

บทที่ 4

ผลการวิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน DMAIC ของซิกซ์ ซิกมา ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ในบทที่ 4 นี้จะอธิบายถึงผลการวิจัยซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การค้นหาปัญหา (Define)

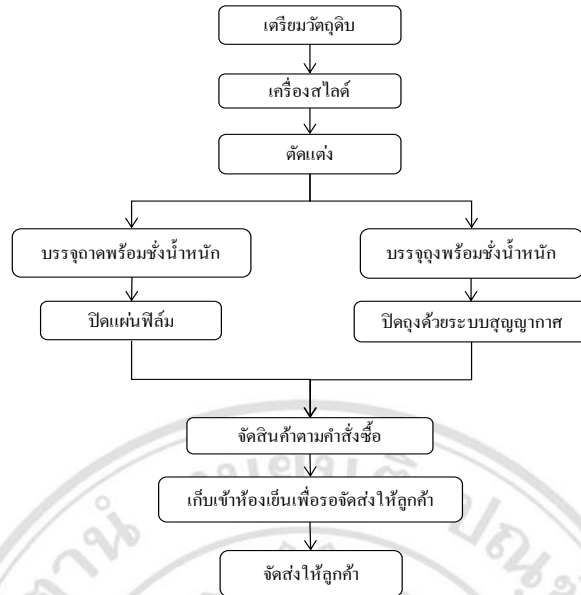
4.1.1 ขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่ได้ศึกษา

ผู้วิจัยได้เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตสม่ำเสมอ มีความต้องการสินค้าจากลูกค้าสูง และเป็นผลิตภัณฑ์หลักในกลุ่มสินค้าสไลด์ โดยได้ทำการระดมสมองร่วมกับแผนกที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย แผนกผลิต แผนกควบคุมคุณภาพ และแผนกพัฒนากระบวนการ เป็นต้น นอกจากนี้ได้ศึกษาจากข้อมูลรายงานการผลิต (production report) และรายงานการตรวจสอบคุณภาพสินค้าประจำวันของผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษาโดยผลิตภัณฑ์ที่เลือกนำมาศึกษาคือ หมูสามชั้นสไลด์ ขนาดบรรจุ 1,000 กรัมต่อถุง

4.1.2 กระบวนการผลิตสามชั้นสไลด์

เพื่อให้เข้าใจในกระบวนการและเห็นขั้นตอนที่มีความเกี่ยวข้องทั้งหมด ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์อย่างละเอียด ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 4.1 และสามารถอธิบายรายละเอียดดังหน้าต่อไป

Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตสินค้าหมูสามชั้นสไลด์

กระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์ ของโรงงานกรณีสึกษาแบ่งเป็น 5 กระบวนการผลิตหลักคือ การเตรียมวัตถุดิบ (Preparing) การสไลด์ (Slicing) การตัดแต่ง (Cutting) การบรรจุ (Packing) และจัดส่งให้ลูกค้า (Delivery) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการผลิตดังนี้

- 1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Preparing) เป็นขั้นตอนเตรียมเนื้อก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการสไลด์ โดยมีวิธีการเตรียมดังต่อไปนี้
 - 1.1) คัดเลือกวัตถุดิบสามชั้นแผ่น สามชั้นแผ่นที่ผ่านการคัดเลือกต้องมีเนื้อสีชมพูอมแดง ไม่ซีด ผิวหนังไม่มีรอยขีดข่วน ไม่มีเนื้อและผิวหนังชำรุด ไม่มีจุดเลือดกระจาย ไม่มีคราบกระดูก ไม่มีมันช่องท้องและไม่มีขนติดที่หนัง
 - 1.2) นำมาตัดแต่งให้ได้ขนาดก่อนเข้าเครื่องสไลด์
 - 1.3) นำวัตถุดิบแช่แข็งในตู้แช่แข็ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 เพื่อลดอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง -2°C ถึง 0°C ก่อนนำมาเข้าเครื่องสไลด์



รูปที่ 4.2 วิธีการลดอุณหภูมิเนื้อก่อนการตัดแต่ง

- 2) ขั้นตอนการสไลด์ (Slicing) เป็นขั้นตอนการแปรรูปสินค้า โดยผ่านเครื่องสไลด์ (Slicer Machine) ดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยเริ่มตั้งแต่การนำวัตถุดิบสามชั้นแผ่นที่ตัดแต่งได้ตามขนาด และผ่านการลดอุณหภูมิตามข้อกำหนดป้อนเข้าเครื่อง จากนั้นก็ทำการตั้งค่าโปรแกรมการทำงานของเครื่อง เพื่อให้เครื่องตัดสินค้าได้ตามลักษณะที่ต้องการ โดยสินค้าที่ได้มีลักษณะเป็นชิ้นแผ่นบางๆตามขนาดความหนาที่ 3 มิลลิเมตร 4 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์โดยใช้เครื่องสไลด์อัตโนมัติ

- 3) ขั้นตอนการตัดแต่ง (Cutting) เป็นขั้นตอนที่นำเนื้อที่ผ่านการสไลด์ด้วยเครื่อง มาทำการตัดเป็นชิ้น โดยวิธีการตัดจะตัดตามข้อกำหนดความกว้างที่ 1.5 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว พร้อมทำการนำสินค้าที่ตัดแล้วใส่ถุงหรือถาด ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เพื่อนำไปซั่งปรับน้ำหนักต่อแพ็คต่อไป



รูปที่ 4.4 วิธีการตัดแต่งพร้อมใส่ถุง

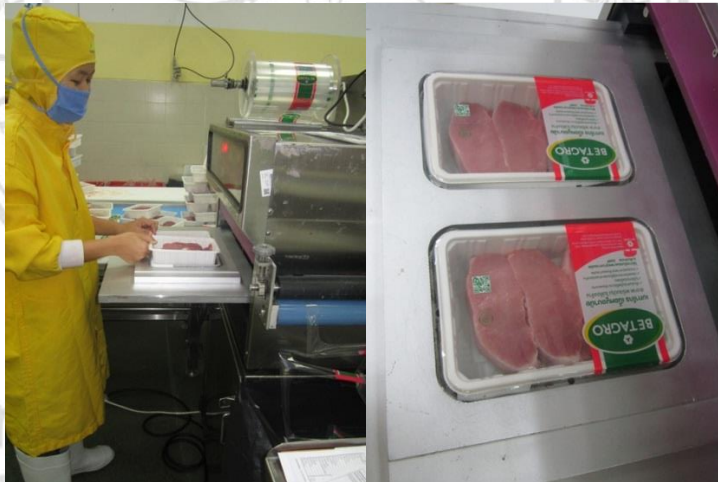
- 4) ขั้นตอนการบรรจุ (Packing) เป็นขั้นตอนที่นำสินค้าที่ตัดแต่งได้ตามข้อกำหนดมาทำการบรรจุลงในถาดหรือถุง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.1) การเตรียมถาด และ สติกเกอร์ ทำการเตรียมถาด โดยทำการนับและ สั่งพิมพ์สติกเกอร์ตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และ ทำการตรวจสอบรายละเอียดในสติกเกอร์เช่น Lot no. ชื่อสินค้า รหัสสินค้า วันที่ผลิต/วันหมดอายุ ความชัดเจนของแท่งบาร์โค้ด (Barcode) เป็นต้น ตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเตรียมถุงและสติ๊กเกอร์

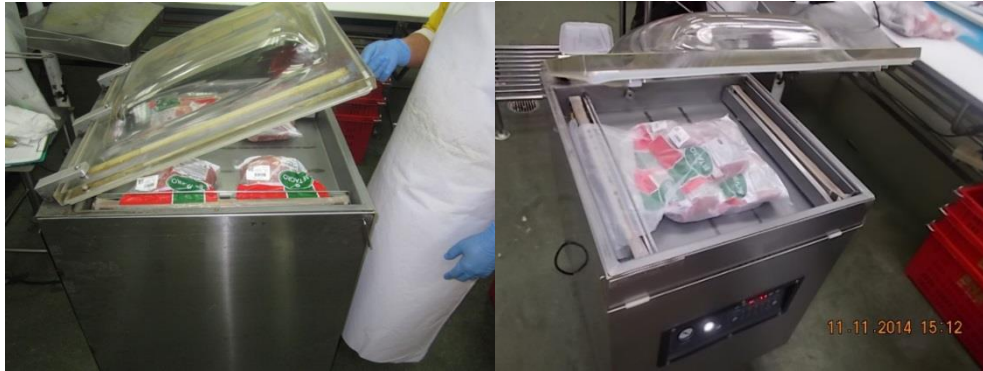
4.2) การบรรจุ จะนำเนื้อหมูที่ตัดแต่งได้ตามข้อกำหนดบรรจุลงในถาดและถุงที่จัดเตรียมไว้ จากนั้นนำไปทำการปิดผนึกโดยในการปิดผนึกจะมี 2 แบบคือ

4.2.1) ปิดผนึกด้วยแผ่นฟิล์ม เป็นการปิดผนึกถาดด้วยการใช้เครื่องปิดฟิล์ม โดยจะทำการนำสินค้าที่บรรจุถาด วางลงในช่องครึ่งละ 2 ถาดตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การปิดผนึกด้วยแผ่นฟิล์ม

4.2.2) ปิดถุงแบบสุญญากาศ เป็นการปิดผนึกถุงแบบดูดเอาอากาศภายในออกให้หมด โดยใช้เครื่องปิดผนึกถุงที่สามารถดูดอากาศออกได้ (Vacuum Pack) โดยจะทำการนำสินค้าที่บรรจุในถาด วางลงครึ่งละ 4 ถาด แบ่งออกเป็น 2 ข้างละ 2 ถาด ตามรูปที่ 4.7

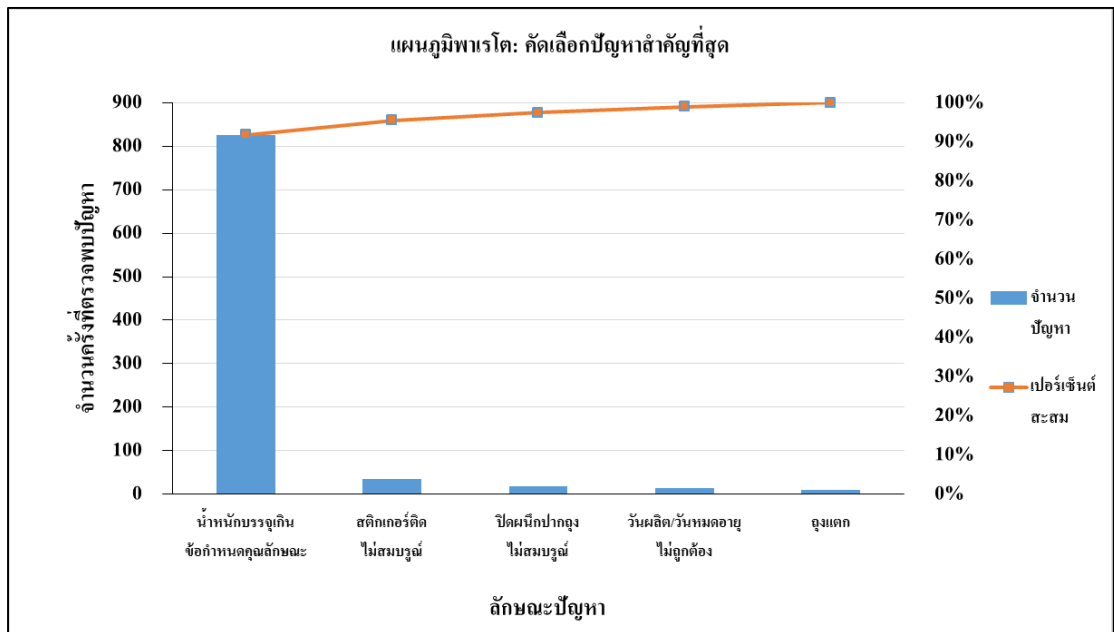


รูปที่ 4.7 การปิดถุงแบบสุญญากาศ

5) ขั้นตอนการจัดส่ง (Delivery) นำสินค้าที่ทำกรบรรจุได้ตามข้อกำหนด มาจัดตามจำนวนการสั่งซื้อ ของลูกค้า และบันทึกน้ำหนักเพื่อทำการออกใบส่งสินค้า (Invoice) ให้กับลูกค้า เมื่อทำการจัดตามรายลูกค้า ก็นำสินค้าทั้งหมดเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามข้อกำหนด จากนั้นก็นำสินค้าไหลคขึ้นรถขนส่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิรถเพื่อจัดส่งให้ลูกค้า ซึ่งจากทั้ง 5 ขั้นตอนพบว่า ขั้นตอนที่ส่งผลต่อการบรรจุน้ำหนักของสินค้าต่อถุงคือ ขั้นตอนการสไลด์ ขั้นตอนการตัดแต่งและขั้นตอนการบรรจุพร้อมชั่งน้ำหนัก เพราะพนักงานตัดแบ่งสินค้าให้ได้ขนาดตามข้อกำหนดด้วยการประมาณด้วยสายตาและในการบรรจุพบว่ามีการบรรจุที่เกินข้อกำหนดที่ 1,000 กรัม ถึง 1,010 กรัม

4.1.3 ปัญหาในกระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์และเป้าหมายในการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลการผลิตและรายงานการตรวจสอบสินค้าประจำวันของแผนกควบคุมคุณภาพ รวมถึงรายงานปัญหาด้านคุณภาพ พบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอยู่ 5 ปัญหาคือ น้ำหนักหลังบรรจุเกินที่กำหนดที่ 1,000 กรัมถึง 1,010 กรัม การปิดผนึกปากถุงไม่สมบูรณ์ ถุงแตก สติกเกอร์หลุด และระบวันผลิต/วันหมดอายุไม่ถูกต้อง เมื่อได้นำข้อมูลจำนวนครั้งของปัญหาที่พบบ่อยหลังตั้งแต่เดือน ตุลาคม ถึง เดือนธันวาคม 2557 ทั้งหมดจำนวน 900 ถุง ใน 90 วันจากทั้งหมด 90 lotการผลิต มาทำแผนภูมิพาเรโต เพื่อทำการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดตามกฎ 80:20 ได้ผลตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แผนภูมิพารेट แสดงลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์

จากแผนภูมิพารेटในรูปที่ 4.8 พบว่า ปัญหาน้ำหนักบรรจุเกินข้อกำหนดที่ 1,000 กรัมถึง 1,010 กรัมเพียงปัญหาเดียวมีความถี่รวมถึง 92 % ดังนั้นแสดงว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาหลักหรือ “Vital Few” ตามหลักของพารेट โดยหากสามารถแก้ปัญหานี้ได้จะสามารถลดความสูญเสียรวมได้ถึง 92 %

หลังจากที่ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์และปัญหาที่พบแล้ว จึงทำการกำหนดหัวข้อปัญหาและเป้าหมายในการทำงานวิจัยนี้คือ การลดน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัมถึง 1,010 กรัมต่อถุง

4.2 การวัดผลและการรวบรวมข้อมูลของกระบวนการในปัจจุบัน (Measure: M)

ขั้นตอนนี้ได้ทำการวัดความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันโดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด

ขั้นตอนนี้ได้วิเคราะห์ถึงแหล่งความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดที่เกิดจากสาเหตุใด ซึ่งในการทดลองต้องมีการควบคุมและต้องลดความผันแปรที่อาจส่งผลต่อการวัดเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูลที่ทำการเก็บบันทึก โดยในการทดลองนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการศึกษาคำรึพีททะบิลิตีและคำรึโปรควชิบิลิตีของระบบการวัด (GR&R) ดังนี้

1) กำหนดอุปกรณ์วัด ซึ่งได้ใช้เครื่องชั่งดิจิทัลพิทัก 3 กิโลกรัมอ่านค่าความละเอียดได้ 5 ตำแหน่ง โดยทำการสอบเทียบ (Calibrate) เครื่องชั่งที่ใช้ก่อน

2) เลือกชิ้นงานในการวัด คือสินค้าสามชั้นสไลด์ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัมที่บรรจุลงถุง

3) ทำการสุ่มพนักงานที่ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักประจำ 2 คนและพนักงานควบคุมคุณภาพ 2 คน

4) กำหนดขนาดของตัวอย่างชิ้นงาน คือขนาดตัวอย่างที่ทำการสุ่มมีจำนวน 20 ถุง โดยติดหมายเลขชิ้นงาน (Number the Parts) ไว้ โดยไม่ให้พนักงานรู้ว่าชิ้นงานที่กำลังวัดคือชิ้นงานหมายเลขใด

