียบเทียบกับกฎเกณฑ์การเรียงตัวของจุดพบว่าการเรียงตัวของข้อมูล 7 จุดเหนือเส้นกึ่งกลางของแผนภูมิ

อนึ่ง การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระบวนการพบว่า ค่า  $C_p$  มีค่าอยู่ระหว่าง 2.6 ถึง 7.2 และ  $C_{pk}$  แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตามลักษณะการกระจายของข้อมูลส่วนใหญ่เข้าใกล้ขีดจำกัดล่าง และ  $C_p$  มีค่าไม่เท่ากับค่า  $C_{pk}$  ดังนั้นการสรุปผลจึงใช้  $C_{pk}$  นั่นคือความหนาของโฟมที่ได้ยังมีขนาดความหนาน้อยอยู่ และค่า  $C_{pk}$  ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 6.4 แสดงว่าสมรรถภาพกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

## 5.2 ปัญหาที่พบในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เนื่องจากข้อมูลความหนาของผลิตภัณฑ์โฟมที่นำมาวิเคราะห์นั้น ทางบริษัทอนุญาตให้เก็บข้อมูลได้เฉพาะรุ่น S3002 ซึ่งการผลิตนั้นจะขึ้นอยู่กับลูกค้าที่จะสั่งซื้อเข้ามา หากทำการเก็บข้อมูลเอง จะทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลานานเกินกว่าที่จะนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ให้เสร็จทันเวลาได้
2. เนื่องจากผู้วิเคราะห์ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลจริง ดังนั้นจึงไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของปัญหาที่พบใน  $\bar{X}$ -Chart
3. เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นี้ได้มาจากการถ่ายสำเนา ทำให้ข้อมูลบางตัวไม่ชัดเจน
4. สำหรับผลิตภัณฑ์โฟมบางรุ่นมีการผลิตเป็นจำนวนน้อย ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ได้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ที่ทำการเก็บข้อมูลควรจะเป็นบุคคลเดียวกันตลอดกระบวนการผลิตในแต่ละรุ่น เนื่องจากหากใช้บุคคลหลายคน อาจทำให้ข้อมูลที่ได้เกิดการแปรผันขึ้นได้
2. เนื่องจากผลการวิเคราะห์โดยการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan นั้นปรากฏว่าผลการยอมรับรุ่นไม่แตกต่างจากที่ทางโรงงานวิเคราะห์อยู่ ดังนั้นควรเลือกใช้การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบ Shainin Lot Plot Sampling Plan เพราะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย แต่มีข้อสังเกตว่าจาก  $\bar{X}$ -Chart แสดงว่ากระบวนการผลิตยังไม่อยู่ในกระบวนการควบคุม จึงจำเป็นต้องหาสาเหตุ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป เพื่อให้คุณภาพของโฟมดีขึ้น
3. มีข้อสังเกตว่าเกณฑ์มาตรฐานมีช่วงกว้างทำให้เกิดการยอมรับรุ่นทั้งหมดทั้งๆที่กระบวนการผลิตอยู่ภายนอกการควบคุม
4. เนื่องจากกระบวนการผลิตยังไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ค่า  $C_p$  และค่า  $C_{pk}$  ที่คำนวณได้ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงค่าได้ในกระบวนการผลิตครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อได้แก้ไขสาเหตุของข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตแล้ว จะทำให้ลดความกว้างของเกณฑ์มาตรฐานลง ซึ่งจะทำให้เพิ่มความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลิตภัณฑ์โพลีเมได้ดียิ่งขึ้น นั่นคือ กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม และค่า  $C_{pk}$  ที่คำนวณได้จะมีค่าคงที่มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1 ตัวประกอบสำหรับการคำนวณเส้นพิศวัตควบคุม

TABLE B Factors for Computing Central Lines and 3σ Control Limits for  $\bar{X}$ , s, and R, Charts

Observations in Sample, n	Chart for Averages					Chart for Standard Deviations					Chart for Ranges									
	Factors for Central Line					Factors for Control Limits					Factors for Central Line					Factors for Control Limits				
	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	c <sub>4</sub>	1/c <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>1</sub>	1/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>		
2	1.21	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.178	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	0	3.267		
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.318	0	2.574	0	2.574		
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.890	0	4.698	0	2.282	0	2.282		
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114	0	2.114		
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	0	2.004		
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924	0.076	1.924		
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864	0.136	1.864		
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816	0.184	1.816		
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	0.223	1.777		
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744	0.256	1.744		
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717	0.283	1.717		
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693	0.307	1.693		
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672	0.328	1.672		
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653	0.347	1.653		
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637	0.363	1.637		
17	0.724	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622	0.378	1.622		
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.738	1.424	5.856	0.391	1.608	0.391	1.608		
19	0.689	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597	0.403	1.597		
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585	0.415	1.585		
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575	0.425	1.575		
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	0.434	1.566		
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	0.443	1.557		
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548	0.451	1.548		
25	0.600	0.155	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541	0.459	1.541		