5) ดำเนินการทดลอง โดยสุ่มพนักงาน 1 คน จาก 4 คนและสุ่มถุงสินค้าสามชั้นสไลด์มาให้พนักงานชั่งและอ่านค่า โดยใช้วิธีการสุ่ม (Randomization) และทำการบันทึกข้อมูลที่อ่านได้ โดยต้องทดลองให้ครบ 20 ถุง จากนั้นก็สุ่มจนครบทุกคนและทำการทดลองเช่นเดียวกันจนครบ โดยได้ทำการวัดคนละ 3 ซ้ำ ซึ่งข้อมูลผลการทดสอบระบบการวัดแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1

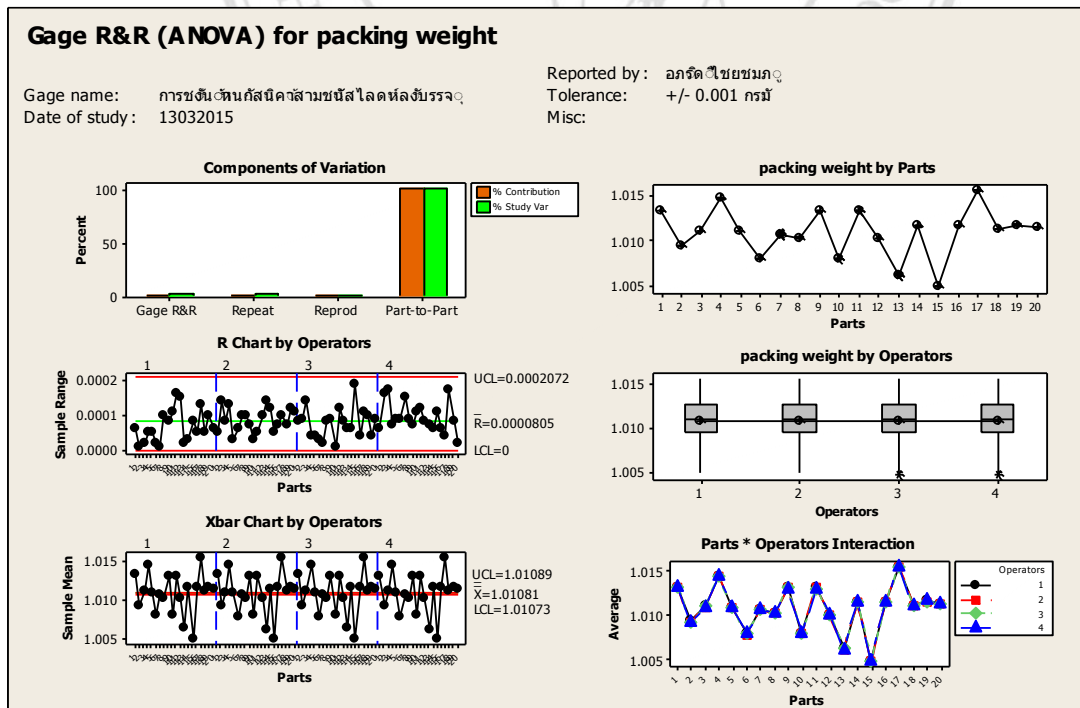
6) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการวิเคราะห์ระบบวัด เพื่อดูความเที่ยงตรงของเครื่องชั่งและความสามารถในการอ่านค่าน้ำหนักสินค้าของพนักงานว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่เพราะมีผลต่อการน้ำหนักสินค้าต่อถุง ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินผลระบบการวัด

การทดสอบระบบการวัด	ผลการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)	
	วิเคราะห์ระบบการวัด (%R&R)	ประเมินผลระบบการวัด (P/TV)
ความแปรปรวนจากระบบการวัด (Total Gauge R&R)	0.03	1.74
ความผันแปรจากสาเหตุความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกัน (Repeatability)	0.03	1.68
ความผันแปรจากสาเหตุความผันแปรระหว่างเงื่อนไข (Reproducibility)	0.00	0.45
ความแปรปรวนจากสาเหตุของพนักงาน (Operator)	0.00	0.45
ความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต (Part -To-Part)	99.97	99.98
ความแปรปรวนทั้งหมด (Total Variation)	100	100

จากตารางที่ 4.1 พบว่าจากการวิเคราะห์ระบบการวัด ในส่วนขององค์ประกอบของความแปรปรวนต่อความผันแปรโดยรวม(%R&R) มีค่าความแปรปรวนจากระบวนการผลิต 99.97 % และมีค่าความแปรปรวนของระบบการวัด 0.03 % ซึ่งมาจากสาเหตุด้านรีพีทเทบิลิตี้ ส่วนสาเหตุด้านรีโพรดิวซิเบิลิตี้มีค่าเป็น 0 ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับรีพีทเทบิลิตี้ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลของพนักงานวัดจะไม่มีนัยสำคัญต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด (กิตติศักดิ์, 2550) และเมื่อประเมินผลเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (P/TV) พบว่าความแปรปรวนจากระบบการวัดมีค่าเท่ากับ 1.74 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับความสามารถระบบการวัดที่น้อยกว่า 10 % ดังภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2

จากรูปที่ 4.9 กราฟแผนภูมิควบคุม R ได้วิเคราะห์โดยใช้กฎ “ 10 ต่อ 1” พบว่าระบบการวัดมีคุณสมบัติด้านความสามารถในการแยกความแตกต่างเพราะความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของเครื่องมือวัดสามารถแบ่งความผันแปรของกระบวนการหรือช่วงพิกัดข้อกำหนดเฉพาะออกได้มากกว่าสิบส่วน และในกราฟแผนภูมิควบคุม \bar{X} พบว่าความผันแปรจากสาเหตุของระบบการวัดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความผันแปรจากสาเหตุของกระบวนการผลิต ซึ่งได้ทำการพิจารณาควบคุมคู่กับค่า ndc ที่ต้องได้ค่าสูง จากข้อมูลจะเห็นว่ามีค่าสูงมากถึง 81 และจากกราฟอิทธิพลร่วม(interaction) ระหว่างพนักงานวัดและชิ้นงานวัด พบว่าเส้นกราฟไม่ตัดกันแสดงว่า ชิ้นงานวัดกับพนักงานไม่ขึ้นต่อกันคือไม่ว่าจะเปลี่ยนชิ้นงานหรือเปลี่ยนคนค่าวัดก็ไม่เปลี่ยน



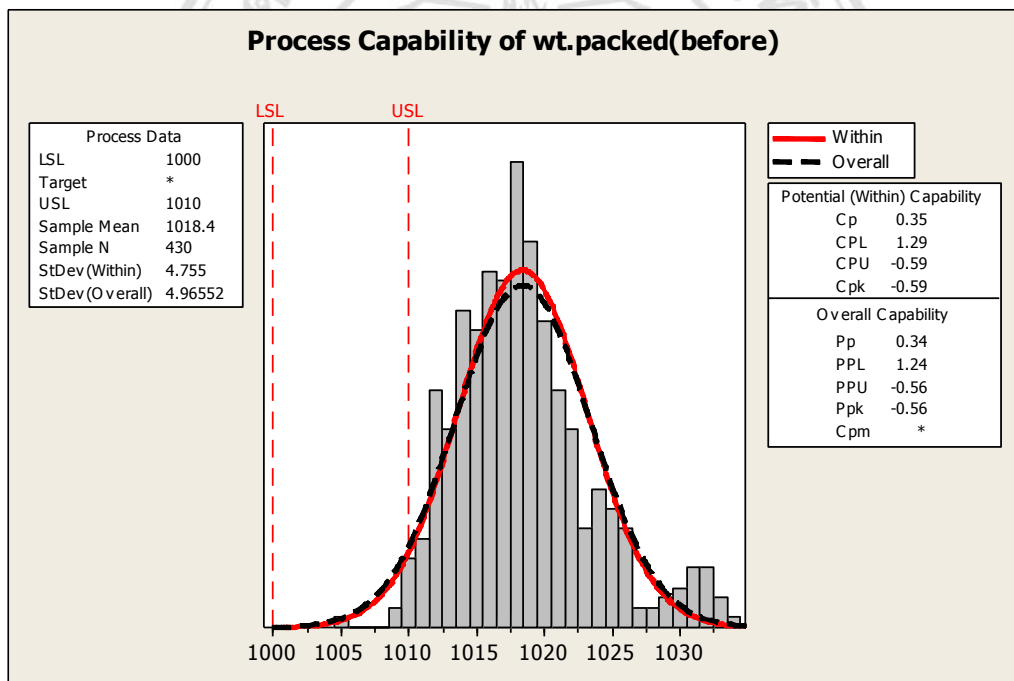
Number of Distinct Categories (ndc) = 81

รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ GR&R

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ระบบการวัด สรุปได้ว่าสามารถยอมรับความสามารถของกระบวนการได้ เพราะไม่มีสาเหตุที่เกิดจากความผันแปรของผลการวัดค่าจากเครื่องมือวัด

1.2.2 การวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ต่อมาได้ศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน (ก่อนการปรับปรุง) โดยนำข้อมูลน้ำหนักหลังบรรจุของเดือนมกราคม ในปี 2558 จำนวน 430 ข้อมูล ดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 มาทำการวิเคราะห์เพื่อวัดความสามารถของกระบวนการ และมาสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรมศึกษาการกระจายตัวของข้อมูล ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.10



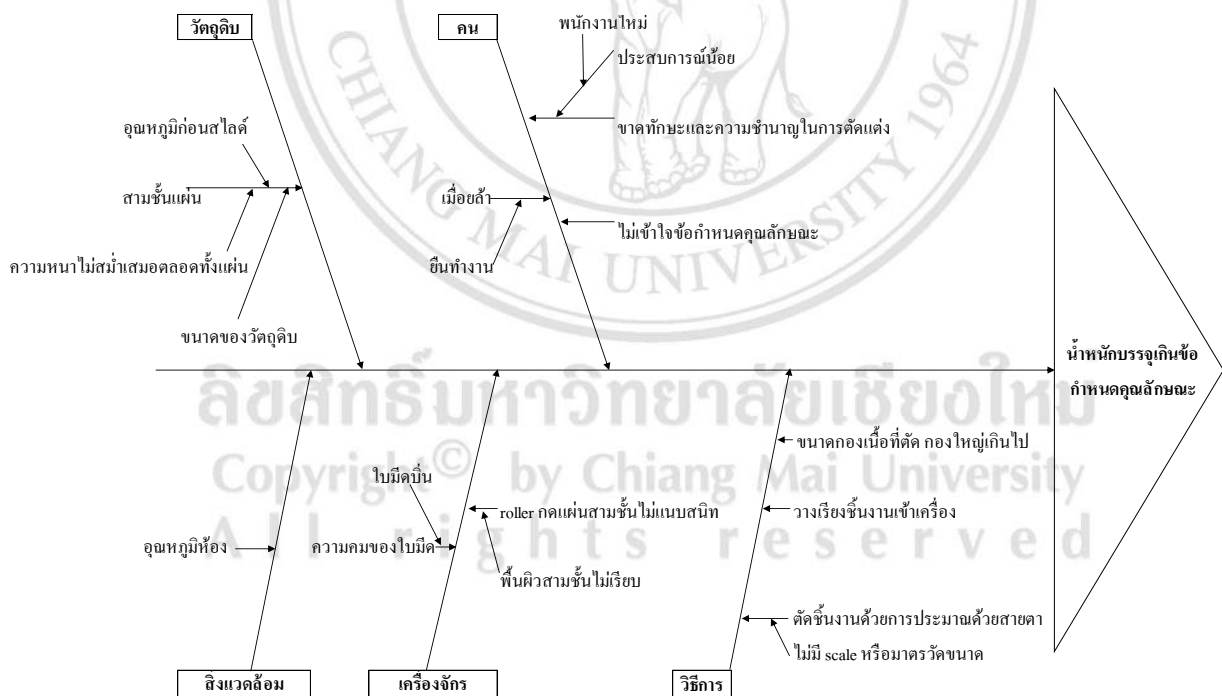
รูปที่ 4.10 ค่าการกระจายตัวน้ำหนักสินค้าหลังการบรรจุก่อนการปรับปรุง

ซึ่งจากรูปที่ 4.10 พบว่าน้ำหนักส่วนใหญ่เกินช่วงที่กำหนดของพิสัยข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (Upper Specification Limit: USL) ที่ 1,010 กรัม และเมื่อดูค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก (mean) พบว่าอยู่ที่ 1,018.4 กรัมต่อถุง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) อยู่ที่ 4.965 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสามารถเชิงศักยภาพของกระบวนการ (C_p) อยู่ที่ 0.35 ซึ่งเมื่อเทียบกับตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก จะพบว่ากระบวนการไม่มีความสามารถด้านศักยภาพ และเมื่อเทียบกับความสามารถเชิงสมรรถนะของกระบวนการที่กระทำได้จริง (C_{pk}) ที่มีค่าดัชนีอยู่ที่ -0.59 ค่า $C_{pk} < 0$ แปลว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่

นอกข้อกำหนดคุณลักษณะ และนอกจากนี้ค่า C_{pk} น้อยกว่าค่าดัชนี C_p แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่กระบวนการทำ ได้จริงในการศึกษาระยะสั้นๆ ไม่เป็นไปตามสิ่งที่กระบวนการควรจะทำให้ ต้องมีการปรับกระบวนการ ควบคุมใหม่เพื่อให้ค่าอยู่ตรงกลางของข้อกำหนด

4.3 การวิเคราะห์ (Analysis: A)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาน้ำหนักบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ โดยทำการ วิเคราะห์ด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ตามรูปที่ 4.11 ซึ่งได้จากการระดม สมอง ร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ผู้จัดการแผนกผลิต ผู้จัดการส่วนควบคุมคุณภาพ ผู้จัดการส่วน วิศวกรรม ผู้จัดการส่วนไอเซ็น เจ้าหน้าที่ผลิต เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ วิศวกรไอเซ็น และเจ้าหน้าที่วิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์ตามหลัก 4M 1E อัน ได้แก่ คน (Man), วิธีการ (Method), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material) และสิ่งแวดล้อม (Environment)



รูปที่ 4.11 แผนผังแสดงเหตุและผล(Cause and Effect Diagram)

จากนั้นทำการระบุสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหามากที่สุด โดยการประเมินตัวเลขความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) ซึ่งมาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ ความรุนแรงของความผิดพลาด

(Severity, S) โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (Occurrence, O) และ โอกาสที่พบ (Detection, D) หลังจากนั้นจัดลำดับ RPN เพื่อถ่วงน้ำหนักปัจจัยที่เป็นปัจจัยหลักในการทำให้น้ำหนักหลังบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ โดยผลประเมินค่าคะแนนความเสี่ยงในการเกิดปัญหาจากการประเมินของผู้จัดการโรงงาน ผู้จัดการแผนกผลิต ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมและวิศวกรไคเซ็นเป็นผู้ร่วมการประเมิน ผลการประเมินตัวเลขความเสี่ยงดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง

สาเหตุ	ความรุนแรงของความผิดพลาด (Severity)	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (Occurrence)	โอกาสที่พบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
คน (Man)							
1. พนักงานใหม่	ซั่งน้ำหนักเกิน	เกิดไม่เกิน 5 ครั้ง เพราะมีพี่เลี้ยงคอยควบคุม	มากกว่า 25 ครั้ง เพราะมีตรวจสอบ	5	1	1	5
2. พนักงานขึ้นทำงานทำให้เมื่อยล้า	ประสิทธิภาพการทำงานลดลง	เกิดไม่เกิน 5 ครั้ง เพราะมีการกายบริหารในกระบวนการ	มากกว่า 25 ครั้ง เพราะมีการตรวจสอบอากาศเจ็บป่วยพนักงานทุกวัน	2	1	1	2
3. ไม่เข้าใจข้อกำหนดคุณลักษณะ	ซั่งน้ำหนักเกินหลังการบรรจุ	เกิดเฉลี่ย 7 ครั้งต่อเดือน เพราะมีพนักงานจากจุดอื่นมาทำแทน	มากกว่า 25 ครั้ง เพราะมีการควบคุมด้วยการประชุมพนักงานทุกสัปดาห์	5	2	1	10

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง(ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรงของ ความผิดพลาด (Severity)	โอกาสที่จะเกิดความ ผิดพลาด (Occurance)	โอกาสที่พบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
วัตถุดิบ (Material)							
1. อุณหภูมิ ก่อนสไลด์	น้ำหนักต่อชิ้นไม่ คงที่เพราะขนาด ของ สาม ชั้น สไลด์ไม่ได้ 5 มิลลิเมตร	เกิดทุกวันประมาณ 23-26 ครั้ง เพราะ อุณหภูมิวัตถุดิบไม่ สม่ำเสมอ	0 ครั้งเพราะไม่ มีการควบคุม อุณหภูมิและ ตรวจสอบ	5	5	5	125
2. ความหนา ไม่สม่ำเสมอ ตลอดทั้งแผ่น	น้ำหนักต่อชิ้นไม่ คงที่เพราะขนาด ของ สาม ชั้น สไลด์มีความยาว ห ลั ง ตั ค ้ ะ ไม่ สม่ำเสมอ	เกิด 0 ครั้งเพราะมีการ ตัดแต่งส่วนที่หนา ออก	ไม่เกิน 15 ครั้ง เพราะมีการสุ่ม ตรวจความ หนา 50%	5	1	3	15
3. ข น ำ ด ความกว้าง ของวัตถุดิบ	น้ำหนักต่อชิ้นไม่ คงที่เพราะขนาด ความกว้างของ ชิ้นเนื้อไม่เท่ากัน พนักงานจะตัด แบ่งไม่ให้เกิด เศษ	เกิดไม่เกิน 15 ครั้งจะ ขึ้นอยู่กับขนาดของ สุกรมี่ชีวิตที่เข้ามา	0 ครั้งเพราะไม่ มีการควบคุม ความกว้าง	5	3	5	75

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง(ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรงของ ความผิดพลาด (Severity)	โอกาสที่จะเกิด ความผิดพลาด (Occurrence)	โอกาสที่พบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
วิธีการ (Method)							
1. ขนาด กองเนื้อที่ ตัด กอ ใหญ่เกินไป	ตัดชิ้นงานไม่ขาด	เกิดมากกว่า 20 ครั้ง เพราะ พนักงาน มี ประสบการณ์นาน	เจอบางครั้ง 25 ครั้ง	2	5	1	10
2. การวาง ชิ้นเนื้อ วัตถุดิบเข้า เครื่อง	น้ำหนักต่อชิ้นไม่ คงที่และมีความ หนาไม่ได้ตาม ข้อกำหนดเพราะ ไม่มีการกำหนด ลักษณะการวางทำ ให้หนังลอก	เกิดขึ้น 15-20 ครั้ง	ไม่มีการตรวจสอบ (เจอ 0 ครั้ง)	5	4	5	100
3. ไม่ มี มาตรวัด ขนาดทำให้ พนักงานตัด ชิ้นงานกะ ด้วยสายตา	ขนาดความกว้าง หลังตัดไม่ตรงตาม ข้อกำหนดทำให้ น้ำหนักต่อชิ้นไม่ คงที่	เกิดขึ้นทุกวัน(24- 26 ครั้ง) เพราะ พนักงาน กะด้วยสายตาจึงไม่ มีความแม่นยำ	ตรวจพบไม่เกิน 5 ครั้งเพราะมีการ สุ่มตรวจวัด 5- 10% จากผลผลิต จำนวนชิ้นทั้งหมด	5	5	4	100

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง(ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรงของ ความผิดพลาด (Severity)	โอกาสที่จะเกิด ความผิดพลาด (Occurrence)	โอกาสที่พบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
เครื่องจักร (Machine)							
1. ไบมีดบิ่น	ประสิทธิภาพ ลดลงเพราะตัด ชิ้นงานไม่ขาดทำ ให้ต้องหยุด เครื่องจักรบ่อย และทำให้สินค้ามี สิ่งแปลก ปลอมปนได้	0 ครั้งเพราะ เป็นไบมีดใหม่	ตรวจเจอ 24- 26 ครั้งเพราะ มีการ ตรวจสอบ ไบมีดทุกวัน ก่อนใช้งาน	4	1	1	4
2. พื้นผิวของสาม ชั้นแผ่นไม่เรียบทำ ให้การกดของโร เลอร์ (Roller) ไม่ แนบสนิท	ขนาดความหนา ของชั้นสามชั้น สไลด์ไม่ได้ที่ 5 มิลลิเมตรเพราะมี การเคลื่อนของ วัตถุคียบเมื่อไม่ถูก การกดทำให้ น้ำหนักต่อชั้นไม่ คงที่	0 ครั้งเพราะมี การจัดเรียง ก่อนเข้าเครื่อง สไลด์อัตโนมัติ	ตรวจเจอ 24- 25 ครั้งเพราะ มีการรีดผิว ของสามชั้น ทุกแผ่นให้ เรียบก่อนทำ การแช่แข็ง	5	1	1	5

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง(ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรงของ ความผิดพลาด (Severity)	โอกาสที่จะ เกิดความ ผิดพลาด (Occurrence)	โอกาสที่พบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
สิ่งแวดล้อม (Environment)							
1. อุณหภูมิห้อง	ทำให้มีน้ำในถุง เพราะมีการ สูญเสียน้ำหลัง การบรรจุ	เกิด 5 ครั้ง เพราะ พนักงาน ไม่ได้เก็บเข้า ห้องเย็นทันที	ตรวจทุกวัน หรือ ประมาณ 25 ครั้ง เพราะมีการควบคุม อุณหภูมิหลังการบรรจุ และก่อนการจัดเก็บ	5	2	1	10

เมื่อทำการสรุปค่าคะแนนความเสี่ยงที่ส่งผลต่อปัญหาน้ำหนักบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ ได้
แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าคะแนนความเสี่ยงที่ส่งผลต่อปัญหาน้ำหนักบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ

สาเหตุของปัญหา	ค่าคะแนน ความเสี่ยง	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์ สะสม
1. อุณหภูมิก่อนสไลด์	125	27.11%	27.11%
2. การวางชิ้นเนื้อวัตถุดิบเข้าเครื่อง	100	21.69%	48.81%
3. ไม่มีมาตรวัดขนาดทำให้พนักงานตัดชิ้นงานกะด้วย สายตา	100	21.69%	70.50%
4. ขนาดความกว้างของวัตถุดิบ	75	16.27%	86.77%
5. ความหนาไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น	15	3.25%	90.02%

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าคะแนนความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาน้ำหนักบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ(ต่อ)

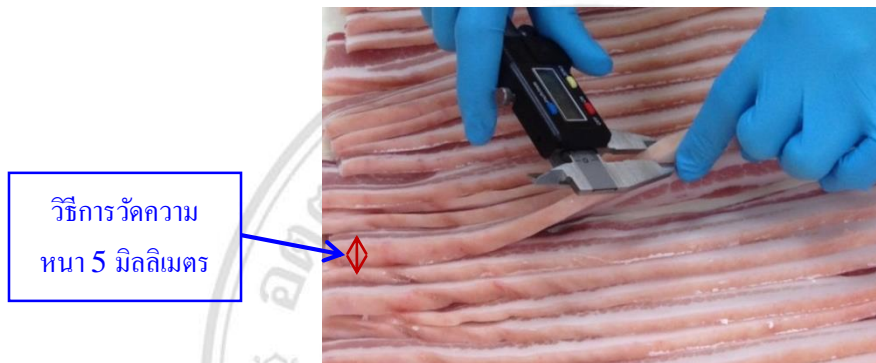
สาเหตุของปัญหา	ค่าคะแนนความเสี่ยง	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
6. ไม่เข้าใจข้อกำหนดคุณลักษณะ	10	2.17%	92.19%
7. ขนาดกองเนื้อที่ตัด กองใหญ่เกินไป	10	2.17%	94.36%
8. อุณหภูมิห้อง	10	2.17%	96.53%
9. พนักงานใหม่	5	1.08%	97.61%
10. พื้นผิวของสามชั้นแผ่นไม่เรียบทำให้การกดของโรลเลอร์(Roller) ไม่แนบสนิท	5	1.08%	98.70%
11. ไบมีดบิ่น	4	0.87%	99.57%
12. พนักงานยื่นทำงานทำให้เมื่อยล้า	2	0.43%	100.00%

จากตารางที่ 4.3 พบว่า มี 4 สาเหตุ ที่มีค่าระดับความเสี่ยงก่อให้เกิดปัญหาถึง 86.77 เปอร์เซ็นต์จากสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาทั้งหมด ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- 1) อุณหภูมิก่อนสไลด์ เนื่องจากถ้าอุณหภูมิวัตถุดิบสูงมากกว่า 0 องศาเซลเซียสส่งผลให้เนื้อนึ่งซึ่งเมื่อนำเข้าเครื่องสไลด์ ไบมีดไม่สามารถตัดได้และถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า -2 องศาเซลเซียส ไบมีดของเครื่องสไลด์ก็ไม่สามารถตัดได้เช่นกันเพราะเนื้อแข็งเกินกว่าที่ไบมีดรับได้
- 2) การวางชั้นเนื้อวัตถุดิบเข้าเครื่องเนื่องจากวัตถุดิบมีลักษณะที่ต่างกันคือด้านบนมีหนังปกคลุมซึ่งมีความเหนียวและด้านล่างจะมีเนื้อปกคลุมซึ่งมีความนุ่ม นอกจากนี้วัตถุดิบมีความหนาไม่เท่ากันทั้งแผ่น โดยด้านที่ติดสันนอกมีความหนามากกว่าด้านช่องท้องเพราะมีชั้นมันมากจึงทำให้เนื้อด้านนี้แน่น ในขณะที่ส่วนด้านช่องท้องส่วนใหญ่มีเนื้อเยื่อจึงมีลักษณะที่นุ่ม ซึ่งจากลักษณะที่ต่างกันของวัตถุดิบทำให้เมื่อเข้าเครื่องสไลด์ไบมีดไม่สามารถตัดได้ทำให้สามชั้นสไลด์ที่ได้มีความหนาที่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งชิ้น
- 3) ไม่มีมาตรวัดขนาดทำให้พนักงานตัดชิ้นงานประมาณด้วยสายตาทำให้ขนาดของชิ้นสามชั้นสไลด์หลังตัดไม่เท่ากัน
- 4) ขนาดความกว้างของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอทั้งแผ่นทำให้เมื่อตัดเป็นชิ้นเพื่อให้ได้ความกว้างข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 2.5 นิ้วและ 1.5 นิ้ว ไม่ได้เท่ากันทุกชิ้น

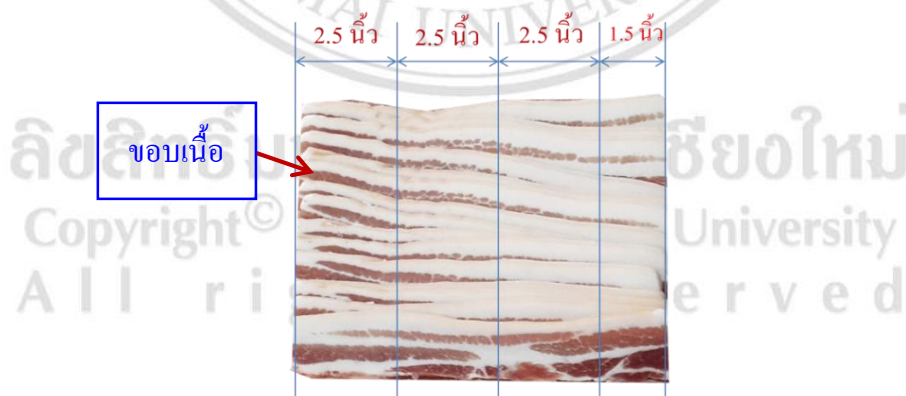
จากสาเหตุของปัญหาทั้ง 4 สาเหตุ ส่งผลทำให้น้ำหนักหลังบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัม เพราะพนักงานไม่สามารถรู้น้ำหนักต่อชิ้นที่แน่นอนได้ แบ่งได้ออกเป็น 2 กรณีคือ

1) น้ำหนักต่อชิ้นไม่คงที่เพราะความหนาของสามชั้นสไลด์ไม่ได้ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรซึ่งเกิดจากสาเหตุของอุณหภูมิวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่องสไลด์อัตโนมัติ และการวางชิ้นเนื้อวัตถุดิบเข้าเครื่อง โดยในการวัดความหนาของสามชั้นที่สไลด์ออกมาจากเครื่องสไลด์จะวัดจากขอบหนึ่งด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วิธีการวัดความหนาของหมูสามชั้นสไลด์

2) น้ำหนักต่อชิ้นไม่คงที่เพราะขนาดความกว้างของชิ้นเนื้อไม่เท่ากันตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว เกิดจากสาเหตุไม่มีมาตรการขนาดทำให้พนักงานตัดชิ้นงานประมาณด้วยสายตาและขนาดความกว้างของวัตถุดิบที่ไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีการวัดความกว้างจะวัดจากขอบเนื้อด้านหนึ่งไปยังอีกด้านของสามชั้นสไลด์โดยต้องให้มีขนาดตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 วิธีการวัดความกว้างเพื่อให้ตรงตามข้อกำหนดคุณลักษณะ

ซึ่งเมื่อทำการปรับปรุงจะสามารถลดน้ำหนักการบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัมต่อถุงได้ เพราะควบคุมความหนาของสามชั้นสไลด์และขนาดความ

กว้างหลังตัดเป็นชิ้นให้มีขนาดเท่ากันทุกชิ้น ทำให้พนักงานสามารถรู้น้ำหนักต่อชิ้นได้แม่นยำขึ้นส่งผลให้สามารถชั่งน้ำหนักต่อถุงให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะ

4.4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุจากแผนผังสาเหตุและผลและจากการประเมินความเสี่ยงในข้อ 4.3 พบว่าสาเหตุทั้ง 4 ข้อดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น มีผลต่อน้ำหนักต่อชิ้นไม่คงที่เพราะความหนาของสามชั้นที่สไลด์ไม่ได้ขนาดตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร ซึ่งจากการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงพบว่าเมื่อมีการเก็บข้อมูล 25 ครั้งมีค่าเฉลี่ยของผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์เมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ 5 มิลลิเมตรอยู่ที่ 0.57 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลต่างความหนาของหมุสามชั้นสไลด์ก่อนการปรับปรุง

ลำดับ	ความหนาของสามชั้นสไลด์ก่อนการปรับปรุง(มิลลิเมตร)	ผลต่างจากค่าเป้าหมาย (ข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร)	ค่าสมบูรณ์ผลต่าง (Absolute)
1	5.26	0.26	0.26
2	3.24	-1.76	1.76
3	3.48	-1.52	1.52
4	5.06	0.06	0.06
5	4.29	-0.71	0.71
6	4.49	-0.51	0.51
7	4.78	-0.22	0.22
8	4.72	-0.28	0.28
9	5.12	0.12	0.12
10	4.05	-0.95	0.95
11	5.02	0.02	0.02
12	3.86	-1.14	1.14

ตารางที่ 4.4 ผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์ก่อนการปรับปรุง(ต่อ)

ลำดับ	ความหนาของสามชั้นสไลด์ ก่อนการปรับปรุง(มิลลิเมตร)	ผลต่างจากค่าเป้าหมาย (ข้อกำหนดคุณลักษณะ ที่ 5 มิลลิเมตร)	ค่าสมบูรณ์ผลต่าง (Absolute)
13	5.22	0.22	0.22
14	4.28	-0.72	0.72
15	4.56	-0.44	0.44
16	3.88	-1.12	1.12
17	5.16	0.16	0.16
18	5.02	0.02	0.02
19	4.57	-0.43	0.43
20	4.34	-0.66	0.66
21	3.88	-1.12	1.12
22	3.76	-1.24	1.24
23	4.83	-0.17	0.17
24	4.29	-0.71	0.71
25	4.87	-0.13	0.13
ค่าเฉลี่ยของผลต่าง			0.57

นอกจากนี้พบว่า การตัดสามชั้นสไลด์ที่มีลักษณะเป็นเส้นให้มีขนาดเป็นชั้นเล็กกว่าความกว้างที่ 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว ไม่มีความสม่ำเสมอทุกชิ้น เนื่องจากพนักงานตัดชิ้นงานกะด้วยสายตา และจากขนาดความกว้างของวัตถุคิบบที่ไม่มี ความสม่ำเสมอทำให้เนื่องจากพนักงานไม่ได้ทำการจัดขอบของสามชั้นที่สไลด์ออกมาแล้วให้เท่ากันก่อนตัดดังนั้นจึงทำขนาดไม่มีความสม่ำเสมอ ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ในขั้นตอนการซั่งน้ำหนักรพบปัญหาน้ำหนักหลังบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะ

ดังนั้นเพื่อที่จะลดสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงวิธีการทำงานด้วยเทคนิคดังต่อไปนี้

1) เทคนิคการออกแบบการทดลอง นำมาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการสไลด์สินค้าจากเครื่องสไลด์อัตโนมัติ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้สามชั้นสไลด์มีความหนาตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.14 เพราะถ้าขนาดความหนาของสามชั้นที่สไลด์ไม่ได้จะทำให้น้ำหนักต่อชิ้นไม่เท่ากัน เมื่อทำการตัดแบ่ง

ตามข้อกำหนดคุณลักษณะเพราะแต่ละชิ้นมีความหนาที่ไม่เท่ากันทำให้ชั่งน้ำหนักต่อถุงเกินข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัม ดังนั้นจึงใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองมาช่วยในการปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตสามชั้นสไลด์โดยใช้เครื่องสไลด์อัตโนมัติ (Auto Slicer Machine) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ให้ได้ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.14 ขั้นตอนการสไลด์ที่ส่งผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

2) เทคนิคการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ขนาด 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว ซึ่งในขั้นตอนนี้ ได้ทำหลังจากที่ได้ปรับปรุงตามข้อที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.15 โดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) ด้วยการกำจัดการทำงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวมงาน (Combine) การจัดลำดับงานใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) เพื่อลดการทำงานด้วยการกะประมาณด้วยสายตาของพนักงานทำให้ขนาดหลังการตัดไม่ได้ตามข้อกำหนดที่ 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว ทุกชิ้น



รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการตัดสามชั้นสไลด์ที่เป็นเส้นให้เป็นชิ้นตามขนาด

4.4.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์เมื่อตัดด้วยเครื่องสไลด์อัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง

1) การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

จากที่ได้ระดมสมองกับผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตสินค้าสามชั้นสไลด์ ได้แก่ ผู้จัดการแผนกผลิต ผู้จัดการส่วนควบคุมคุณภาพ ผู้จัดการส่วนวิศวกรรม ผู้จัดการส่วนไคเซ็น เจ้าหน้าที่ผลิต เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ วิศวกรไคเซ็น และเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้คัดเลือกปัจจัยที่อาจจะมีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ โดยมีเป้าหมายที่ข้อกำหนดคุณลักษณะ 5 มิลลิเมตร ได้แก่คือ อุณหภูมิของวัตถุดิบ (Raw Material Temperature) และการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่อง แต่ในการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบ พบว่ามีการวางชั้นเนื้อ 2 ลักษณะคือ

- 1) วางแบนนำด้านเนื้อสันนอกเข้าหาใบมีดหรือวางแบนนำด้านช่องท้องเข้าหาใบมีด ดังรูปที่

4.16



ด้านติดสันนอก



ด้านช่องท้อง

รูปที่ 4.16 ลักษณะด้านเนื้อสันนอกและด้านช่องท้องของสามชั้นแผ่น

2) วางแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ ดังรูปที่ 4.17



คว่ำเนื้อ

หงายเนื้อ

รูปที่ 4.17 ลักษณะการวางเนื้อแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดปัจจัยที่อาจจะมีผลต่อขนาดความหนาของสามชั้นสไลด์ในขั้นตอนการสไลด์โดยใช้เครื่องสไลด์อัตโนมัติโดยมีขนาดเป้าหมายที่ 5 มิลลิเมตรเป็นจำนวน 3 ปัจจัยคือ

- 1) อุณหภูมิของวัตถุดิบ
- 2) วางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบนำด้านติดสันนอกเข้าหาใบมีดหรือนำด้านช่องท้องเข้าหาใบมีด
- 3) วางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อ(S) หรือหงายเนื้อ(M)

ในแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ โดยปัจจัยอุณหภูมิของวัตถุดิบเลือกที่ระดับสูงสุดและต่ำสุดตามข้อกำหนดของเครื่องสไลด์อัตโนมัติ ดังนั้นจึงกำหนดที่อุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียสและ 0 องศาเซลเซียส ส่วนการวางเนื้อทั้ง 2 ปัจจัย มีเพียง 2 ระดับอยู่แล้วตามลักษณะธรรมชาติของวัตถุดิบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ระดับต่ำ (-1)	ระดับสูง (1)	
A	อุณหภูมิของวัตถุดิบ	-2	0	องศาเซลเซียส
B	การวางชั้นเนื้อวัตถุดิบ	ด้านติดสันนอก	ด้านช่องท้อง	
C	แบบการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบ	คว่ำเนื้อ	หงายเนื้อ	

โดยในแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปัจจัยอุณหภูมิวัตถุข (A) มีผลต่อการตัดของใบมีดเครื่องสไลด์อัตโนมัติ ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนระดับจะส่งผลให้ใบมีดของเครื่องสไลด์ไม่สามารถตัดหนังของวัตถุขขนาดได้เพราะลักษณะของหนังมีความเหนียวและมีความยืดหยุ่น ดังนั้นผู้วิจัยได้ตั้งค่าที่ระดับต่ำเป็นอุณหภูมิที่ -2 องศาเซลเซียส เพราะเป็นอุณหภูมิที่เครื่องสไลด์อัตโนมัติสามารถรับได้สูงที่สุดเพราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า -2 องศาเซลเซียส ใบมีดจะไม่สามารถตัดได้และทำให้ใบมีดแตกบิ่นได้และตั้งค่าที่ระดับสูงเป็นที่ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงสุดที่เครื่องสไลด์สามารถตัดได้ เพราะถ้าสูงกว่าที่ 0 องศาเซลเซียสเครื่องสไลด์จะไม่สามารถตัดได้เพราะลักษณะของวัตถุขจะนิ่ม ไม่มีความแน่นของชิ้นเนื้อ ซึ่งตามหลักการการสไลด์ของเครื่องสไลด์อัตโนมัติ วัตถุขที่ป้อนเข้าเครื่องต้องมีลักษณะกึ่งแข็งเพื่อให้เครื่องสไลด์สามารถตัดหนังได้ ซึ่งจะส่งทำให้ได้ความหนาตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร

2) ปัจจัยการวางชิ้นเนื้อเข้าหาใบมีด (B) มีผลต่อการตัดของเครื่องสไลด์อัตโนมัติเพื่อให้ได้ความหนาของสามชั้นสไลด์ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรเพราะลักษณะของวัตถุขมีความหนาไม่เท่ากันดังรูปที่ 4.16 คือ ด้านที่ติดสันนอกมีความหนามากกว่าด้านช่องท้องเพราะมีชั้นมันมากจึงทำให้เนื้อด้านนี้แน่น ในขณะที่ส่วนด้านช่องท้องส่วนใหญ่มีเนื้อเยื่อจึงมีลักษณะที่นิ่ม ซึ่งจากลักษณะที่ต่างกันของวัตถุขทำให้เมื่อเข้าเครื่องสไลด์ใบมีดไม่สามารถตัดได้ทำให้สามชั้นสไลด์ที่ได้มีความหนาที่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งชิ้น ดังนั้นการตั้งค่าได้ตั้งตามลักษณะด้านที่หนาและด้านที่บางดังนี้ที่ระดับต่ำเป็นการนำด้านเนื้อสันนอกเข้าหาใบมีด ส่วนที่ระดับสูงเป็นการนำด้านช่องท้องเข้าหาใบมีด

3) ปัจจัยการวางชิ้นเนื้อ (C) มีผลต่อการตัดของเครื่องสไลด์อัตโนมัติเพื่อให้ได้ความหนาของสามชั้นสไลด์ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรเช่นกัน เพราะวัตถุขมี 2 ด้านคือด้านบนมีหนังปกคลุมซึ่งมีความเหนียว และด้านล่างจะมีเนื้อปกคลุมซึ่งมีความนิ่ม ดังรูปที่ 4.17 ซึ่งจากทั้ง 2 ด้านจะให้ความหนาของสามชั้นสไลด์ที่ได้มีความหนาที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นผู้วิจัยได้ตั้งค่าระดับต่ำเป็นแบบคว่ำเนื้อคือเป็นการเอาด้านหนังขึ้น และระดับสูงเป็นแบบหงายเนื้อคือเอาเนื้อขึ้น

หลังจากได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแล้ว จึงได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน (Full Factorial Design) คือ 2^3 เท่ากับ 8 การทดลอง ทำซ้ำ 2 ครั้ง รวมเป็น 16 การทดลอง โดยในแต่ละการทดลองใช้สามชั้นแผ่นที่ตัดให้ได้ขนาดกว้าง 9 นิ้ว จำนวน 1 แผ่นต่อ 1 การทดลอง มาทำการศึกษาว่าเมื่อเข้าเครื่องสไลด์อัตโนมัติตามเงื่อนไขการทดลองที่กำหนดแล้วขนาดความหนาของสามชั้นที่สไลด์แล้วต่างจากค่าเป้าหมาย 5 มิลลิเมตรเพียงใด

โดยในการทดลองนี้ได้ยึดหลักการออกแบบการทดลอง 3 ข้อคือ

- 1) การทำซ้ำ (Replication) โดยในแต่ละเงื่อนไขการทดลองจะทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งเพื่อยืนยันผลการทดลอง
- 2) การสุ่ม (Randomization) การทำการทดลองโดยการสุ่มนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมมินิแทปในการสร้างลำดับการสุ่ม
- 3) การป้องกันปัจจัยรบกวน (Blocking) ควบคุมปัจจัยอื่นๆที่จะมีผลต่อการทดลองให้คงที่ เพื่อป้องกันผลกระทบที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน โดยการใช้ผู้ทำการทดลองเป็นบุคคลคนเดียว ทำการทดลองในวันเดียวกันเพราะในงานวิจัยนี้มีเรื่องของอุณหภูมิเกี่ยวข้องทั้งอุณหภูมิห้องการผลิต อุณหภูมิของวัตถุดิบ ซึ่งทั้ง 2 อุณหภูมิมีความแปรผันโดยตรงต่อกันคือเมื่ออุณหภูมิห้องสูงอุณหภูมิวัตถุดิบก็สูงตาม ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองภายในวันเดียวกัน เพื่อที่จะควบคุมสถานะของอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงเดียวกัน เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดเดียวกันทั้งหมด และเครื่องมือวัดในการทดลองได้ถูกทวนสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานก่อนทำการทดลองทุกครั้ง

ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลอง

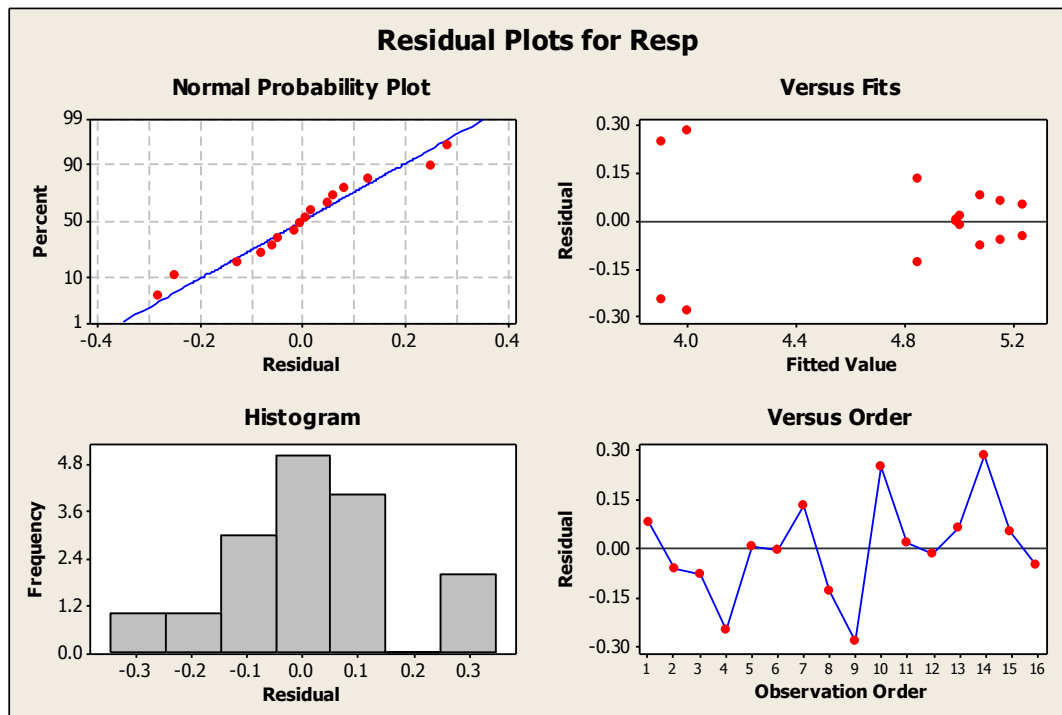
ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ลำดับการทดลองตามตารางสุ่ม	ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิของวัตถุคิบ (A)	ปัจจัยที่ 2 นำด้านสั้นนอก/ช่องห้อง (B)	ปัจจัยที่ 3 กว้างเนื้อ/หงายเนื้อ (C)	ความหนาของสามชั้นสไลด์ (มิลลิเมตร) (Y)	ค่าเป้าหมายตามข้อกำหนดคุณลักษณะ (มิลลิเมตร) (S)	ผลต่างเทียบกับค่าเป้าหมาย S-Y	ค่าสมบูรณ์ (Absolute) S-Y
1	3	-1	-1	-1	5.00	5.00	0.00	0.00
2	5	1	-1	-1	5.00	5.00	0.00	0.00
3	2	-1	1	-1	5.10	5.00	0.10	0.10
4	7	1	1	-1	4.98	5.00	-0.02	0.02
5	15	-1	-1	1	5.29	5.00	0.29	0.29
6	14	1	-1	1	4.28	5.00	-0.72	0.72
7	11	-1	1	1	5.02	5.00	0.02	0.02
8	4	1	1	-1	3.65	5.00	-1.35	1.35
9	1	-1	-1	-1	5.16	5.00	0.16	0.16
10	6	1	-1	-1	4.99	5.00	-0.01	0.01
11	13	-1	1	-1	5.22	5.00	0.22	0.22
12	8	1	1	-1	4.72	5.00	-0.01	0.01
13	16	-1	-1	1	5.19	5.00	0.19	0.19
14	9	1	-1	1	3.71	5.00	-1.29	1.29
15	12	-1	1	1	4.99	5.00	-0.01	0.01
16	10	1	1	1	4.15	5.00	-0.85	0.85
ผลต่างเฉลี่ย								0.34

หมายเหตุ: ผลตอบ (Y) คือค่าความหนาของสามชั้นสไลด์ที่วัดได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการสุ่มสามชั้นสไลด์ 15 ชั้นต่อสามชั้นแผ่น 1 แผ่นที่ขนาด 9 นิ้ว โดยสามชั้น 1 แผ่นสไลด์ได้ประมาณ 40-50 ชั้น

2) การตรวจสอบความเพียงพอและความถูกต้องของแบบจำลอง

จากนั้นได้นำข้อมูลจากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

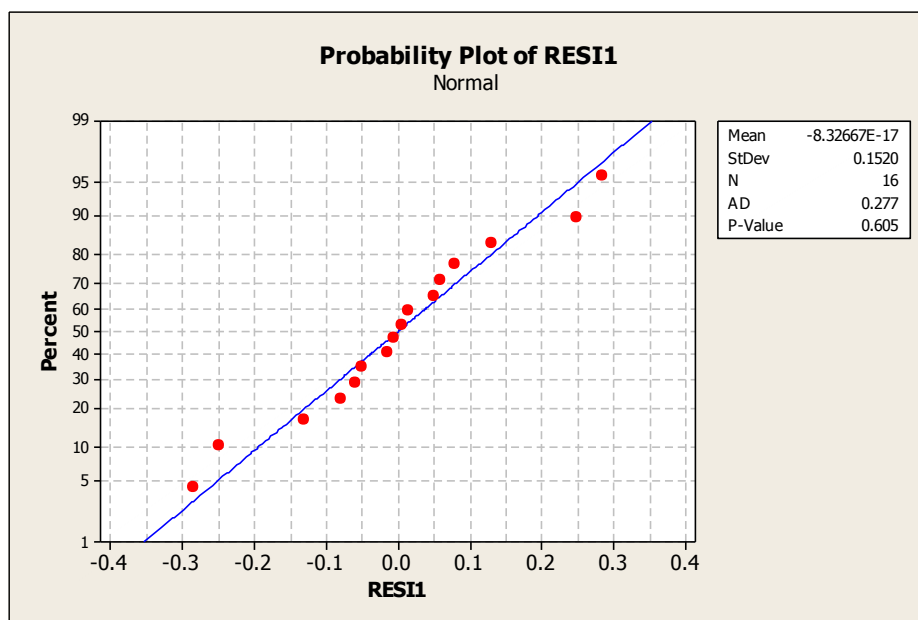
- การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ว่ามีความเพียงพอและถูกต้อง เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไปหรือไม่



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูล

จากรูปที่ 4.18 การตรวจสอบสมมติฐานทั้ง 3 ประการของส่วนตกค้างของผลตอบพบว่า

1) ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ จากกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residual) มีการกระจายตัวเป็นแบบเส้นตรง ไม่มีจุดข้อมูลที่กระจายตัวออกนอกเส้นตรงอย่างชัดเจน และจากกราฟที่ 3 ฮิสโตแกรมมีการกระจายตัวในทุกช่วงข้อมูล และจากรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างเป็นแบบปกติจริงเพราะค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า 0.05 คือ 0.605 ที่ระดับเชื่อมั่น 95% จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างเป็นแบบปกติ