Copyright ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, PA, 19103, Reprinted with permission.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2 ค่าวิกฤตของการทดสอบ Lilliefors กรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

n	α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
4	.303	.320	.344	.374	.414
5	.290	.302	.319	.344	.398
6	.268	.280	.295	.321	.371
7	.252	.264	.276	.304	.353
8	.239	.251	.266	.290	.333
9	.227	.239	.253	.275	.319
10	.217	.228	.241	.262	.303
11	.209	.219	.232	.252	.291
12	.201	.210	.223	.243	.281
13	.193	.203	.215	.233	.270
14	.187	.196	.209	.227	.264
15	.181	.190	.202	.219	.256
16	.176	.184	.195	.212	.248
17	.170	.179	.190	.207	.241
18	.166	.174	.185	.201	.234
19	.162	.171	.181	.197	.230
20	.159	.167	.177	.192	.223
21	.155	.163	.173	.188	.219
22	.152	.160	.170	.185	.214
23	.149	.156	.165	.181	.210
24	.145	.153	.162	.177	.205
25	.144	.151	.159	.173	.202
26	.141	.147	.156	.170	.198
27	.138	.145	.153	.166	.193
28	.136	.142	.151	.165	.191
29	.134	.140	.149	.162	.188
30	.132	.138	.146	.159	.183
31	.741	.775	.819	.895	1.035
	$d_n$	$d_n$	$d_n$	$d_n$	$d_n$

$$d_n = (\sqrt{n} - 0.01 + 0.93/\sqrt{n})$$

Sources: Andrew L. Mason and C. B. Bell, "New Lilliefors and Srinivasan Tables with Applications," *Communic. Statist.—Simul.*, Vol. 15, No. 2 (1986), pp. 457-459. Copyright (c) 1986 by Marcel Dekker, Inc.; reprinted by permission.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3 Lower critical values of  $r$  in the runs test

$n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

Source: Frieda S. Swed and C. Eisenhart, "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives," *Ann. Math. Statist.*, 14 (1943), 66-87

Note: For the one-sample runs test, any value of  $r$  that is equal to or smaller than that shown in the body of this table for given value of  $n_1$  and  $n_2$  is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4 Upper critical values of  $r$  in the runs test

$n_1$	$n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
9	9																				
10	9																				
10	10																				
11	9																				
11	10																				
11	11																				
12	9																				
12	10																				
12	11																				
12	12																				
13	9																				
13	10																				
13	11																				
13	12																				
13	13																				
14	9																				
14	10																				
14	11																				
14	12																				
14	13																				
14	14																				
15	9																				
15	10																				
15	11																				
15	12																				
15	13																				
15	14																				
15	15																				
16	9																				
16	10																				
16	11																				
16	12																				
16	13																				
16	14																				
16	15																				
16	16																				
17	9																				
17	10																				
17	11																				
17	12																				
17	13																				
17	14																				
17	15																				
17	16																				
17	17																				
17	18																				
17	19																				
17	20																				

Source: Frieda S. Swed and C. Eisenhart, "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives," *Ann. Math. Statist.*, 14 (1943), 66-87

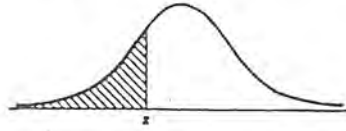
Note: For the one-sample runs test, any value of  $r$  that is equal to or smaller than that shown in the body of this table for given values of  $n_1$  and  $n_2$  is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ

TABLE I Values of the Standard Normal Distribution Function

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}u^2\right) du = P(Z \leq z)$$



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-3.	.0013	.0010	.0007	.0005	.0003	.0002	.0002	.0001	.0001	.0000
-2.9	.0019	.0018	.0017	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0126	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0238	.0233
-1.8	.0359	.0352	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0300	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0570	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0722	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ (ต่อ)

TABLE 1 Values of the Standard Normal Distribution Function (Continued)

$z$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7703	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9278	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9430	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9648	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9700	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9762	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9874	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.	.9987	.9990	.9993	.9995	.9997	.9998	.9998	.9999	.9999	1.0000

Note 1: If a normal variable  $X$  is not "standard," its values must be "standardized":  $Z = (X - \mu)/\sigma$ , i.e.,  $P(X \leq x) = \Phi[(x - \mu)/\sigma]$ .

Note 2: For "two-tail" probabilities, see Table Ib.

Note 3: For  $z \geq 4$ ,  $\Phi(z) = 1$  to four decimal places; for  $z \leq -4$ ,  $\Phi(z) = 0$  to four decimal places.

Note 4: Entries opposite 3 and -3 are for 3.0, 3.1, 3.2, etc., and -3.0, -3.1, etc., respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- รศ. ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- ดร. พิเชิต สุขเจริญพงษ์. 2535. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- มยุรี เทสผล. 2527. การควบคุมคุณภาพ. สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์ เซนเตอร์, กรุงเทพฯ.
- รศ. นิภา ศรีไพโรจน์. 2533. สถิติอนพารามตริก. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 2.
- ผศ. อุมภาพร จันทสร. สถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- Besterfield, D. H. 1994. Quality Control. Prentice-Hall International, 4<sup>th</sup> edition.
- Oakland, J. S. 1996. Statistical Process Control. Butterworth Heinemann, 3<sup>rd</sup> edition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้