รูปที่ 4.19 การทดสอบความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง

2) ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระ (Independent Assumption) สามารถดูได้จากกราฟ Plot of Residuals Versus the Observation Order of the Data ลักษณะกราฟมีจุดข้อมูลขึ้นลงสลับกันอย่างไม่มีแบบแผนชัดเจน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลอง

3) ข้อมูลส่วนตกค้างมีค่าความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance Assumption) จากกราฟการกระจายตัวของส่วนตกค้างกับค่าที่ทำนาย (versus Fits) พบว่าการกระจายตัวไม่มีแบบแผนชัดเจนหรือการกระจายตัวของส่วนตกค้างไม่เกิดแนวโน้มใดๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระ และเมื่อทำการทดสอบความแปรปรวนของส่วนตกค้างตามสมมุติฐานหลักของการทดสอบความแปรปรวนคงที่ (Test of Equal Variance) ตามหลักการทดสอบของ Bartlett's Test โดยมีสมมุติฐานดังนี้

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$$

$$H_1 = \text{มีอย่างน้อยหนึ่งข้อมูล } \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.164 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลของส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่ หรืออาจกล่าวได้ว่ายอมรับสมมุติฐานหลักของการทดสอบความแปรปรวนคงที่ และจากการตรวจสอบสมมุติฐานทั้ง 3 ประการของส่วนตกค้างของผลตอบ

ทำให้สามารถสรุปข้อมูลได้ว่าข้อมูลมีความเพียงพอในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ในขั้นตอนต่อไป

3) การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทดสอบความเพียงพอของข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์การทดลองตามขั้นตอนการวิเคราะห์สำหรับการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k ดังนี้

- 3.1 การประมาณผลกระทบจากการทดลอง (Estimate Factor Effects)
- 3.2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Form Initial Model)
- 3.3 การทดสอบทางสถิติ (Perform Statistical Test)
- 3.4 การแก้ไขแบบจำลอง (Refine Model)
- 3.5 การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Analyze Residuals)
- 3.6 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองสุดท้าย (Find Optimum Condition for Final Model)
- 3.7 การทำการทดลองยืนยันเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ (Confirm Optimum Condition for Process)

3.1) การประมาณผลกระทบจากการทดลอง (Estimate Factor Effects)

ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์เชิงสถิติของการออกแบบการทดลองนั้น ต้องวิเคราะห์เพื่อประมาณผลกระทบของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

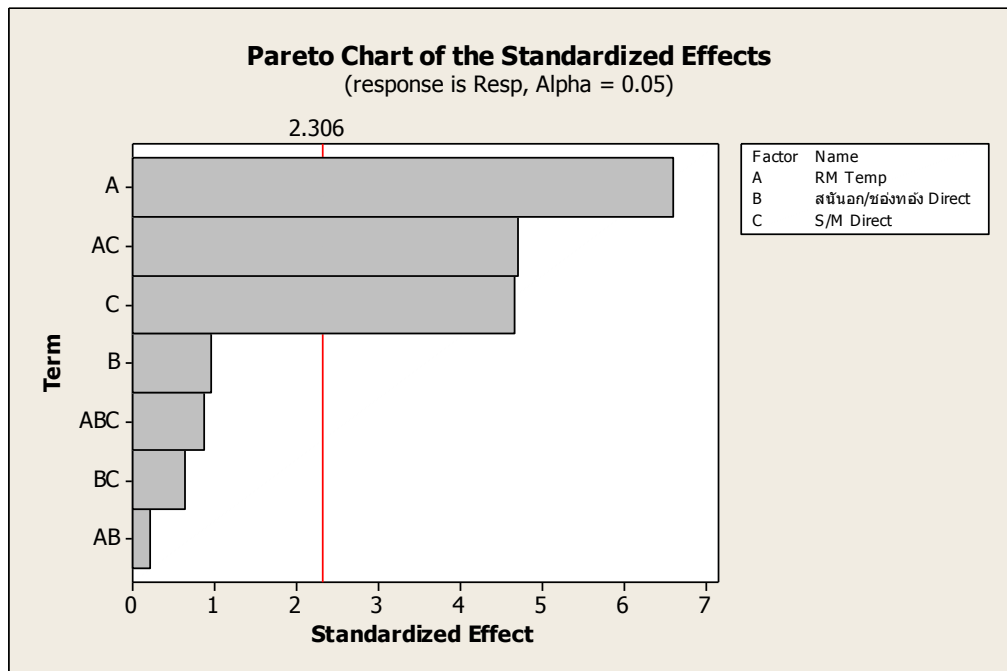
ตารางที่ 4.7 ผลกระทบจากการทดลองและค่า P-Value ของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	Significant
Constant		4.7781	0.05205	91.80	0.000	
RM Temp (A)	-0.6862	-0.3431	0.05205	-6.59	0.000	✓
สันนอก/ช่องท้อง Direct (B)	-0.0988	-0.0494	0.05205	-0.95	0.371	
S/M Direct (C)	-0.4863	-0.2431	0.05205	-4.67	0.002	✓
RM Temp*สันนอก/ช่องท้อง Direct (AB)	-0.0212	-0.0106	0.05205	-0.20	0.843	
RM Temp*S/M Direct (AC)	-0.4888	-0.2444	0.05205	-4.70	0.002	✓
สันนอก/ช่องท้อง Direct*S/M Direct (BC)	-0.0663	-0.0331	0.05205	-0.64	0.542	
RM Temp*สันนอก/ช่องท้อง Direct* S/M Direct (ABC)	0.0913	0.0456	0.05205	0.88	0.406	

S = 0.208192 PRESS = 1.387 R-Sq = 91.79% R-Sq(pred) = 67.16% R-Sq(adj) = 84.61%

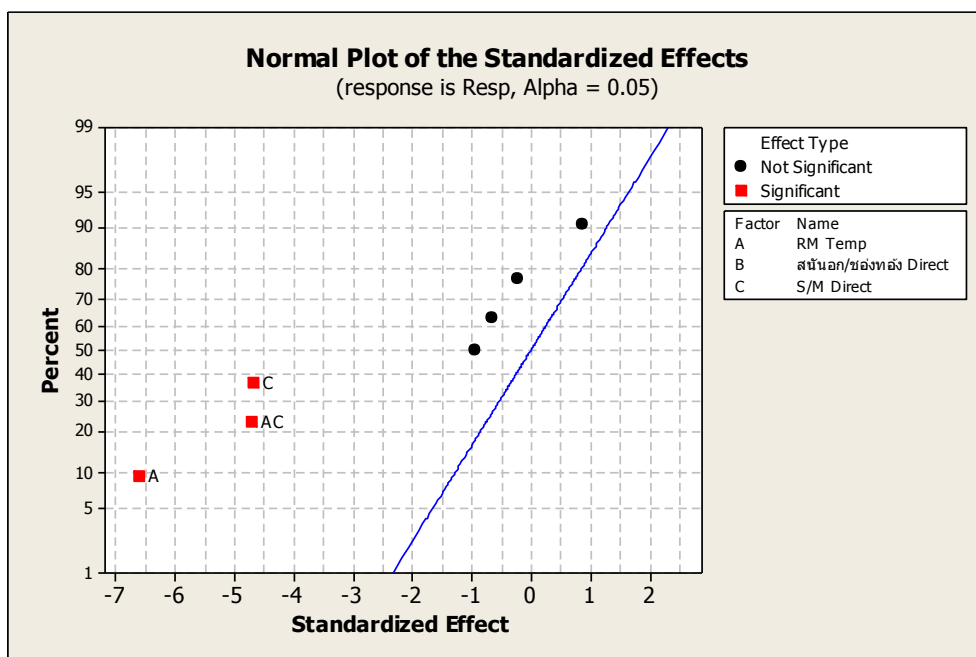
จากตารางที่ 4.7 พบว่าปัจจัยอุณหภูมิวัตถุดิบ (A) และปัจจัยการวางชิ้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (C) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีผลกระทบต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และในส่วนของผลกระทบรวม 2 ปัจจัย อันตรกิริยาระหว่างปัจจัยอุณหภูมิวัตถุดิบกับปัจจัยการวางชิ้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ(AC) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าอันตรกิริยาระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และในการวิเคราะห์หามีค่า R-Sq อยู่ที่ 91.79% แสดงถึงแบบจำลองมีความแม่นยำในการวิเคราะห์ และหามีค่า R-Sq(adj) อยู่ที่ 84.61% ซึ่งค่านี้แสดงถึงความแม่นยำในการคำนวณเฉพาะปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

นอกจากใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ยังสามารถตรวจสอบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลตอบได้จากกราฟพาเรโต (Pareto Diagram) ของค่าผลกระทบมาตรฐาน (Standardized Effects) ที่แสดงในรูปที่ 4.20 โดยสังเกตจากปัจจัยที่มีค่ามากกว่าเส้นระดับนัยสำคัญ และกราฟแสดงความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบ(Normal Probability Plot of Effects) ดังแสดงในรูปที่ 4.21 โดยกราฟนี้สังเกตจากปัจจัยที่อยู่นอกเส้นความน่าจะเป็นแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)



รูปที่ 4.20 แผนภูมิพาร์โต(Pareto Diagram) ของค่าผลกระทบมาตรฐาน(Standardized Effects)

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าปัจจัยอุณหภูมิของวัตถุดิบ (A) ปัจจัยการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อ และหางเนื้อ (C) และปัจจัยอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยอุณหภูมิวัตถุดิบกับปัจจัยการวางวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อ และหางเนื้อ (AC) มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ โดยพิจารณาจากค่าที่มากกว่าเส้นนัยสำคัญ (Significant Line) ที่มีค่าเท่ากับ 2.306



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบต่อค่าความหนาของสามชั้นสไลด์

ส่วนรูปที่ 4.21 เป็นกราฟแสดงความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบต่อค่าความหนาของสามชั้นสไลด์ พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ได้แก่ปัจจัยอุณหภูมิของวัตถุดิบ (A) ปัจจัยการวางขึ้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (C) และปัจจัยอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยอุณหภูมิวัตถุดิบกับปัจจัยการวางวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (AC)

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) มีดังนี้

- 1) อุณหภูมิของวัตถุดิบ (A)
- 2) การวางวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (C)
- 3) อุณหภูมิวัตถุดิบกับปัจจัยการวางวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (AC)

3.2) การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Form Initial Model)

จากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ของแต่ละปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 4.7 สามารถนำมาสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยกับผลตอบในการทดลอง ดังนั้นเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว ในการสร้างแบบจำลองเริ่มต้นจะสร้างแบบจำลองแบบเต็มจำนวน (Full Model) ที่รวมปัจจัยและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 6

$$\hat{Y} = 4.778 - 0.343A - 0.049B - 0.243C - 0.011AB - 0.244AC - 0.033BC + 0.046ABC \quad (6)$$

\hat{Y} หมายถึง ค่าทำนายของผลตอบความหนาของสามชั้นสไลด์

A หมายถึง ค่ารหัสเข้า (Code Value) ของปัจจัยอุณหภูมิของวัตถุดิบ

B หมายถึง ค่ารหัสเข้า (Code Value) ของปัจจัยการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบนำด้านสันนอกหรือด้านช่องท้องเข้าหาใบมีด

C หมายถึง ค่ารหัสเข้า (Code Value) ของปัจจัยการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ

AB หมายถึง ค่ารหัส (Code Value) ของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย AB

AC หมายถึง ค่ารหัส (Code Value) ของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย AC

BC หมายถึง ค่ารหัส (Code Value) ของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย BC

ABC หมายถึง ค่ารหัส (Code Value) ของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย ABC

3.3) การทดสอบทางสถิติ (Perform Statistical Test)

เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance ; ANOVA) เพื่อเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของผลกระทบของปัจจัยของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล สัดส่วนของความแปรปรวน (F Distribution) เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจความแปรปรวนของข้อมูล โดยทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (MINITAB) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ซึ่งจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์อย่างมีนัยสำคัญ พบว่าปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 มี 2 ปัจจัยหลักและ อันตรกิริยา 1 ปัจจัยร่วม โดยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยประกอบด้วยอุณหภูมิของวัตถุดิบ (A) และการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อและหงายเนื้อ (C)

ส่วนอันตรกิริยาร่วมคืออันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิของวัตถุดิบกับการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคั่วเนื้อและ
 หางเนื้อ (AC)

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกเทอม (Full Model)

Term	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Significant
Main Effects	3	2.8685	2.8685	0.9562	22.06	0	
RM Temp (A)	1	1.8838	1.8838	1.8838	43.46	0	✓
สันนอก/ช่องท้อง Direct (B)	1	0.039	0.039	0.039	0.90	0.371	
S/M Direct (C)	1	0.9458	0.9458	0.9458	21.82	0.002	✓
2-Way Interactions	3	0.9749	0.9749	0.325	7.50	0.010	
RM Temp*สันนอก/ช่องท้อง Direct (AB)	1	0.0018	0.0018	0.0018	0.04	0.843	
RM Temp*S/M Direct (AC)	1	0.9555	0.9555	0.9555	22.04	0.002	✓
สันนอก/ช่องท้อง Direct*S/M Direct (BC)	1	0.0176	0.0176	0.0176	0.41	0.542	
3-Way Interactions	1	0.0333	0.0333	0.0333	0.77	0.406	
RM Temp*สันนอก/ช่องท้อง Direct*S/M Direct (ABC)	1	0.0333	0.0333	0.0333	0.77	0.406	
Residual Error	8	0.3468	0.3468	0.0433			
Pure Error	8	0.3468	0.3468	0.0433			
Total	15	4.2234					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

3.4) การแก้ไขแบบจำลอง (Refine Model)

การแก้ไขแบบจำลองเป็นการนำปัจจัยและอันตรกิริยาที่ไม่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์อย่างมีนัยสำคัญคือมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 ออกจากแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model) จากนั้นสร้างสมการความสัมพันธ์เฉพาะปัจจัยและอันตรกิริยาที่มีผลกระทบต่อความหนาของสามชั้นสไลด์อย่างมีนัยสำคัญคือมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งประกอบด้วย

- 1) อุณหภูมิของวัตถุดิบ (RM Temp: A)
- 2) การวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ (S/M Direct: C)
- 3) อันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิของวัตถุดิบกับการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ (RM Temp*S/M Direct: AC)

ซึ่งจากการนำเอาตัวแปรที่ไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญออกจากแบบจำลองทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ดังแสดงในตารางที่ 4.9 สามารถทำการสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ ดังแสดงในสมการที่ 7

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การถดถอย

Estimated Regression Coefficients for Thickness

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.77813	0.05137	93.007	0.000
RM Temp (A)	-0.34312	0.05137	-6.679	0.000
S/M Direct (C)	-0.24313	0.05137	-4.732	0.001
RM Temp*S/M Direct (AC)	-0.24438	0.05137	-4.757	0.001

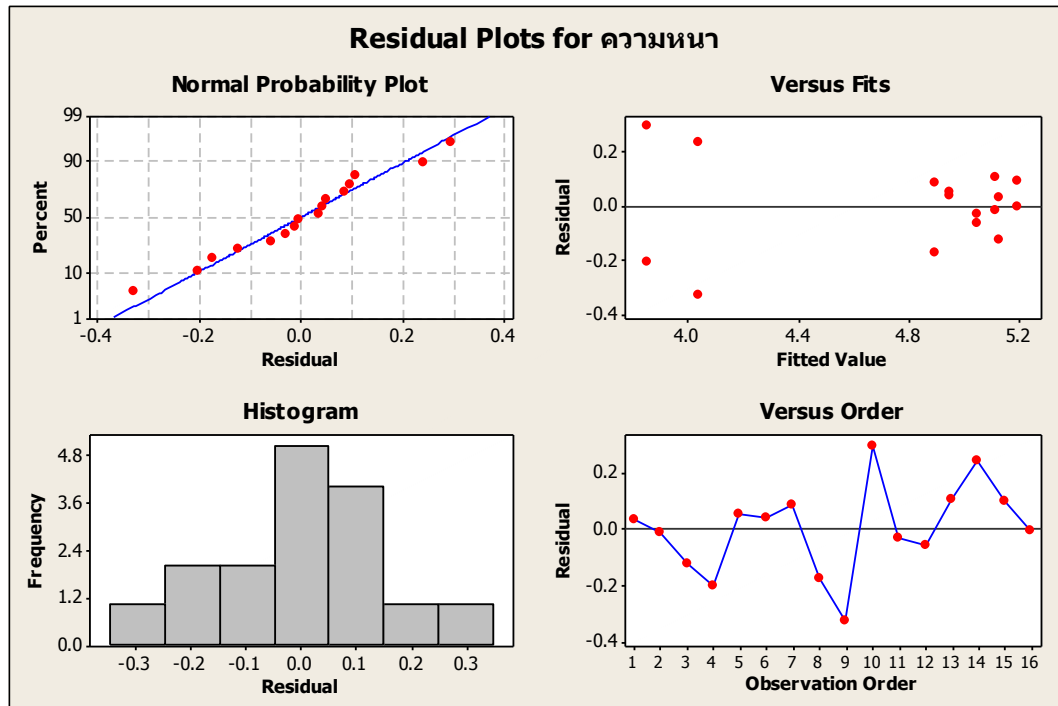
S = 0.205496 PRESS = 1.20117 R-Sq = 91.00% R-Sq(pred) = 71.56% R-Sq(adj) = 85.00%

$$\hat{Y} = 4.778 - 0.343A - 0.243C - 0.244AC \quad (7)$$

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่ามีค่า R-Sq = 91.00 % และ R-Sq(adj) = 85.00 % ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R-Sq และค่า R-Sq(adj) มากกว่า 80% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้สามารถนำมาพยากรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ได้

3.5) การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis)

หลังจากที่สร้างสมการความสัมพันธ์จากแบบจำลองที่มีการแก้ไข จึงได้ทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง เพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอและความเหมาะสมของแบบจำลองที่มีการสร้างขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.22

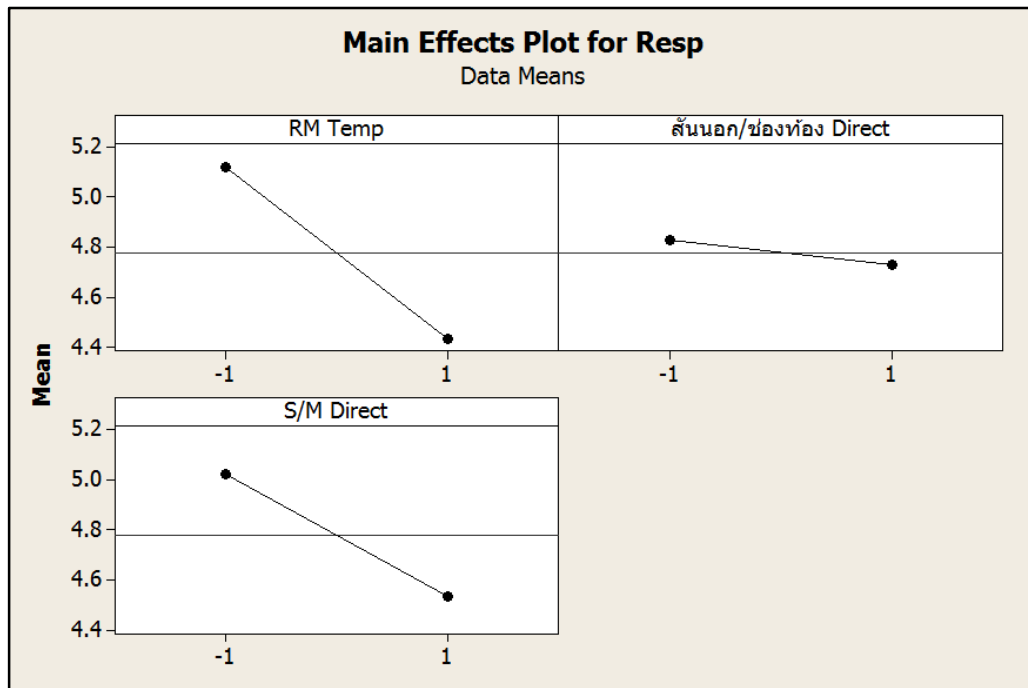


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบหลังการแก้ไขแบบจำลอง

จากกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบหลังการแก้ไขแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.22 พบว่ากราฟความน่าจะเป็นปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot) มีจุดของส่วนตกค้างเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง ไม่มีจุดของข้อมูลที่กระจายตัวออกนอกเส้นตรงอย่างชัดเจน จึงสามารถสรุปได้ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ และเมื่อพิจารณาจากกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกทำนาย (Plot of Versus Fits) พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างมีลักษณะที่ต่างกัน แสดงว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับค่าที่ถูกทำนาย ส่วนกราฟระหว่างส่วนตกค้างและลำดับการทดลอง (Plot of Versue Order) มีลักษณะเช่นเดียวกันคือข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนหรือไม่มีแบบแผน จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวเป็นอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลอง

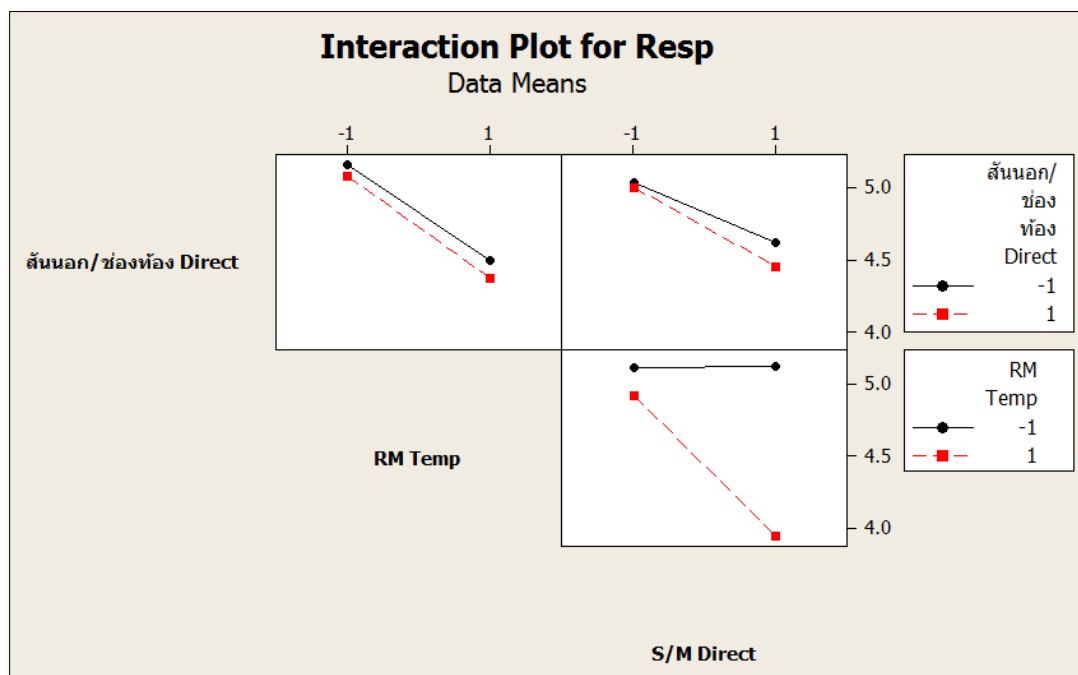
ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองการถดถอยที่ถูกสร้างขึ้นมีความเพียงพอที่จะสามารถใช้ในการวิเคราะห์ค่าผลตอบแทนและสามารถสร้างสมมติฐานของปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนาของสามชั้นสไลด์ได้

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนาของสามชั้นสไลด์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.23 และ 4.24



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

จากกราฟรูปที่ 4.23 พบว่ามีปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนาของสามชั้นสไลด์อย่างมีนัยสำคัญ คืออุณหภูมิของวัตถุดิบ (RM Temp) โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลทำให้สามชั้นสไลด์ที่ได้มีความหนาน้อยกว่าข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตร และการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ (S/M Direct) เมื่อมีการหงายเนื้อขึ้นจะส่งผลให้ความหนาของสามชั้นสไลด์ไม่ได้ 5 มิลลิเมตร เช่นกัน

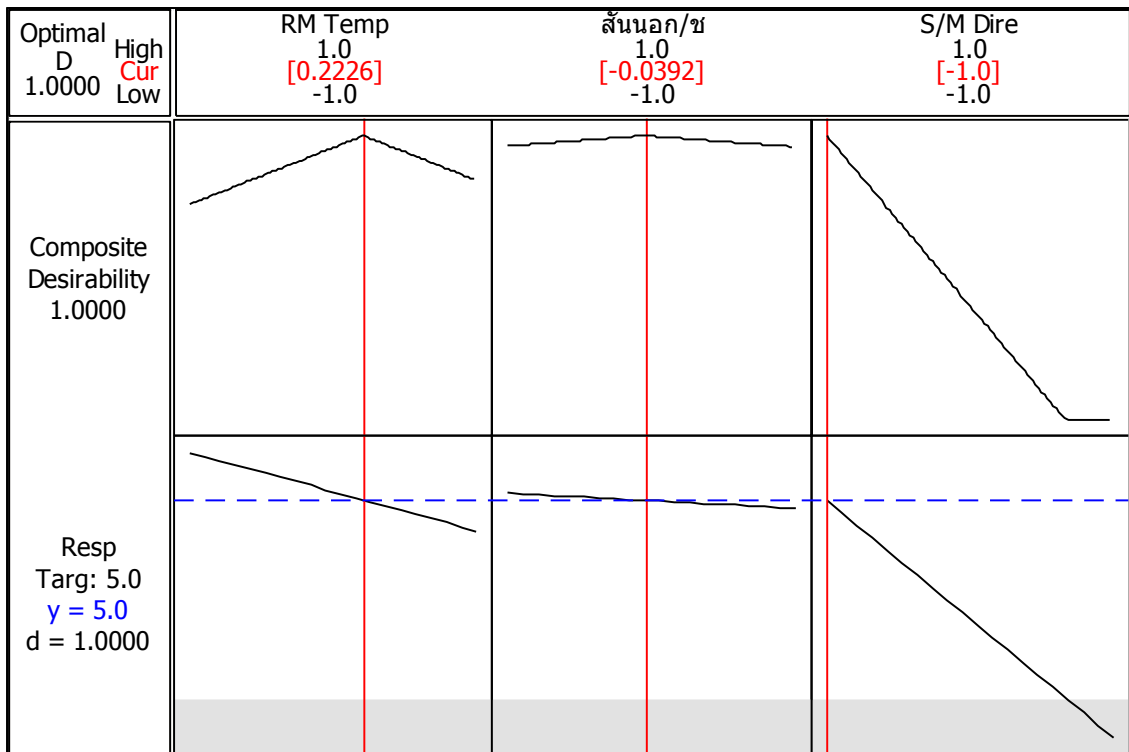


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

ส่วนกราฟรูปที่ 4.24 พบว่ามีอันตรกิริยาร่วมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิของวัตถุดิบ (RM Temp) กับการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อ (S/M Direct)

3.6) การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองสุดท้าย (Find Optimum Condition for Final Model)

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลและได้แบบจำลองที่เหมาะสม ดังสมการที่ 7 แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาค่าระดับปัจจัยที่ทำให้ความหนาของสามชั้นสไลด์เท่ากับข้อกำหนดคุณลักษณะ 5 มิลลิเมตร ซึ่งในการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมนั้นได้ใช้ฟังก์ชันการหาค่าผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimizer) ดังรูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.25 ค่าทำนายปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์

ตารางที่ 4.10 การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อความหนาของสามชั้นสไลด์ที่ 5 มิลลิเมตร

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Thickness	Target	4.5	5	5.5	1	1

Global Solution

RM Temp (A) = 0.222583

สันนอก/ช่องท้อง (B) = -0.0392175

S/M Direct (AC) = -1

Predicted Responses

Thickness = 5 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

จากรูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าฟังก์ชันในการหาค่าผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimizer) ของโปรแกรมมินิแทป (MINITAB) ได้ทำการประมวลผลและกำหนดค่าปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าความหนาของสามชั้นสไลด์มีค่าเท่ากับข้อกำหนดคุณลักษณะ 5 มิลลิเมตร มีระดับความพึงพอใจ (Desirability) เท่ากับ 1 โดยได้ระดับปัจจัยของอุณหภูมิวัตถุดิบ (RM Temp) เท่ากับ 0.222583 หรือประมาณ 0.223 แต่เนื่องจากไม่สามารถปรับตั้งอุณหภูมิที่ต้องใช้ในการทดลองเป็นจุดทศนิยมได้ ผู้วิจัยจึงปรับตั้งระดับเป็น 0 คือที่อุณหภูมิ -1 องศาเซลเซียส ระดับของลักษณะการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบนำด้านสันนอกหรือด้านช่องท้องเข้าหาใบมีด ต้องปรับเป็นระดับ -1 เช่นกัน และระดับการวางชั้นเนื้อวัตถุดิบแบบคว่ำเนื้อหรือหงายเนื้อใช้ระดับปัจจัยเท่ากับ -1 สรุประดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะทำให้ความหนาของสามชั้นสไลด์ใกล้เคียงข้อกำหนดคุณลักษณะ 5 มิลลิเมตรดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ค่า แปลง	ระดับปัจจัยที่ เหมาะสม (ค่าจริง)	หน่วย
A	อุณหภูมิวัตถุดิบ	0	-1	องศาเซลเซียส
B	การวางเอาด้านสันนอก/ด้านช่องท้อง	-1	ด้านสันนอก	
C	การวางแบบคว่ำเนื้อ/หงายเนื้อ	-1	แบบคว่ำเนื้อ	

3.7) ทำการทดลองยืนยันเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ (Confirm Optimum Condition for Process)

หลังจากที่ได้ค่าปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความหนาของสามชั้นสไลด์ตามข้อกำหนดคุณลักษณะเท่ากับ 5 มิลลิเมตรแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำค่าระดับของปัจจัยต่างๆตามที่ระบุในตารางที่ 4.11 มาทำการทดลองยืนยันผล 16 การทดลอง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองชิ้นยันผล

ลำดับการทดลอง	ความหนาของสามชั้นสไลด์ (มิลลิเมตร) (Y)	ผลต่างจากค่าเป้าหมาย (Spec = 5 มิลลิเมตร) (S-Y)	ค่าสมบูรณ์ (Absolute) S-Y
1	5.09	0.09	0.09
2	5.05	0.05	0.05
3	5.06	0.06	0.06
4	5.01	0.01	0.01
5	5.04	0.04	0.04
6	5.07	0.07	0.07
7	5.02	0.02	0.02
8	4.98	-0.02	0.02
9	5.08	0.08	0.08
10	5.00	0.00	0.00
11	5.06	0.06	0.06
12	5.06	0.06	0.06
13	5.07	0.07	0.07
14	5.02	0.02	0.02
15	5.10	0.10	0.10
16	4.98	-0.02	0.02
	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง		0.05

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตารางที่ 4.4 ว่าก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยของผลต่างความหนาเมื่อเทียบกับเป้าหมายอยู่ที่ 0.57 มิลลิเมตร แต่หลังการปรับปรุงพบว่าค่าเฉลี่ยของผลต่างความหนาเทียบกับค่าเป้าหมายอยู่ที่ 0.05 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 4.12 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลต่างความหนาเทียบกับค่าเป้าหมายก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงมาทำการวิเคราะห์แบบสองกลุ่ม (Two Sample t-test) เพื่อดูว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.13

โดยมีการกำหนดสมมุติฐาน (การทดสอบสมมุติฐานแบบทางเดียว: one tail) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

กำหนดให้ μ_1 คือ ผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์เทียบกับค่าเป้าหมายก่อนการปรับปรุง

μ_2 คือ ผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์เทียบกับค่าเป้าหมายหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบสมมุติฐานผลต่างของความหนาก่อนและหลังการปรับปรุง

Two Sample T (2 Sample t - test)

Difference = $\mu_1 - \mu_2$

	N	Mean	StDev	SE Mean
diff ก่อน (μ_1)	25	0.588	0.498	0.10
diff หลัง (μ_2)	16	0.0481	0.0304	0.0076

Estimate for difference: 0.5395

95% CI for difference: (0.3332, 0.7457)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 5.40 P-Value = 0.000 DF = 24

หมายเหตุ เปิดตารางแจกแจงค่า T-Value ที่ระดับ 0.05 DF = 24 มีค่าเท่ากับ 2.06

จากผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.13 พบว่า ค่า T-Value มีค่าเท่ากับ 5.40 มีค่ามากกว่าค่า $T_{(\alpha=0.05, df=24)}$ ที่มีค่าอยู่ที่ 2.06 ($5.40 > 2.06$) แสดงว่าการทดสอบสมมุติฐานจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) ยอมรับสมมุติฐานรอง (H_1) เช่นเดียวกับค่า P-Value ที่มีค่าอยู่ที่ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคือ ค่าผลต่างความหนาก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถสรุปได้อีกนัยหนึ่งว่าค่าความต่างความหนาเทียบกับค่าเป้าหมายหลังการปรับปรุงห่างจากค่าเป้าหมายน้อยลงหรือใกล้ค่าเป้าหมายมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากสมการที่ 7 เมื่อแทนค่าปัจจัยที่เหมาะสมตามตารางที่ 4.10 ในสมการ ทำให้ได้ค่าผลตอบ (Y) ความหนาของสามชั้นสไลด์อยู่ที่ 4.95 มิลลิเมตรและเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรพบว่ามีค่าสมบูรณ์ของผลต่างอยู่ที่ 0.05 มิลลิเมตร ดังนั้นเพื่อตรวจสอบว่าค่าผลต่างที่ได้จากการ

ทดลองยืนยันผลและค่าทำนายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงนำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-test มาใช้ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.14

โดยมีการกำหนดสมมติฐาน (การทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง: two tails) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

กำหนดให้ μ_1 คือ ผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์จากการทดลองยืนยันผลเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายตามข้อกำหนดคุณลักษณะเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร

μ_2 คือ ผลต่างความหนาของสามชั้นสไลด์จากค่าทำนายเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายตามข้อกำหนดคุณลักษณะเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบสมมติฐานการทดลองยืนยันผลและค่าทำนาย

One-Sample T: diff

Test of mu = 0.05 vs not = 0.05

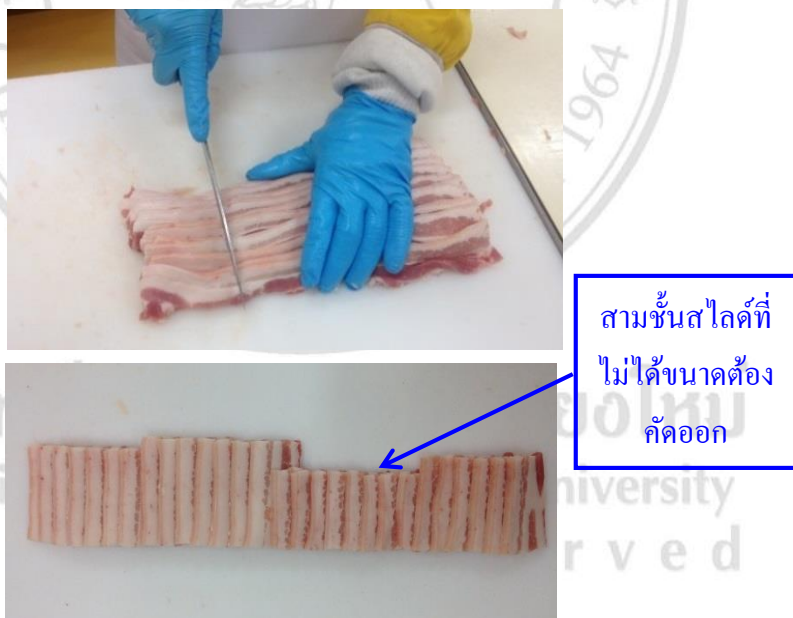
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
diff	16	0.04813	0.03038	0.00759	(0.03194,0.06431)	-0.25	0.808

จากตารางที่ 4.14 พบว่ามีค่า P Value > 0.05 แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก นั่นหมายความว่าค่าผลต่างที่ได้จากการทดลองยืนยันผลและผลต่างจากค่าทำนายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งจากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองทำให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมที่ส่งผลให้หมูสามชั้นสไลด์ได้ความหนาใกล้เคียงข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรทุกชิ้นแล้วนั้น จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงต่อด้วยเทคนิคการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ขนาดของสามชั้นสไลด์ที่ตัดเป็นชิ้นมีขนาดความกว้างตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้วเท่ากันทุกชิ้น

4.4.2 ขั้นตอนการตัดแต่งสินค้าสามชั้นสไลด์โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

จากที่ได้ทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง ตามที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อ 4.4.1 ทำให้ความหนาของสามชั้นสไลด์ใกล้เคียงข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรก่อนนำมาตัดแบ่ง เพื่อที่เมื่อนำมาตัดแบ่งแล้วน้ำหนักต่อชิ้นจะมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งจะทำให้น้ำหนักบรรจุอยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัม เพราะพนักงานสามารถคำนวณได้ว่าต้องเพิ่มหรือเอาออกกี่ชิ้น ต่อมาผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงในขั้นตอนการตัดแต่งและบรรจุต่อโดยใช้เทคนิคการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) โดยใช้หลักการ กำจัดงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวมงาน (Combine) การจัดลำดับงานใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) มาใช้ในการดำเนินงาน โดยผู้วิจัยและทีมงาน ได้ศึกษาขั้นตอนและวิธีการทำงานของพนักงานก่อนการปรับปรุง พบว่าพนักงานตัดแต่งสามชั้นที่สไลด์แล้วให้ความยาวที่ 2.5 นิ้วและ 1.5 นิ้ว ใช้การกะประมาณด้วยสายตา ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดความยาวไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อการชั่งน้ำหนักสินค้าเกินข้อกำหนด นอกจากนี้ทำให้ต้องมีการคัดเศษที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดออก ดังรูปที่ 4.26 ที่แสดงให้เห็นว่ามีสามชั้นสไลด์ที่ความกว้างไม่ได้ตามขนาดต้องคัดออก

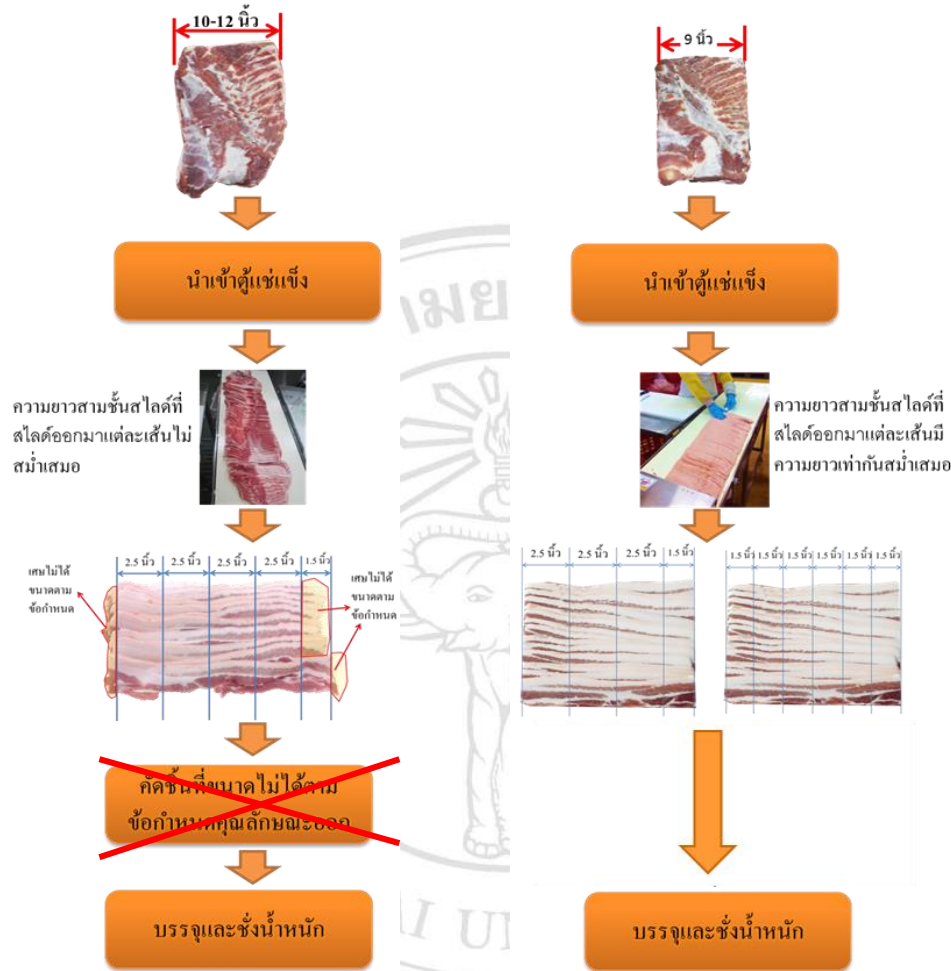


รูปที่ 4.26 การตัดแบ่งสามชั้นสไลด์ด้วยวิธีกะขนาดด้วยสายตา

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ทำการระดมสมองร่วมกันเพื่อหาแนวคิดในการปรับปรุงงาน เพื่อให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นและมีมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดขนาดความกว้างของสามชั้นแผ่นก่อนเข้าเครื่องสไลด์อัตโนมัติใหม่จาก 10 นิ้วเหลือที่ 9 นิ้ว เพื่อลดขั้นตอนการคัดเศษออก โดยในการกำหนดความกว้างที่ขนาด 9 นิ้วนี้คิดมาจากขนาดความกว้าง

ของสามชั้นสไลด์ที่ 2.5 นิ้วและ 1.5 นิ้ว ตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งโดยแสดงดังขั้นตอนย่อในรูปที่ 4.27



ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

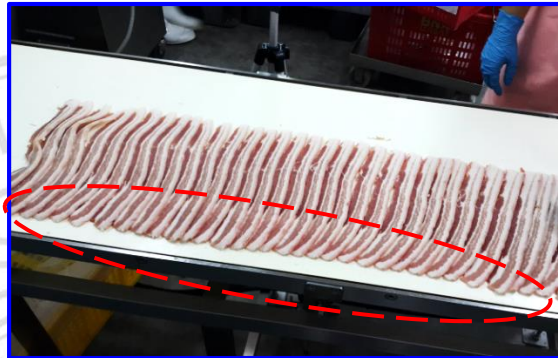
รูปที่ 4.27 ลดขั้นตอนการคัดเศษหลังการตัดแต่งสามชั้นสไลด์เทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่าหลังจากที่ทำการตัดวัตถุดิบให้ได้ขนาดความกว้างที่ 9 นิ้วแล้วนำเข้าตู้แช่แข็งเมื่อได้อุณหภูมิจากนั้นก็นำวัตถุดิบมาทำการสไลด์ และทำการตัดให้เป็นชิ้นเล็กตามข้อกำหนดคุณลักษณะความกว้างที่ 2.5 นิ้วและ 1.5 นิ้ว ซึ่งจากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่าก่อนการปรับปรุงหลังจากตัดเป็นชิ้นเล็กให้ได้ตามขนาดแล้วขั้นต่อไปต้องทำการคัดเศษที่ไม่ได้ตามขนาดออก แต่หลังการปรับปรุงไม่มีขั้นตอนการทำงานนี้เพราะไม่มีการเกิดเศษเนื่องจากขนาดความกว้างของวัตถุดิบที่ 9 นิ้วสามารถทำให้ตัดได้พอดี จึงทำให้ลดขั้นตอนการคัดเศษ และนอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้พนักงานทำงานง่ายขึ้น เมื่อทำ

การกำหนดความกว้างของวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่องสไลด์เพราะขอบของสามชั้นที่ถูกสไลด์ออกมาจากเครื่องสไลด์จะตรงเป็นแนวเดียวกันไม่ใช่ไม่สม่ำเสมอทั้งหมดทั้งแผ่นดังแสดงในรูปที่ 4.28



ก่อนการปรับปรุง



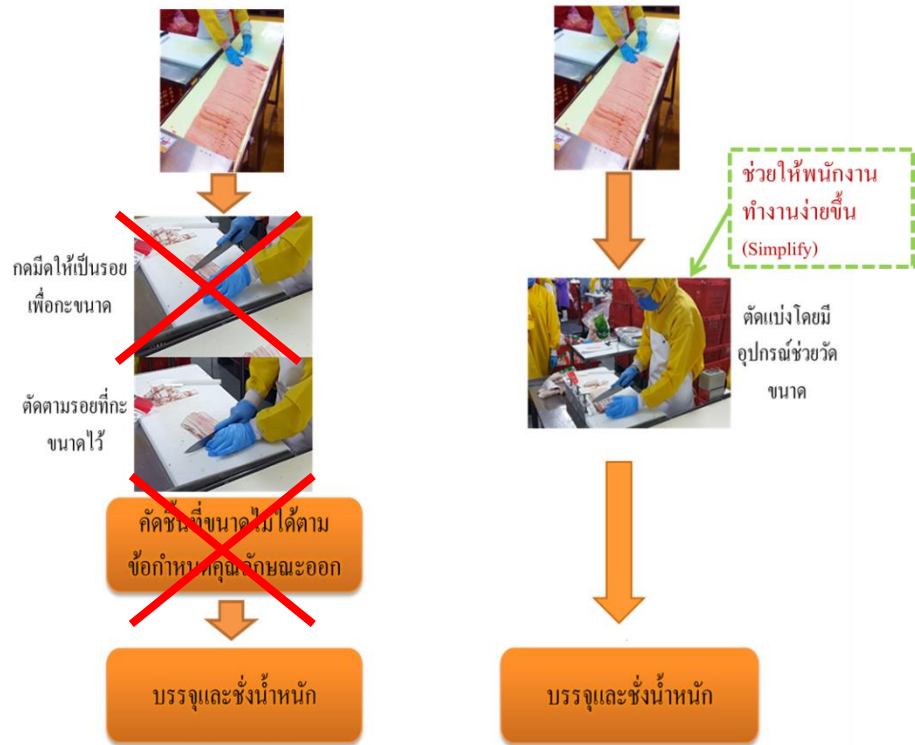
หลังการปรับปรุง

รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบขอบของสามชั้นที่ถูกสไลด์ก่อนและหลังการปรับปรุง

2. ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการตัดแต่ง โดยอุปกรณ์จะแสดงตัวเลขขนาดให้พนักงานรู้เพื่อที่จะสามารถช่วยตัดสามชั้นที่สไลด์ออกมาเป็นเส้นให้มีขนาดชิ้นเล็กได้ง่ายและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนในการทำงาน (Eliminate) คือพนักงานไม่ต้องใช้มีดตะให้เป็นแนวเพื่อกะขนาด ก่อนทำการตัดและทำให้ง่าย (Simplify) เพราะพนักงานไม่เกิดความลังเล และไม่ต้องใช้การคาดคะเนและตัดสินใจในการทำงาน ซึ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบมาตามรูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.29 อุปกรณ์ช่วยวัดความยาวการตัดที่ออกแบบในครั้งที่ 1



รูปที่ 4.30 ลดขั้นตอนการกะขนาดการตัดแต่งสามชั้นสไลด์เทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

แต่เมื่อนำอุปกรณ์ช่วยไปใช้จริง ยังพบปัญหาคือพนักงานต้องเล็งหาตัวเลขที่อุปกรณ์ช่วย ใช้เวลานาน เพราะต้องกะขนาดก่อนและใช้เวลานานในการประกอบเพราะอุปกรณ์ช่วยมีหลายชิ้นประกอบกันจึงคิดจะปรับปรุงเพื่อให้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในการทำความสะดวกทำได้ยากเพราะมีร่องเกลียวและมุม ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์ใหม่ในครั้งที่ 2 เพื่อลดปัญหาดังกล่าว โดยแนวคิดในการปรับปรุงจะเป็นลักษณะการบีบกดทับลงบนเนื้อสามชั้นสไลด์ให้เกิดเป็นแนวในการตัดตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 2.5 นิ้วและ 1.5 นิ้ว โดยไม่ต้องวัดระยะทุกครั้ง ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 อุปกรณ์ช่วยวัดความยาวการตัดที่ออกแบบในครั้งที่ 2

ซึ่งในการปรับปรุงอุปกรณ์นี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบไม่ให้ใบมีดมีความคมมาก เพราะถ้าใช้ใบมีดที่คมมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุในการทำงานต่อพนักงานสูง และจากการทดลองนำไปใช้จริงพบว่าสามารถทำให้พนักงานทำงานได้ง่ายและทำให้ประสิทธิภาพในขั้นตอนการตัดและบรรจุเพิ่มขึ้นถึงแม้จะมีขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มขึ้นอีก 1 ขั้นตอน ดังรูปที่ 4.32



อุปกรณ์ช่วยวัดขนาดที่ออกแบบในครั้งที่ 1

อุปกรณ์ช่วยวัดขนาดที่ออกแบบในครั้งที่ 2

รูปที่ 4.32 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเมื่อใช้อุปกรณ์ช่วยครั้งที่ 1 เทียบกับอุปกรณ์ช่วยครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.32 เมื่อใช้อุปกรณ์ช่วยครั้งที่ 2 จะเห็นว่า มีขั้นตอนเพิ่มขึ้นมา 1 ขั้นตอน แต่เมื่อเทียบประสิทธิภาพการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.14 กลับพบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเนื่องจากพนักงานไม่ต้องเล็งตัวเลขและไม่ต้องเสียเวลาในการประกอบอุปกรณ์เพราะอุปกรณ์ช่วยครั้งที่ 2 เขียงและตัวกดได้ออกแบบให้เป็นชุดเดียวกันและเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลประสิทธิภาพและ ข้อดี ข้อเสียของก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยมีเครื่องกดทำรอยมาช่วย มีประสิทธิภาพสูงที่สุดอยู่ที่ 72.40 กก./คน/ชั่วโมง

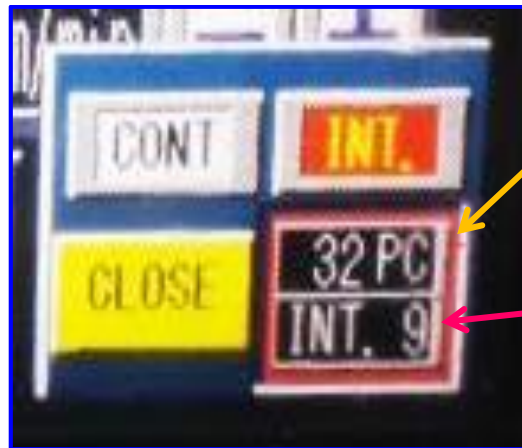
ตารางที่ 4.15 สรุปผลการปรับปรุงอุปกรณ์

การปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	ปรับปรุงครั้งที่ 1	ปรับปรุงครั้งที่ 2
		ไม่มีอุปกรณ์การวัดช่วยในการตัด	โดยมีไม้บรรทัดเป็น scale ช่วยในการตัด
ประสิทธิภาพ	55.16 กก./คน/ชม	59.88 กก./คน/ชม	72.40 กก./คน/ชม
รูป		 	 
ข้อดี	- ไม่ต้องจัดวางตำแหน่งของเนื้อก่อนตัดด้วยมีด	- ความกว้างของสามชั้นสไลด์ที่หลังตัดเป็นชั้นเล็กมีความสม่ำเสมอมากขึ้น - ทำให้ไม่ต้องเสียเวลามาจัดเรียงใหม่ - พนักงานไม่ต้องกะด้วยสายตาแล้ว	- ความกว้างของแผ่นสามชั้นมีความสม่ำเสมอ - พนักงานไม่เกิดความลังเลในการกะขนาดในการตัดแต่งเนื่องจากมีแนวการตัดให้เห็นได้ชัดเจน ไม่เสียเวลาในการวัดทำให้ตัดได้เร็วและแม่นยำขึ้น - สามชั้นสไลด์ที่ถูกตัดเป็นชั้นตามขนาดความต้องการของลูกค้ามีขนาดเท่ากันทุกชิ้น

ตารางที่ 4.15 สรุปผลการปรับปรุงอุปกรณ์ (ต่อ)

การปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	ปรับปรุงครั้งที่ 1	ปรับปรุงครั้งที่ 2
		ไม่มีอุปกรณ์การวัดช่วยในการตัด	โดยมีไม้บรรทัดเป็น scale ช่วยในการตัด
ข้อเสีย	<ul style="list-style-type: none"> - ความกว้างของสามชั้นสไลด์หลังตัดเป็นชิ้นเล็กไม่มีความสม่ำเสมอทุกชิ้น เพราะพนักงานจัดเรียงขอบของสามชั้นสไลด์ไม่เท่ากันก่อนตัด - พนักงานต้องใช้เวลาในการกะหรือวัดขนาดและเกิดความลังเลในการกะขนาดในการตัดแต่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - พนักงานเสียเวลาในการเล็งขนาดจากไม้บรรทัด - ต้องจัดวางตำแหน่งของเนื้อให้ชิดขอบอุปกรณ์เสริมก่อนตัดด้วยมีด - ทำให้ปลายมีดสูญเสียความคมเนื่องจากปลายมีดสัมผัสโดนไม้บรรทัด 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องจัดวางตำแหน่งของเนื้อให้ชิดขอบอุปกรณ์เสริม ก่อนตัดด้วยมีด

3. กำหนดจำนวนชิ้นสามชั้นสไลด์หลังจากตัดได้ความหนาตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 5 มิลลิเมตรแล้ว เพื่อให้ได้น้ำหนักบรรจุที่ 1,000 กรัมต่อถุง โดยได้กำหนดจำนวนชิ้นการตัดที่ 32 ชิ้นลงในโปรแกรมของเครื่องสไลด์อัตโนมัติและตั้งค่าวันระยะการตัดที่ 9 รอบการตัดของใบมีด ดังรูปที่ 4.33 โดยจำนวนชิ้นการตัดที่ได้นั้น มาจากการนำสามชั้นสไลด์ที่เป็นเส้นซึ่งน้ำหนักให้ได้ 1,000 กรัมถึง 1,010 กรัมแล้วมานับจำนวนชิ้นหาค่าเฉลี่ยซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้อยู่ที่ 31.38 ชิ้นแต่เนื่องจากการตั้งค่าต้องใช้เลขจำนวนเต็ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับจำนวนชิ้นเป็น 32 ชิ้น จากนั้นก็นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาตั้งเป็นค่ากำหนด ซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวนี้สามารถช่วยให้พนักงานทำงานได้ง่ายและเร็วขึ้น เพราะพนักงานรู้ว่าใน 1 ชุดที่มี 32 ชิ้นนี้จะสามารถตัดแล้วบรรจุได้น้ำหนักใกล้เคียงข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัม ดังรูปที่ 4.34 ที่แสดงการกำหนดจำนวนชิ้นโดยการเว้นช่วงการตัดเพื่อให้ได้น้ำหนักใกล้เคียงข้อกำหนดคุณลักษณะพอดี



ตั้งค่าจำนวนชั้นต่อรอบ
ทำงานง่ายขึ้น (Simplify)

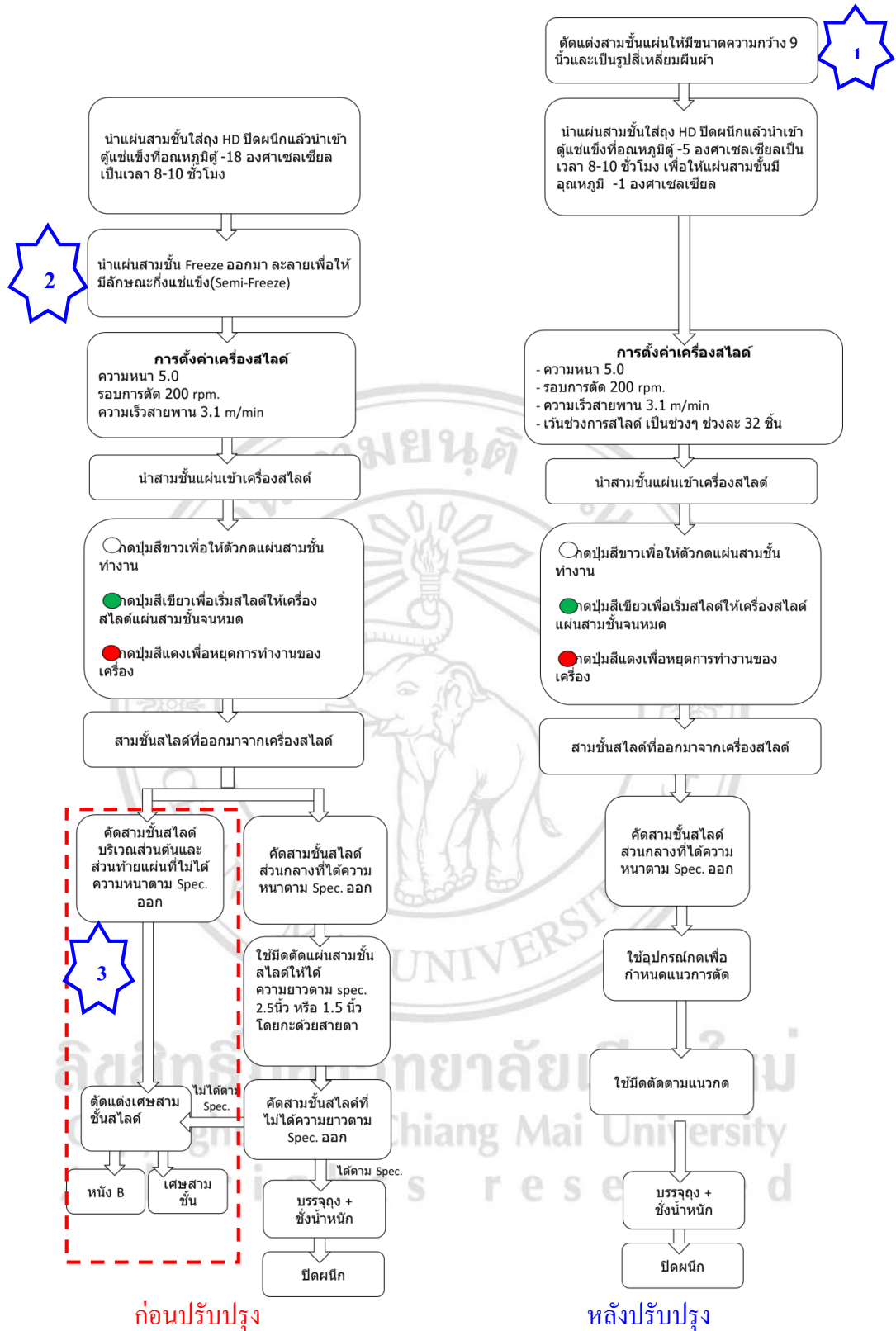
ตั้งค่าการเว้นระยะการสไลด์
เพื่อให้เว้นเป็นช่อง

รูปที่ 4.33 การตั้งค่าจำนวนชั้นและการตั้งค่าการเว้นระยะการสไลด์สามชั้น






จำนวน 32 ชั้นต่อ
ชุดมีน้ำหนัก
ใกล้เคียง 1,000
กรัมถึง 1,010 กรัม

รูปที่ 4.34 ลักษณะการเว้นช่วงการสไลด์สามชั้น

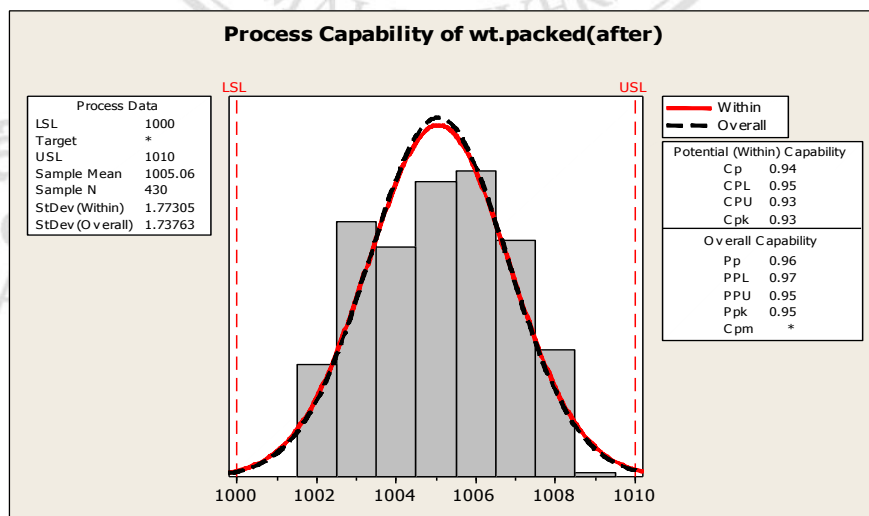


รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตสามชั้นสไลด์ก่อนและหลังการปรับปรุง

รูปที่ 4.35 เป็นการเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตสามชั้นสไลด์ก่อนและหลังการปรับปรุงจะเห็นว่าหลังการปรับปรุงมีการเพิ่มขึ้นขั้นตอนการตัดวัตถุดิบให้ได้ขนาดความกว้างที่ 9 นิ้วก่อนนำเข้าแช่แข็งตามสัญลักษณ์  ซึ่งจากการปรับปรุงนี้ทำให้สามารถตัดขั้นตอนการทำงานในกล่องเส้นปะสีแดงที่มีสัญลักษณ์  ออกได้ทั้งหมด และในขั้นตอนที่มีสัญลักษณ์  ถูกตัดออกไปเพราะหลังปรับปรุงจากการออกแบบการทดลองจนได้อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่มีการนำวัตถุดิบมาละลาย

4.4.3 การวัดความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุง

เมื่อดำเนินตามแนวทางในการปรับปรุงในข้อ 4.4.1 และ 4.4.2 พบว่าทำให้น้ำหนักการบรรจุสินค้าสามชั้นสไลด์อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะที่ LSL 1,000 กรัมถึง USL 1,010 กรัมค่ากลางที่ 1,005 กรัม โดยพบวก่อนปรับปรุงข้อมูลส่วนใหญ่เกินข้อกำหนดคุณลักษณะบนและมีค่ากลางอยู่ที่ 1,018 ดังแสดงผลในหัวข้อ 4.2.2 ส่วนหลังการปรับปรุง ดังรูปที่ 4.36 พบว่าข้อมูลอยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นส่วนใหญ่ มีค่ากลางของอยู่ที่ 1,005 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 4.965 เป็น 1.737 นอกจากนี้เมื่อเทียบค่าความสามารถของกระบวนการ (C_p) และค่าสมรรถนะของกระบวนการที่แท้จริง (C_{pk}) ก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าหลังการปรับปรุงค่า C_p เท่ากับ 0.94 และค่า C_{pk} เท่ากับ 0.93 ซึ่งเพิ่มขึ้นแสดงว่าความสามารถของกระบวนการและสมรรถนะของกระบวนการที่ทำได้จริงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่า C_p และ C_{pk} มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น แสดงให้เห็นว่ากระบวนการอยู่จุดกึ่งกลางของข้อกำหนด



รูปที่ 4.36 การกระจายตัวของน้ำหนักสินค้าหลังบรรจุหลังการปรับปรุง

4.5 การควบคุม (Control: C)

จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินงานในขั้นตอนการควบคุม เพื่อควบคุมกระบวนการไม่ให้ปัญหาเกิดซ้ำ โดยจัดทำเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อควบคุมให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ได้เสนอแนวทาง โดยในเอกสารวิธีการปฏิบัติงานมีการระบุผู้รับผิดชอบ ทำที่ขั้นตอนการปฏิบัติงานไหน ทำอะไร มีรายละเอียดว่าทำอะไร มีวิธีการปฏิบัติบอชัดเจนว่าทำอย่างไร โดยรวบรวมไว้ในช่องขั้นตอนการปฏิบัติงาน ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน และรูปภาพเพื่ออำนวยความสะดวกเข้าใจ ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 เอกสารวิธีการปฏิบัติงาน

ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	อุปกรณ์	รูป	หมายเหตุ
พนักงานแต่งเนื้อสามชั้น	1. ใช้มีดตัดเนื้อส่วนที่ไม่มีหนังหุ้มออก	มีด		
	2. ตัดแต่งเนื้อแดงด้านในของแผ่นสามชั้นที่นูนขึ้นมา เพื่อให้แผ่นสามชั้นเรียบเสมอกัน	มีด		
	3. ตัดแต่งสามชั้นแผ่นให้มีขนาดความกว้าง 9 นิ้วและเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	มีด		
	4. นำแผ่นสามชั้นใส่ถุง HD ปิดผนึกแล้วนำเข้าตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิตู้ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง เพื่อให้แผ่นสามชั้นมีอุณหภูมิ -1 องศาเซลเซียส	ตู้แช่แข็ง		

ตารางที่ 4.16 เอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	อุปกรณ์	รูป	หมายเหตุ
พนักงาน สไลด์ลีนค่า	5. นำแผ่นสามชั้นออกจากตู้ แช่แข็งแล้วแกะถุงบรรจุ ออก ทำการวัดอุณหภูมิใจ กลาง	มีด เทอร์โม คอปเปอร์		
	7. นำสามชั้นแผ่นเข้าเครื่อง สไลด์โดยวางให้ด้านที่เป็น หนังอยู่ด้านบน และด้านที่ ต่อกับสันนอกอยู่ด้านใน เพื่อให้เป็นส่วนที่ถูกตัด โดยใบมีดก่อน	เครื่อง สไลด์	<p>[ด้านที่ต่อกับสันนอก]</p> 	
	8. กดปุ่มสีเขียวเพื่อให้ตัวกด แผ่นสามชั้นทำงาน และกด ปุ่มสีเขียวเพื่อเริ่มสไลด์ ให้เครื่องสไลด์แผ่นสาม ชั้นจนหมดแล้วกดปุ่มสี แดงเพื่อหยุดการทำงาน ของเครื่อง	เครื่อง สไลด์		

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 เอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	อุปกรณ์	รูป	หมายเหตุ
พนักงาน สไลด์สินค้า	9.ตัดแผ่นสามชั้น สไลด์ให้ได้ความยาว ตาม spec. 2.5 นิ้ว หรือ 1.5 นิ้วโดย [1] ใช้อุปกรณ์เสริม กดเพื่อ	อุปกรณ์เสริม มีด	<p>[1] </p> <p>[2] </p>	
	10.บรรจุใส่ถุงและ ชั่งน้ำหนัก	เครื่องชั่ง	 	
	11.ซีลปิดผนึก	เครื่องชั่ง		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved