



การเพิ่มร้อยละผลผลิตโดยการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกด้วยเครื่องมือการ
ออกแบบการทดลอง

โดย

นางสาวธัญพิมล ชันทอง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การเพิ่มร้อยละผลผลิตโดยการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกด้วย
เครื่องมือการออกแบบการทดลอง



โดย
นางสาวธัญพิมล ชื่นทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE OPTIMAL CONDITION OF BOIL CHICKEN TO INCREASE YIELD BY DESIGN
OF EXPERIMENT



An Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2019
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การเพิ่มร้อยละผลผลิตโดยการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกด้วยเครื่องมือการออกแบบการทดลอง
โดย	ธัญพิมล ชันทอง
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผนก ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

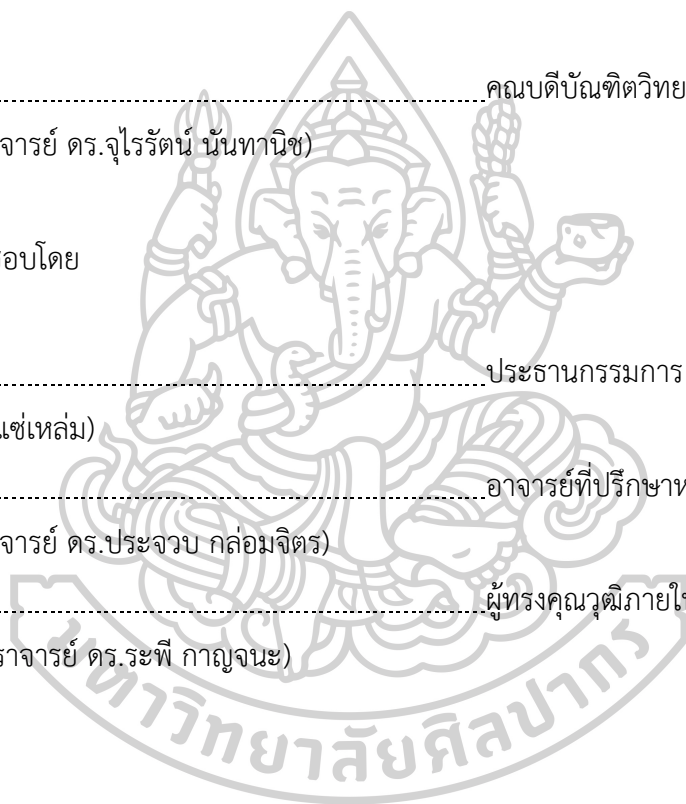
(ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ)



61405306 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

คำสำคัญ : ร้อยละผลผลิต, การออกแบบการทดลอง

นางสาว ธัญพิมล ชันทอง: การเพิ่มร้อยละผลผลิตโดยการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกด้วยเครื่องมือการออกแบบการทดลอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร์

กระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกที่นำไปใช้ในส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์บรรจุกระป๋อง และบรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบเป็นอย่างมาก เนื่องจากมาตรฐานกำหนดค่าควบคุมกระบวนการเป็นค่ากำหนดที่เป็นช่วงกว้างและไม่ชัดเจน จึงมีการนำเครื่องต้มไก่แบบสายพานอัตโนมัติมาใช้ในกระบวนการ เพื่อให้การดำเนินงานมีมาตรฐานและสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ โดยการออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟกทอเรียล (factorial experiment) ในกระบวนการมี 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ อุณหภูมิหลังละลายที่ระดับ 5°C และ 25°C อุณหภูมิของน้ำต้มที่ระดับ 85°C และ 95°C ระยะเวลาในการต้มที่ระดับ 10 นาที และ 25 นาที และอุณหภูมิของน้ำคูลิ่งที่ระดับ 10°C และ 28°C ส่วนผลิตภัณฑ์สันในไก่ อุณหภูมิหลังละลายที่ระดับ 5°C และ 25°C อุณหภูมิของน้ำต้มที่ระดับ 80°C และ 95°C ระยะเวลาในการต้มที่ระดับ 4 นาที และ 8 นาที และอุณหภูมิของน้ำลดอุณหภูมิที่ระดับ 10°C และ 28°C ทำการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ และวิเคราะห์อุณหภูมิใจกลางของเนื้อไก่มี 3 ประเภท คือ สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไปที่มีอุณหภูมิหลังปรุงสุก 60-65°C สำหรับผลิตภัณฑ์คลุกสารปรุงรสที่มีอุณหภูมิหลังปรุงสุก 65-70°C และสำหรับผลิตภัณฑ์ไก่เส้นขนาดเล็กที่มีอุณหภูมิหลังปรุงสุก 70-75°C จากการทดลองนำผลมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab และนำค่าควบคุมมาทดลองผลิตสินค้าจริงพบว่าสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตได้ ในผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.70 และในผลิตภัณฑ์สันในไก่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.42 และช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตถึง 3,023,877 บาทต่อปี

61405306 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)

Keyword : Yield, Design of experiments

MISS THANPIMOL KHUNTHONG : THE OPTIMAL CONDITION OF BOIL CHICKEN TO INCREASE YIELD BY DESIGN OF EXPERIMENT THESIS ADVISOR : PRACHUAB KLOMJIT

In the process of preparing the raw materials of cooked Chicken, Used in canned and pouch of pet food ingredients. There is a significant loss of production during the preparation of raw materials because there is no actual operating standard. So, Automatic conveyor chicken boiler is used in the process. In order to ensure the standard operation and increase productivity in raw material preparation process. The experimental design is factorial experiment. In the process, there are 4 factors, each of which has 2 level: For chicken breast, the core temperature after thawing at 5 °C and 25 °C, the water temperature of boiling at 85 °C and 95 °C, boiling time at 10 minutes and 25 minutes, and the water temperature of cool at 10 °C and 28 °C. For chicken fillet, the core temperature after thawing at 5 °C and 25 °C, the water temperature of boiling at 80 °C and 95 °C, boiling time at 4 minutes and 8 minutes, and the water temperature of cool at 10 °C and 28 °C. Analyze the yield obtained in the raw material preparation process. And analyze the temperature of the chicken meat. There are 3 types: Normal 60-65 °C, Pouch 65-70 °C and Mini Pouch 70-75 °C. Based on the results of the experiment, calculated with the Minitab program. Yield of chicken breast, it was found that the yield can be increased 2.70%. Yield of chicken fillet, it was found that the yield can be increased 3.42%. Which can reduce the cost by 3,023,877 baht per year.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาในการชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการให้คำปรึกษาในการคิดวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ คอยให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ อย่างละเอียด อีกทั้งช่วยผลักดันให้ข้าพเจ้าดำเนินงานวิจัยนี้ได้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สิทธิชัย แซ่เหล่ม ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำแก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระพี กาญจนะ ที่ช่วยแนะนำแนวทางการดำเนินงาน ตลอดจนการแนะนำการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความรู้ในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่ายอาหารสัตว์เลี้ยงกรณีศึกษา ผู้จัดการฝ่ายผลิต ที่ได้อนุเคราะห์และสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยด้านข้อมูล การดำเนินการทดลอง และส่วนงานต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบของพระคุณพ่อแม่ รวมถึงทุกท่านที่เป็นกำลังใจ และคอยให้การสนับสนุนข้าพเจ้าในด้านต่างๆ จนสามารถทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ธัญพิมล ชันทอง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความหมายของเปอร์เซ็นต์ร้อยละของผลผลิต	3
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการโครงการ.....	3
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 3	12
วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 การศึกษากระบวนการผลิตปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา.....	16
3.2 การศึกษาสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาและตั้งเป้าหมาย	18
3.3 วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา.....	20
3.4 พิสูจน์สาเหตุที่ได้จากกวารวิเคราะห์.....	21

3.5 การออกแบบการทดลอง.....	43
3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	50
3.7 การสร้างเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน	51
3.8 สรุปผลการทดลอง และนำเสนองานวิจัย	51
บทที่ 4	52
ผลของการวิจัย.....	52
4.1 ผลการทดลอง.....	52
4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง	56
4.3 การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง.....	60
4.4 การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลอง.....	63
4.5 การทดสอบเพื่อยืนยันผลการวิจัย	67
4.6 การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work instruction).....	71
4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	72
4.8 บทสรุป.....	73
บทที่ 5	74
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	74
5.1. สรุปผลการวิจัย.....	74
5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย	75
รายการอ้างอิง	76
ประวัติผู้เขียน.....	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องด้วยปัจจุบันต้นทุนส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงสำเร็จรูปมาจาก ต้นทุนวัตถุดิบ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับปรุงกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบหลัก ในผลิตภัณฑ์ และพยายามหาวัตถุดิบอื่นที่มีราคาต้นทุนถูกกว่ามาทดแทนเนื้อไก่ปรุงสุกเป็นอีกวัตถุดิบ หนึ่งที่กำลังมีแนวโน้มความต้องการทางตลาดที่สูงขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมผู้บริโภคของผู้บริโภคยุค ใหม่ให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น เนื้อไก่ก็เป็น อาหารประเภทโปรตีนที่ได้รับความนิยมสูง สามารถนำมาปรุงอาหารได้หลากหลาย มีประโยชน์ ต่อร่างกาย และเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่มีความละเอียด อ่อนนุ่มคล้ายปลาทูน่า ทำให้เคี้ยวกลืนง่าย จึง เหมาะที่จะเป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงในทุกช่วงอายุของสัตว์เลี้ยงจำพวกสุนัขและแมว

นอกจากเนื้อไก่สามารถใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงแทนเนื้อปลาทูน่า เนื้อไก่อัง มีราคาที่ถูกกว่าเนื้อปลาทูน่า และสามารถใช้เป็นส่วนผสม หรือวัตถุดิบหลักทดแทนเนื้อปลาทูน่า ใน ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์เลี้ยงในกลุ่มอาหารสุนัขและแมวได้ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเนื้อ ไก่ต้มสุก ให้สามารถผลิตได้ในอัตราการผลิตที่สูงขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้ง ในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงต้องดำเนินการลดต้นทุนวัตถุดิบ ใช้เนื้อไก่ให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด ด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิต และควบคุมปัจจัยต่างๆในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มร้อยละของ ผลผลิต การลดความสูญเสียน้ำหนักเนื้อไก่ในกระบวนการผลิต หรือที่เรียกว่าการเพิ่มยิว โดยจะทำการปรับปรุงกระบวนการตั้งแต่การนำวัตถุดิบเข้าเครื่องต้ม จนถึงจบกระบวนการลดอุณหภูมิเนื้อไก่ หลังปรุงสุกให้มีความเหมาะสมตรงตามมาตรฐานอุณหภูมิใจกลางชิ้นไก่ในการปรุงสุกในแต่ละกลุ่ม ผลิตภัณฑ์ และได้ร้อยละของผลผลิตสูงสุด

ปัจจุบันกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกในบริษัทที่ทำการวิจัย เกิดความสูญเสียน้ำหนักเนื้อ ไก่ เนื่องจากการควบคุมกระบวนการผลิตของแผนกเตรียมวัตถุดิบ ทำให้ร้อยละของผลผลิตเนื้อไก่ ปรุงสุกอยู่ต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนด คือ ร้อยละ 76 โดยวัตถุดิบเนื้อไก่ที่ใช้ผลิต ได้แก่น้ำหนักเนื้อไก่ที่มี ค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 72.94 และเนื้อสันในไก่มีค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 72.96 ทำให้จำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในพื้นที่นี้อย่างเร่งด่วน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุก โดยการเพิ่มร้อยละของผลผลิต (% Yield) ในกระบวนการต้ม และคลุ่ลิ่งด้วยระบบสายพานอัตโนมัติ
2. เพื่อให้มีมาตรฐานค่าควบคุมกระบวนการ (Condition) ในแต่ละขั้นตอนผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกที่เป็นช่วงแคบลง สามารถกำหนดค่าควบคุมได้เหมาะสมตามประเภทผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในการทำการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตขอบเขตกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการละลายเนื้อไก่แช่แข็ง, กระบวนการต้ม และกระบวนการคลุ่ลิ่ง ซึ่งอาจมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และต้องทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด เพื่อให้ได้ค่าควบคุมกระบวนการที่มีความแม่นยำ จึงจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลสองซ้ำ และใช้ระยะเวลาในการทำการทดลอง

การวิจัยกระบวนการเพื่อทำการปรับปรุงในครั้งนี้ ได้รับความร่วมมือจากผู้บริหารและฝ่ายผลิตที่เกี่ยวข้องอนุญาตและให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี และใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลคือ เครื่องมือการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) ช่วยให้ได้มาหาค่าควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้ร้อยละของผลผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ยิวได้ตามเป้าหมาย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้ จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับดังต่อไปนี้

1. ผลร้อยละของผลผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกได้ตามเป้าหมาย เป็นการลดต้นทุนวัตถุดิบทางตรง เนื่องจากได้น้ำหนักเนื้อไก่ปรุงสุกในกระบวนการเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดผลประหยัดเฉลี่ย 2,514,202 บาทต่อปี
2. มีมาตรฐานค่าควบคุมกระบวนการ (Condition) ในแต่ละขั้นตอนผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกที่มีความเหมาะสมตามประเภทผลิตภัณฑ์

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ร้อยละของผลผลิตด้วยการกำหนดค่าควบคุมในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุก ได้รับบริการเข้าทำการวิจัยจากบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามลำดับดังนี้ คือ ความหมายของเปอร์เซ็นต์ร้อยละของผลผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ยิว แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิจัยเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ยิวในกระบวนการปรุงสุกเนื้อไก่

2.1 ความหมายของเปอร์เซ็นต์ร้อยละของผลผลิต

ร้อยละของผลผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ยิว (%Yield) หมายถึง สัดส่วนของค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบหนึ่งหน่วยที่ผ่านกระบวนการ หรือหักส่วนที่สูญเสียออกเรียบร้อยแล้ว ต่อค่าน้ำหนักวัตถุดิบหนึ่งหน่วยก่อนผ่านเข้าสู่กระบวนการหักส่วนที่สูญเสียออก ซึ่งเป็นตัววัดพื้นฐานสำคัญที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่สำคัญ ในการคำนวณต้นทุนเพื่อกำหนดราคาในการขายสินค้า

ร้อยละของผลผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ยิว (%Yield) คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมดเทียบกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ การหาค่าร้อยละของผลผลิต คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551)

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด (ตัน)}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ (ตัน)}} \times 100$$

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการโครงการ

การออกแบบการทดลอง หรือ Design of Experiment (DOE) มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระหรือปัจจัย (factors) ของกระบวนการหนึ่งๆ เพื่อดูผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้น

กระบวนการ (Process) คือการทำงานผสมผสานระหว่างกันของ เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material), มนุษย์ (People), กรรมวิธีการทำงาน (Methods), สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment) และกระบวนการวัดค่า (Measurement) เพื่อให้เกิดเป็นผลผลิตหรือการบริการ เพื่อชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง สามารถอธิบายได้ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงปัจจัย กระบวนการ และ ตัวแปรตอบสนอง

ในกระบวนการแต่ละกระบวนการจะมีปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งบางปัจจัยก็ไม่สามารถควบคุมได้ ถึงแม้ว่าจะเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการก็ตาม ก็อาจต้องปล่อยให้ตัวแปรเหล่านั้นเป็นไปตามสภาวะธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งการออกแบบการทดลองจะเรียกตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ว่า Noise ส่วนตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ และไม่ควรถูกปล่อยให้เกิดความผันแปรของค่าตัวแปร เนื่องจากส่งผลกระทบต่อกระบวนการมากกว่าตัวแปร Noise จึงจำเป็นต้องทำการควบคุมตัวแปรที่สามารถควบคุมได้นี้ให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งที่มีผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด หรือปรับค่าตัวแปรให้เหมาะสมต่อกระบวนการ ซึ่งจะเรียกตัวแปรที่สามารถควบคุมได้นี้ว่า Key Process Input Variable (KPIV) และในขณะเดียวกันจะสามารถรู้ประสิทธิภาพ หรือความเป็นไปของกระบวนการได้ โดยการวัดด้วยตัวชี้วัด เช่นเดียวกันกระบวนการหนึ่งๆ อาจวัดด้วยตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว หรือมากกว่า 1 ตัว วิธีวัดก็ได้ทั้ง วัดด้วยเครื่องมือวัดซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าที่ต่อเนื่อง (Continuous data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative variable) แต่หากวัดได้ด้วยวิธีการนับ หรือพิจารณาจากการสังเกต จะได้ค่าของผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) หรือเรียกว่าเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ แต่ตามความเป็นจริงแล้วอาจไม่สามารถวัดตัวแปร Output ของแต่ละกระบวนการได้ทุกตัว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องวัดเฉพาะตัวแปรที่ส่งผลกระทบถึงปัญหา ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้เหมาะสมที่สุดหรือมากที่สุดเท่านั้น และเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Key Process Output Variable (KPOV)

ตัวแปรต่างๆที่เข้าสู่กระบวนการ Input factors ที่พิสูจน์แล้วว่าเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการมาก และ Output factors ที่เป็นตัวชี้วัดจะบ่งบอกถึงกระบวนการได้ดีที่สุด ซึ่งมีทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดได้ และวัดด้วยเครื่องมือไม่ได้ ต้องนับหรือสังเกตด้วยคน การใช้เครื่องมือการออกแบบการทดลอง DOE นั้นจะไม่นิยมใช้ Response หลายตัวในการทำการทดลอง ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) ต้องมีความชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและเป็นรูปธรรม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ อะไรที่กำลังเป็นปัญหา (What), ลักษณะของปัญหาเป็นอย่างไร และส่งผลกระทบต่อขนาดไหน (How), และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาเมื่อใด (Where)

2. การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) ในการออกแบบการทดลองจำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถคัดเลือกจากวิธีการคัดกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติ ในกลุ่มจำพวก Univariate เช่น T-Test เป็นต้น ซึ่งผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในกระบวนการนั้นๆ ก็จะสามารถให้คำแนะนำที่ดีในการเลือกปัจจัย และกำหนดระดับของปัจจัยได้เป็นอย่างดี

3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) ต้องเป็นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สามารถสื่อถึงกระบวนการได้โดยตรง

4. การเลือกวิธีการออกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น การกำหนดจำนวนตัวอย่าง วิธีการเลือกตัวอย่าง การวางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดลองต่างๆ เป็นต้น

5. การดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนที่กำหนด ทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และการเก็บรวบรวมผลจากการทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ไม่ใช่เพียงแค่การ Run computer program เพื่อให้ได้ผลออกมา แต่รวมถึงการตรวจสอบข้อมูล ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การพิสูจน์ทราบความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model adequacy checking) และหาว่าระดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์

7. สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำ โดยผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจความเป็นมาของข้อมูลเป็นอย่างดี และมองเห็นถึงที่มาของผลการทดลองที่ได้ ทราบถึงการดำเนินการว่ามีข้อบกพร่องที่จุดใด มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะรับรู้ เพื่อการดำเนินการทดลองในอนาคตจะเอาไปเป็นบรรทัดฐานได้อย่างถูกต้อง (ฉลอง สีแก้วสัว, 2552)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) คือการดำเนินการทดลองอย่างเป็นระบบที่มีการควบคุมกระบวนการตามการออกแบบการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาว่าวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต (Input: Xs) หรืออิทธิพลระหว่างกันของวัตถุดิบ (Interaction) มีความสัมพันธ์ต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต (Output: Ys) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

ประโยชน์ของ DOE คือ เป็นเครื่องมือที่ช่วยประหยัดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ในขณะที่ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือสูง สามารถนำไปใช้ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์หรือตัวแปรต่างๆ ของกระบวนการ เพื่อให้กระบวนการสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Optimal Process Setting)

การออกแบบการทดลองที่เกิดประสิทธิภาพ ผู้ควบคุมต้องทำตามขั้นตอน โดยต้องมีการทำความเข้าใจกับปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน เลือกผลลัพธ์ (Y) ของกระบวนการ กำหนดปัจจัย (X) ที่น่าจะมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ (Y) และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม ได้แก่ One Factor at A Time, Full Factorial, Fractional Factorial, 2k Factorial ทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปผลการทดลอง จากนั้นจึงนำข้อสรุปที่ได้ไปปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการแล้วทดลองเก็บข้อมูลอีกครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลองก่อนนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง (สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2558)

แผนผังสาเหตุและผล หรือที่เรียกกันว่า แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา กับสาเหตุของปัญหาทั้งหมดที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหาหรือก่อให้เกิดปัญหานั้นๆ (Possible Cause) เนื่องจากแผนผังสาเหตุและผลมีลักษณะคล้ายก้างปลาที่หัวปลาระบุถึงปัญหาที่ทำการวิเคราะห์ และก้างปลาระบุถึงสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของปัญหา จึงถูกเรียกว่าแผนผังก้างปลา หรือในชื่อแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) สามารถทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผลเมื่อมีเหตุผลดังนี้

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ของปัญหา
2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการต่างๆ เพราะโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะเรื่องในพื้นที่ที่ตนเองปฏิบัติงานเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้สามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้มากยิ่งขึ้น
3. เมื่อต้องการให้เป็นถึงแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา และสิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม ร่วมกันระดมสมองเป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ประชาสรรค์ แสนภักดี, 2550)
 1. กำหนดประโยคปัญหาระบุไว้ที่หัวปลา
 2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ อาจระบุปัจจัยหลักเป็น 4M 1E
 3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
 4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
 5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
 6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่เนื้อนุ่ม ได้ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP) สารโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (Sodium Acid Pyrophosphate, SAPP) และ สารโซเดียมอีริทโธเรต (Sodium erythorbate, SE) ในการหมักเนื้อไก่เนื้อนุ่ม ที่มีคุณสมบัติช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ พบว่าหลังการแช่สารละลายเป็นเวลานาน 30 นาที เนื้อไก่ที่แช่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ของอัตราส่วนของ STPP:SAPP:SE 0:0:100 ทำให้น้ำหนักร้อยละของผลได้ (% yield) มากที่สุด คือ 106.18 และหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เนื้อไก่ที่แช่ในสารละลายที่มีอัตราส่วนของ STPP:SAPP:SE 70:20:10 ทำให้น้ำหนักร้อยละผลผลิตได้มากที่สุดคือ 64.62 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-Value <0.05) กับเนื้อไก่ที่ไม่ได้ทำการแช่ในสารละลายฟอสเฟต ซึ่งมีน้ำหนักร้อยละของผลผลิตได้เท่ากับ 45.66 หลังจากนั้นได้นำส่วนผสมที่มีอัตราส่วนของ STPP:SAPP:SE 70:20:10 ร้อยละ 1 ผสมกับผงปรุงรสที่มีสูตรดังนี้คือ สารมอลโตเดกซ์ทริน 42%, เกลือ 14%, ซอสถั่วเหลือง 10%, ผงชูรส 10%, น้ำตาลทรายขาวป่น 7%, พริกไทยขาวป่น 9%, ไฮโดรไลซ์เวเจเทเบิลโปรตีน 3%, ซิลิคอนไดออกไซด์ 2%, กระเทียมผง 1%, โอลีโอเรซินแบล็คเปปเปอร์ 1% และน้ำมันกระเทียม 1% เพื่อผลิตเป็นผงหมักไก่เนื้อนุ่ม และทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณการใช้ที่เหมาะสมพบว่า การหมักเนื้อไก่เนื้อนุ่มโดยใช้ผงหมักไก่เนื้อนุ่ม 35 กรัม ต่อเนื้อไก่ 500 กรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด และทำให้น้ำหนักร้อยละผลได้มากที่สุดด้วยเช่นกัน (ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา, 2554)

Asst. Prof.Dr. Wisanu Wanasawaeng (2557) ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการตรวจคัดกรอง Yield ในโรงงานแปรรูปการผลิต ทางด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังบริษัท Gainco Inc. เพื่อเริ่มต้นทดสอบระบบในการใช้งานเชิงพาณิชย์

เครื่อง YieldScan Rapid Yield Analyzer เป็นอุปกรณ์อัตโนมัติ สำหรับการตรวจคัดกรอง Yield ในไลน์การผลิตเนื้อไก่ไม่ติดกระดูก ซึ่งถูกพัฒนาโดย GTRI และบริษัท Gainco Inc. ที่เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือสำหรับโรงงานผลิตเนื้อสัตว์ปีก เนื้อสัตว์ และอาหารทะเลโดยอาศัยระบบการตรวจจับด้วยระบบอัตโนมัติเป็นส่วนหนึ่งของคุณสมบัติพิเศษของเครื่องมือชิ้นนี้ บริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมสัตว์ปีก คาดหวังว่าสินค้าชนิดใหม่ YieldScan นี้จะเป็นผลิตภัณฑ์

ปฏิกิริยาการสักร์ปิกสำหรับกระบวนการผลิตเนื้อไก่ไม่ติดกระดูก และช่วยยกระดับการจัดการ ตรวจสอบ Yield ของเนื้อไก่ให้มีความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การตรวจสอบ Yield เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดปริมาณเนื้อไก่ที่ถูกตัดแต่งออกไประหว่างการถอดกระดูก รวมถึง ปริมาณของเนื้อไก่ที่เหลืออยู่ ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงงานแปรรูปการผลิต และเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิต เนื่องจากทุกชิ้นส่วนของเนื้อไก่ที่ถูกตัดแต่งออกไปแม้เพียงเล็กน้อย ก็หมายถึงการสูญเสียกำไรที่จะได้กลับคืนมา สำหรับสิทธิบัตรเทคโนโลยีการจับภาพของ YieldScan ได้รับการพัฒนาโดยนักวิจัยจาก GTRI ในระยะเวลาสองปี ระบบนี้จะมีการแสดงภาพสีด้วยวิธีพิเศษร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ในการประมวลผล เพื่อประมวลผลเนื้อที่เหลืออยู่ หรือที่เรียกว่า “Yield loss” โดยใช้เวลาไม่ถึงวินาที และมีความสัมพันธ์กับการตรวจวัดด้วยวิธีปกติ ซึ่งเทคนิคการตรวจวัด Yield ในปัจจุบัน พนักงานจะใช้มีดพิเศษขูดเนื้อจากโครงไก่ วิธีการปรกติแบบ Manual process นี้ใช้กันมานานตามวิธีของ Usher ไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการประเมิน Yield เนื่องจากปริมาณของเนื้อไก่ที่เหลืออยู่ขึ้นกับฝีมือ และความเหนื่อยล้าของพนักงานแต่ละคนซึ่งอาจมีผลต่อความถูกต้องในการพยากรณ์ค่าทางสถิติของผู้บริหารโรงงาน กระบวนการดังกล่าวนี้ยังสิ้นเปลืองแรงงาน และใช้ระยะเวลาในการวัด อีกทั้งยังทำได้เพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ดังนั้นด้วยเทคโนโลยีใหม่นี้โรงงานแปรรูปการผลิตจึงสามารถตรวจติดตามกระบวนการผลิตเนื้อไก่ถอดกระดูกแบบ Real time รวมถึง การประมวลผลทางสถิติ เพื่อสำรวจหาขั้นตอนที่เบี่ยงเบนไปจากที่วางแผนไว้ (Wanasawaeng, 2557)

สมศักดิ์ แก้วพลอย และ กุลยุทธ บุญแข่ง ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการอบไม้ยางพารา เพื่อหาค่าสถานะที่เหมาะสมในกระบวนการอบไม้ยางพารา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง DOE และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมมินิแทป16 (Minitab 16)

ปัญหาในกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารามีหลายปัญหา ได้แก่ การคัดเลือกไม้และขนาดไม้ กระบวนการอัดน้ำยาง กระบวนการอบ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการการอบเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญกระบวนการหนึ่งที่ต้องทำก่อนที่จะนำไม้ยางพาราไปจำหน่ายส่งให้ลูกค้าต่อไป เนื่องจากต้องใช้เวลาและพลังงานสูง ซึ่งจะต้องควบคุมเรื่องความชื้นของไม้ที่ผ่านการอบให้ได้ค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8-12 อย่างไรก็ตามหากไม้ยางพาราที่ทำการตรวจวัดค่าความชื้นไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดก็จะทำการอบต่อ จนกว่าจะได้ค่าความชื้นของไม้ยางพาราตามมาตรฐาน หรืออาจต้องใช้การ

ดมกลิ่น หรือการฟังเสียงการเคาะ เพื่อตรวจสอบความชื้นเบื้องต้น ตัวอย่างงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบไม้ยางพาราโดยวิธีการออกแบบการทดลอง DOE โดยการนำไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเลื่อย และผ่านกระบวนการอัดน้ำยามาทำการอบ เพื่อตรวจสอบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่จะทำให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ต้องการ คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8-12 สภาวะใดที่ทำให้ไม้ยางพารามีความชื้นที่เหมาะสมที่สุด

โดยเริ่มศึกษากระบวนการอบไม้ยางพารา และศึกษาข้อมูลการอบ เพื่อระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากการศึกษาพบว่าค่าความชื้น (Humidity) ของไม้ยางพาราไม่ได้ตามมาตรฐาน เมื่อถึงเวลาที่ใช้ในการอบทำให้ต้องใช้เวลาในการอบนานจนกว่าจะได้ค่าความชื้นตามที่ต้องการ ทำให้เกิดความสูญเสียพลังงานสูง ดังนั้นจึงความจำเป็นจะต้องหาปรับปรุงค่าควบคุมสภาวะให้เหมาะสมในกระบวนการอบไม้ยางพารา โดยหาค่าควบคุมด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธีระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าปัจจัยหลักที่สำคัญมาจากหลายสาเหตุอันมาจาก วัตถุดิบ เครื่องจักร วิธีการ และคน จึงเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญส่งผลกระทบต่อค่าความชื้น และเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้มาใช้ในการวิจัย ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาในการอบไม้ยางพารา และเวลาในการเปิด-ปิดปล่องระบาย ตัวอย่างงานวิจัยนี้ได้ใช้การออกแบบการทดลอง 2 ขั้นตอนคือ (1) การทดลองเบื้องต้นเพื่อที่จะกรองปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้นของไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการอบ โดยใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบทั่วไป (General Full Factorial Design) และ (2) การทดลองเพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบไม้ยางพาราโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์- เบห์นเคน แล้วจึงทำการยืนยันผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าความชื้นของไม้ยางพารา โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ผลการทดลอง และใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomization) ซึ่งสามารถออกแบบการทดลองได้ดังนี้ ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการอบไม้ยางพารา ซึ่งทำการอบตามแผนการอบปกติที่โรงงานใช้อยู่ คืออุณหภูมิในการอบ โดยมีระดับปัจจัย (Factor Level) 2 ระดับ (65 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส) เวลาในการอบ มีระดับปัจจัย 3 ระดับ (4 วัน 8 วัน และ 12 วัน) และทำการเปิด-ปิดปล่องระบายทุกๆ 1 ชั่วโมง มีระดับปัจจัย 2 ระดับ (เปิด 2 นาที ปิด 6 นาที และเปิด 3 นาที ปิด 6 นาที) โดยทำการทดลองซ้ำภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน (Replication) เท่ากับ 3 ซ้ำ ซึ่งมีตัวแปรตอบสนองคือค่าความชื้น โดยได้สภาวะการทดลองจำนวน 12 สภาวะ รวมทั้งหมดได้ 36 การทดลอง

ปัจจัยที่ตัวอย่างงานวิจัยการศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิ เวลา และการเปิด-ปิดปล่องระบายในกระบวนการอบ เพื่อให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามมาตรฐาน การทดลองนี้ใช้ไม้ยางพารา ขนาดหน้าไม้ 2 นิ้ว ที่ผ่านกระบวนการอัดน้ำยา โดยใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล เต็มรูปแบบทั่วไป (DOE Full factorial design) พบว่าปัจจัยอุณหภูมิและเวลาในการอบ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบไม้ยางพารา โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์-เบห์เคน เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่าสามารถกำหนดสภาวะในการอบไม้ยางพาราด้วยสมการถดถอยคือ เปอร์เซ็นต์ความชื้น = $343.640 - 0.788A - 42.464B + 1.339B^2 + 0.053AB$ ซึ่งเป็นสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเชื่อถือ และกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8-12 (แก้วพลอย & บุญเซ่ง, 2557)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการนำแนวคิดการปรับปรุงของสินชีกซ์ชิกมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ยิววัตถุดิบอกไก่และสันในไก่ที่ผ่านกระบวนการปรุงสุก และหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆ เพื่อควบคุมการให้ได้ค่ายิวของเนื้อไก่ปรุงสุกตามค่าเป้าหมาย

สิ่งที่ทำการศึกษาและทดลองครั้งนี้ เป็นการศึกษาวัตถุดิบประเภทเนื้อไก่ ที่เป็นวัตถุดิบหลักในแต่ละผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. วัตถุดิบอกไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไป ที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 60-65 องศาเซลเซียส
2. วัตถุดิบอกไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์คลุกสารปรุงรส ที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 65-70 องศาเซลเซียส
3. วัตถุดิบอกไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์ไก่เส้นขนาด 0.1 มิลลิเมตร ที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 70-75 องศาเซลเซียส
4. วัตถุดิบสันในไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไป ที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 60-65 องศาเซลเซียส
5. วัตถุดิบสันในไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์คลุกสารปรุงรส ที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 65-70 องศาเซลเซียส
6. วัตถุดิบสันในไก่ สำหรับผลิตภัณฑ์ไก่เส้นขนาด 0.1 มิลลิเมตรที่มีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 70-75 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.1 วัตถุดิบอกไก่ สันในไก่ และ ไก่เส้น

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1. ร้อยละผลผลิต(%Yield) ของวัตถุดิบบอโก และสันในไก่ แต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่
ทำการศึกษาและทดลอง
2. ค่าอุณหภูมิใจกลางของวัตถุดิบหลังผ่านกระบวนการต้ม ไม่เกินระยะเวลา 1 นาที ที่เกิด
จากการสุ่มวัดค่าในการทดลอง

ตัวแปรต้นศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

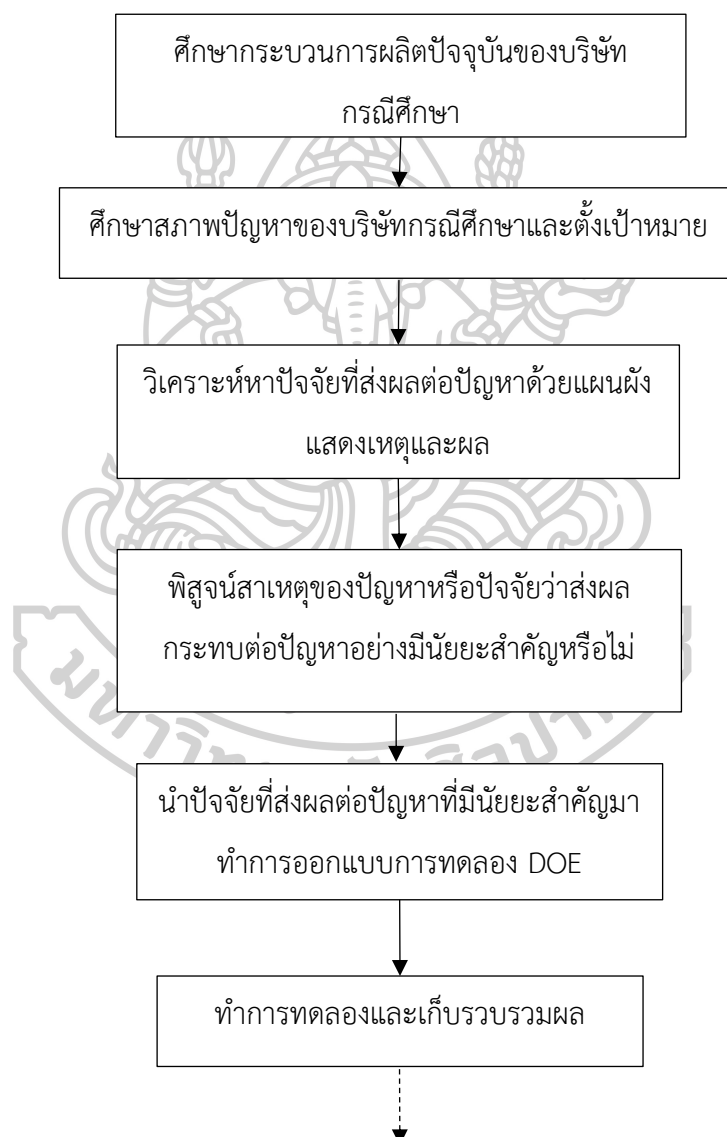
1. ค่าอุณหภูมิใจกลางของวัตถุดิบเนื้อไก่ ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการต้ม
2. อุณหภูมิน้ำในกระบวนการต้ม (ปรุงสุก)
3. ระยะเวลาในกระบวนการต้ม (ปรุงสุก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วสายพาน
4. อุณหภูมิน้ำในกระบวนการลดอุณหภูมิใจกลางของวัตถุดิบเนื้อไก่หลังการปรุงสุก
(อุณหภูมิน้ำคูลลิ่ง (Cooling))

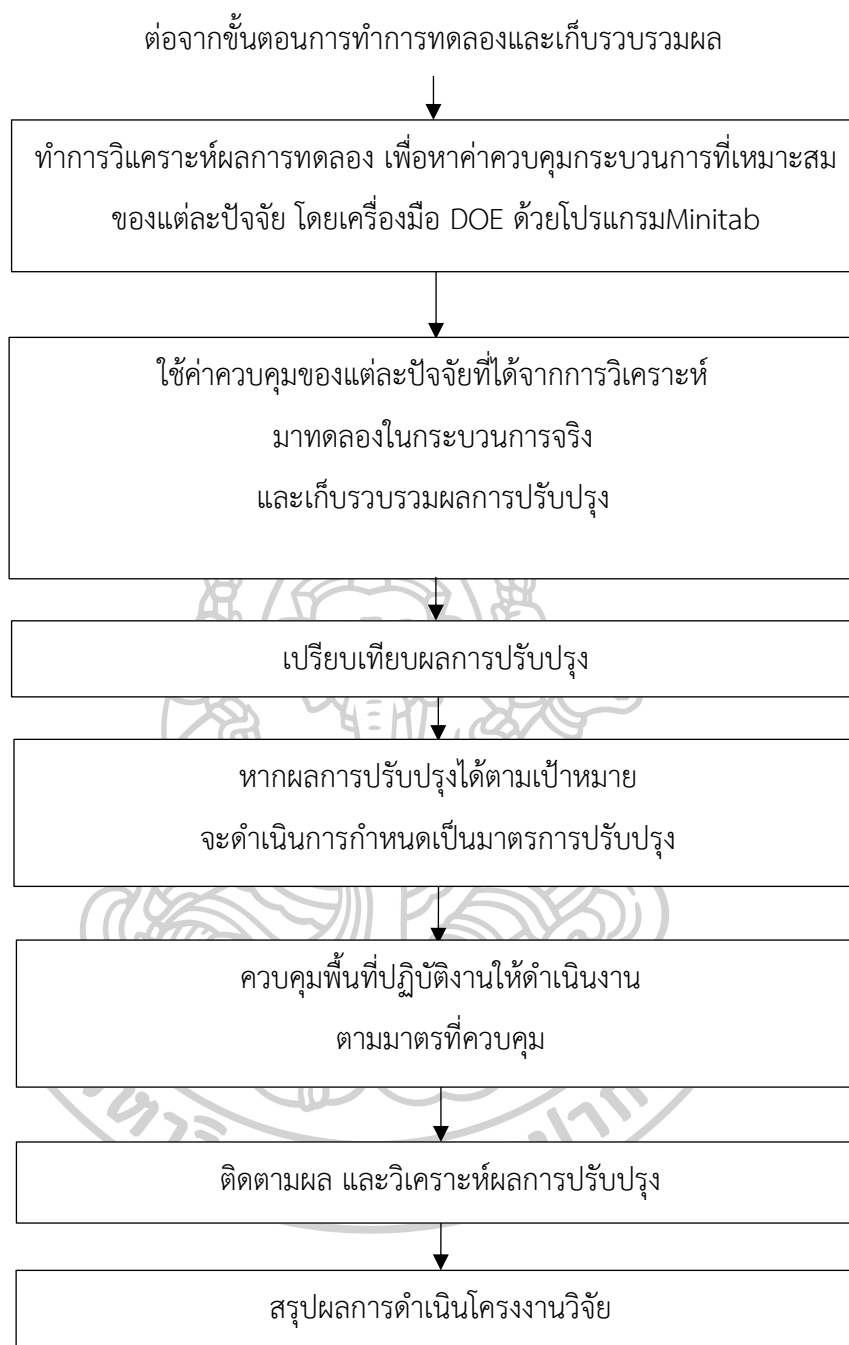
ขอบเขตของกระบวนการที่ศึกษา กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่

1. กระบวนการละลายเนื้อไก่แช่แข็ง
2. กระบวนการปรุงสุกไก่ ด้วยเครื่องต้มชนิดสายพานอัตโนมัติ
3. กระบวนการตรวจสอบอุณหภูมิชิ้นไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก
4. กระบวนการลดอุณหภูมิชิ้นไก่ ด้วยเครื่องคูลลิ่งชนิดสายพานอัตโนมัติ หลังผ่าน
กระบวนการปรุงสุก
5. กระบวนการปั่นชิ้นเนื้อไก่เป็นผลิตภัณฑ์ไก่เส้น
6. กระบวนการชั่งน้ำหนัก เพื่อกำหนดร้อยละผลผลิต และทำการจดบันทึก

วิธีการวิจัย

การวิจัยโดยใช้การออกแบบการทดลอง(Design of Experiment: DOE) และใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคือแผนผังแสดงเหตุและผลเพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต (%Yield) และกำหนดค่าควบคุมกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกที่เหมาะสม ด้วยเครื่องมือการออกแบบการทดลองDesign of Experiment โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้





รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

ขั้นตอนกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกตั้งแต่กระบวนการนำวัตถุดิบเนื้อไก่แช่แข็ง มาทำแช่น้ำเพื่อละลายเกล็ดน้ำแข็ง ปรุงสุกด้วยการต้มในน้ำร้อน แช่น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ ลำเลียงเข้าเครื่องโม้เป็นผลิตภัณฑ์ไก่เส้น และซังน้ำหนักแบ่งเป็นกระบะเพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป มีขั้นตอนรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 กระบวนการละลายวัตถุดิบเนื้อไก่แช่แข็ง

ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกต้องทำการเรียกเข้าวัตถุดิบตามแผนการผลิต โดยแจ้งปริมาณวัตถุดิบที่ต้องการไปยังห้องเย็นเก็บวัตถุดิบ วัตถุดิบเนื้อไก่จะถูกส่งมาในรูปแบบของไก่แช่แข็งที่ผ่านการแช่แข็งในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ -18 องศาเซลเซียส และผ่านการตรวจสอบด้านคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด วัตถุดิบจะอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่มีความจุ 2 และ 4 กิโลกรัมต่อถุง ซึ่งจะต้องนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการแช่น้ำอุ่น เพื่อละลายเกล็ดน้ำแข็งออก จนกระทั่งชิ้นเนื้อไก่อ่อนตัวลง และสามารถแยกออกเป็นชิ้นตามการตัดชิ้นจากผู้ผลิตได้ หลังจากละลายเกล็ดน้ำแข็งออกหมดแล้ว พนักงานจะทำการตัดถุงเพื่อนำวัตถุดิบออกจากถุงแล้วใส่ลงในตะกร้าเพื่อรอน้ำละลายออกและส่งต่อไปยังกระบวนการปรุงสุก

3.1.2 กระบวนการปรุงสุก

เนื้อไก่ที่ผ่านกระบวนการละลายเรียบร้อยแล้วจะสุกลำเลียงมายังจุดปรุงสุก พนักงานจะเทวัตถุดิบลงบนโต๊ะและเรียงวัตถุดิบบนสายพานส่งวัตถุดิบเข้าเครื่องต้ม เรียงโดยไม่ให้ชิ้นวัตถุดิบซ้อนติดกัน เพื่อให้ทุกชิ้นถูกปรุงสุกด้วยอุณหภูมิทั่วถึงตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งระยะเวลาและอุณหภูมิ น้ำต้มจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ วัตถุดิบไก่จะใช้ระยะเวลาในการต้มนานกว่าสันในไก่ เนื่องจากมีขนาดชิ้นที่ใหญ่กว่า

3.1.3 กระบวนการลดอุณหภูมิเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม

ชิ้นไก่หลังผ่านกระบวนการต้มจะได้ชิ้นไก่สุกที่มีอุณหภูมิใจกลางสูง ถูกส่งผ่านสายพานรอน้ำต้มออก และลำเลียงชิ้นเนื้อไก่เข้าสู่เครื่องคลี่ นำชิ้นเนื้อไก่แชลงในน้ำเย็น ภายใต้ระยะเวลาและอุณหภูมิ น้ำคลี่ตามช่วงของค่ามาตรฐานที่กำหนด หลังผ่านกระบวนการคลี่จะได้เนื้อไก่ที่มีอุณหภูมิที่ต่ำลง

3.1.4 กระบวนการโม้เนื้อไก่เป็นเส้น

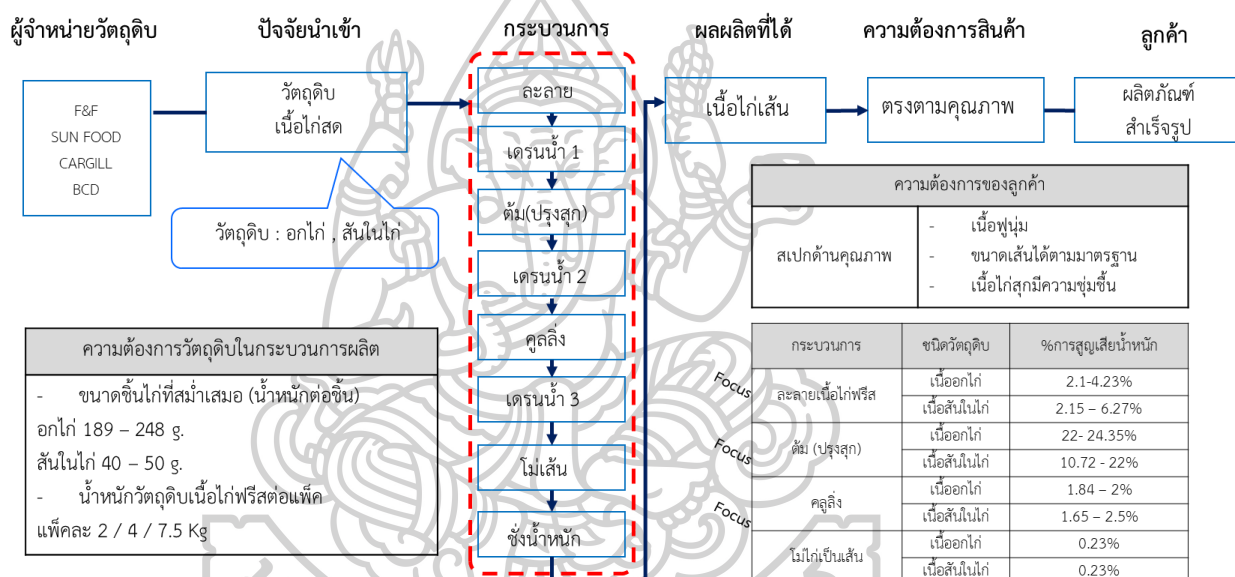
หลังจากชิ้นเนื้อไก่ผ่านกระบวนการคลี่จะถูกส่งผ่านสายพานรอน้ำคลี่ออก และลำเลียงชิ้นเนื้อไก่เข้าสู่เครื่องโม้ ชิ้นเนื้อไก่จะถูกปั่นด้วยใบพัดเครื่องโม้ที่ตั้งค่าความเร็วและระยะใบมีดเพื่อให้ได้ไก่เส้นขนาดต่างๆตามข้อกำหนดของผู้สั่งซื้อ อาทิเช่น ไก่เส้นขนาด 0.1 มิลลิเมตร และไก่เส้นขนาด 0.1 ถึง 0.3 มิลลิเมตร หากผู้สั่งซื้อต้องการไก่เส้นที่มีขนาดเล็ก ทางบริษัทกรณีศึกษาจะปรับค่าควบคุมกระบวนการต้มให้มีระยะเวลาต้มนานกว่ากระบวนการปกติ เพื่อให้ชิ้นไก่ปรุงสุกมี

ระดับค่าความชื้นที่ต่ำลง สามารถไม่เป็นเส้นที่สวยงามได้ ซึ่งมีผลทำให้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ลดลงด้วยเช่นกัน

3.1.5 กระบวนการชั่งน้ำหนักไก่เส้นปรุงสุก

เนื้อไก่ที่ถูกต้มเป็นเส้นตามขนาดที่ผู้ซื้อกำหนด จะถูกชั่งน้ำหนักแบ่งใส่กระเบาะละ 15 กิโลกรัม หรือรวมน้ำหนักภาชนะบรรจุเป็น 18.6 กิโลกรัม เพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนต่อไป

กระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกมีรายละเอียดขั้นตอนตามการวิเคราะห์กระบวนการเตรียมวัตถุดิบเนื้อไก่ปรุงสุกด้วย SIPOC DIAGRAM ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์กระบวนการเตรียมวัตถุดิบเนื้อไก่ปรุงสุกด้วย SIPOC DIAGRAM

ในกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบแต่ละกระบวนการ ทำให้เกิดความสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิดในสัดส่วนที่ต่างกันตามชนิดวัตถุดิบ และค่าในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งทางผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมสัดส่วนของการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละกระบวนการ แสดงดังตาราง ซึ่งทางผู้ศึกษาจะเลือกกระบวนการที่มีสัดส่วนการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2 ขึ้นไป มาทำการศึกษา วิเคราะห์ และทำการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งได้แก่ กระบวนการละลาย ปรุงสุกด้วยการต้มในน้ำร้อน และแช่น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ

ตารางที่ 2 สัดส่วนการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบไก่ และสันในไก่แต่ละกระบวนการ

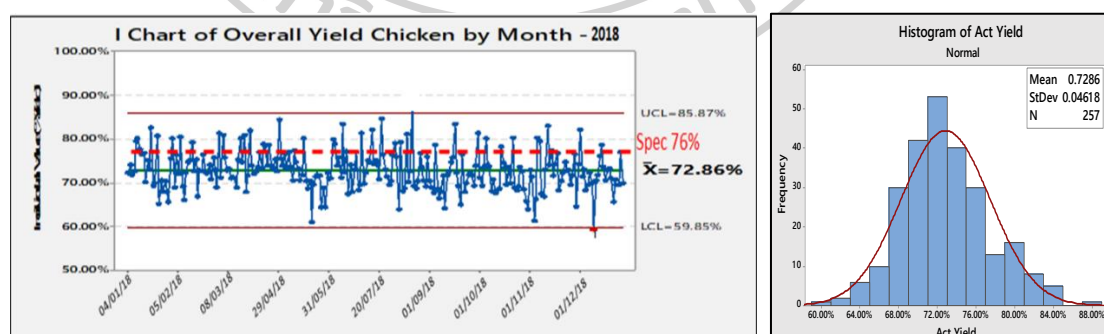
กระบวนการ	ชนิดวัตถุดิบ	%การสูญเสียน้ำหนัก
ละลายเนื้อไก่ฟรอส	เนื้ออกไก่	2.1-4.23%
	เนื้อสันในไก่	2.15 – 6.27%
ต้ม (ปรุงสุก)	เนื้ออกไก่	22- 24.35%
	เนื้อสันในไก่	10.72 - 22%
คลูลิ่ง	เนื้ออกไก่	1.84 – 2%
	เนื้อสันในไก่	1.65 – 2.5%
โมไก่เป็นเส้น	เนื้ออกไก่	0.23%
	เนื้อสันในไก่	0.23%

3.2 การศึกษาสภาพปัญหาของปรัษัทรณศศศศและต่งเป้าหมาย

3.2.1 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

จากบทที่1 กระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกในบริษัทที่ทำการวิจัย เกิดความสูญเสียน้ำหนักเนื้อไก่เนื่องจากการควบคุมกระบวนการผลิตของแผนกเตรียมวัตถุดิบ ทำให้ร้อยละของผลผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนดคือร้อยละ 76 ข้อมูลการบันทึกค่าร้อยละของผลผลิตแสดงดังภาพที่

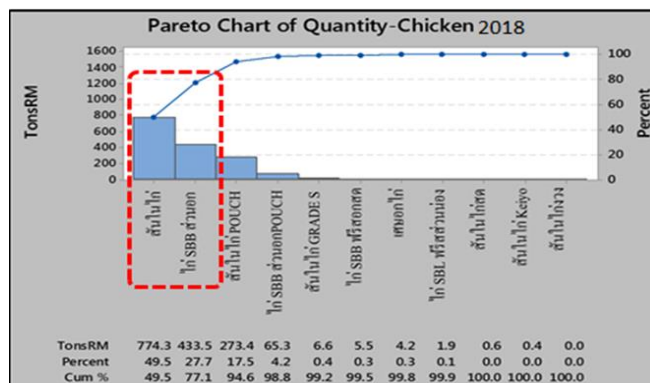
3.4



ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงค่าร้อยละของผลผลิต กลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ปรุงสุกภาพรวม

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทรณศศศ (2561)

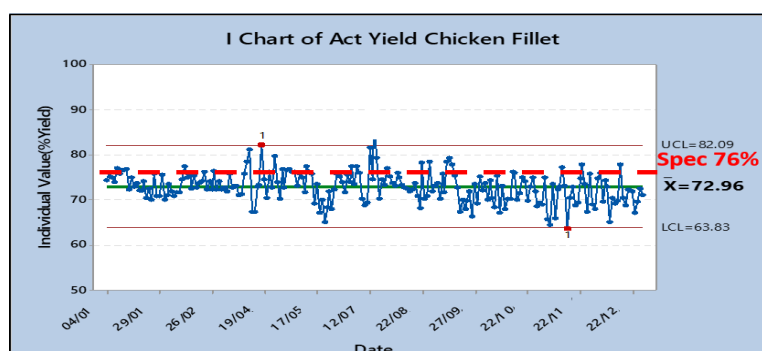
วัตถุดิบเนื้อไก่ที่ใช้ผลิตมีหลากหลายรูปแบบซึ่งจะมีค่าในการควบคุมกระบวนการต่างๆที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลให้ค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้แตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจขอปริมาณการผลิตของผลผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ปรุงสุก โดยแยกตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แปรรูป ดังภาพที่ 3.5



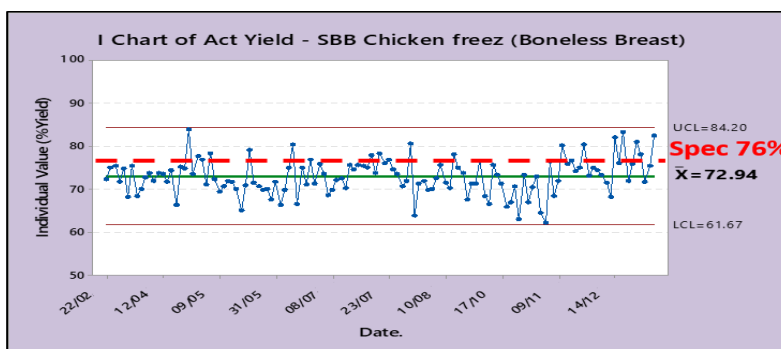
ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงปริมาณในหน่วยตัน ที่มีการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุก แยกตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แปรรูป

จากข้อมูลขอปริมาณการผลิตของผลผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ปรุงสุก โดยแยกตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปที่มีการแสดงในภาพที่ 3.5 พบว่าประมาณร้อยละ 80 ของยอดผลิตทั้งหมดมาจากการผลิตผลิตภัณฑ์รูปแบบเนื้อสันในไก่ และเนื้ออกไก่ ซึ่งมีค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมายเหมาะแก่การปรับปรุงกระบวนการ ดังนี้

1. เนื้อสันในไก่ปรุงสุกมีค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 72.96 และพบว่าค่าร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมายเท่ากับร้อยละ 80.8 แสดงดังภาพที่ 3.4
2. เนื้ออกไก่ปรุงสุกมีค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 72.94 และพบว่าค่าร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย เท่ากับร้อยละ 76.83 แสดงดังภาพที่ 3.5



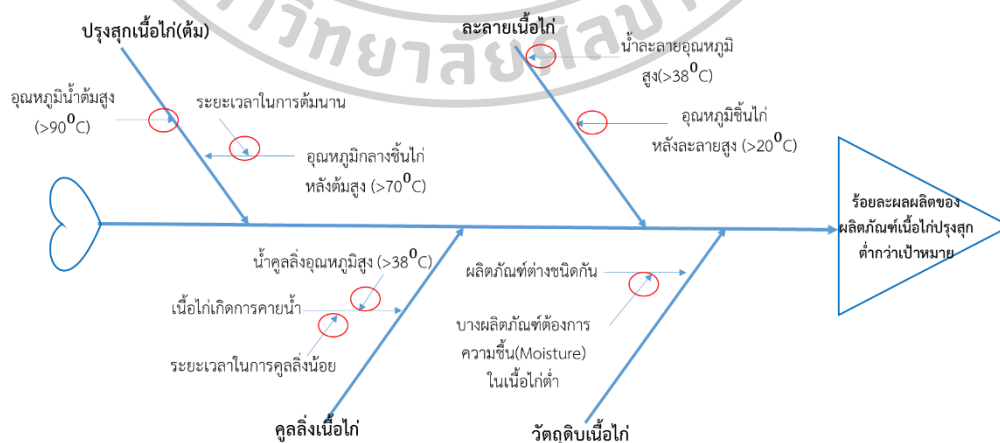
ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงค่าร้อยละของผลผลิต กลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสันในไก่ปรุงสุกภาพรวม



ภาพที่ 3.7 กราฟแสดงค่าร้อยละของผลผลิต กลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่ปรุงสุกภาพรวม

3.3 วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา

หลังจากทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกของบริษัทกรณีศึกษา ได้นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหา(Possible Cause) ร้อยละผลผลิตที่ได้ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ด้วยแผนผังสาเหตุและผล โดยได้ทำการระดมความคิดร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านการปฏิบัติการในบริษัทกรณีศึกษา สาเหตุหลักที่นำมาทำการวิเคราะห์ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบเนื้อไก่ที่แตกต่างกัน กระบวนการละลายไก่ กระบวนการปรุงสุกเนื้อไก่(ต้ม) และกระบวนการลดอุณหภูมิเนื้อไก่หลังปรุงสุก(คูลลิ่ง) ที่ส่งผลทำให้ร้อยละผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย 76เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังแผนผังสาเหตุและผล



ภาพที่ 3.8 แผนผังสาเหตุและผลวิเคราะห์ปัญหา ร้อยละผลผลิตในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกต่ำกว่าเป้าหมาย

3.4 พิสูจน์สาเหตุที่ได้จากทฤษฎีการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล ทำให้พบสาเหตุย่อยหรือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่ต้องนำไปพิสูจน์สาเหตุต่อว่าสาเหตุดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ สาเหตุย่อยย่อยมีดังต่อไปนี้

- ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการความชื้นในเนื้อไก่ต่ำ
- อุณหภูมิในกระบวนการละลายเนื้อไก่แช่แข็งสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลายสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อไก่นาน
- อุณหภูมิในกระบวนการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อไก่สูงกว่า 90 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง) เนื้อไก่หลังปรุงสุกเนื้อไก่น้อย
- อุณหภูมิในกระบวนการลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง) เนื้อไก่สูงกว่า 38 องศาเซลเซียส

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ โดยการเก็บข้อมูลผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) ผ่านโปรแกรม Minitab17 สามารถสรุปรายละเอียดที่ต้องทำการเก็บข้อมูลเพื่อพิสูจน์สาเหตุย่อยของปัญหา สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังตารางที่ 3 และสันในไก่ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 สรุปแผนการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และพิสูจน์สาเหตุย่อยของปัจจัย X_s ในกลุ่มผลิตภัณฑ์อกไก่

กระบวนการ	ปัจจัย (X)	รายการพิสูจน์	เครื่องมือพิสูจน์	การทดสอบสมมติฐาน
ละลายเนื้อไก่	น้ำละลายอุณหภูมิสูง ($>38^{\circ}\text{C}$)	1	การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ	$H_0: \mu_{\text{ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน}}(>38^{\circ}\text{C}) \leq \mu_{\text{ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง}}$ $H_a: \mu_{\text{ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน}}(>38^{\circ}\text{C}) > \mu_{\text{ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง}}$
	อุณหภูมิชิ้นไก่หลังละลายสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu_{\text{ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง}} [-2,0^{\circ}\text{C}]$ $= \mu_{\text{ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง}} [2,5^{\circ}\text{C}]$ $= \mu_{\text{ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง}} [18,23^{\circ}\text{C}]$ $= \mu_{\text{ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง}} [20,28^{\circ}\text{C}]$ $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

ต่อจากตารางที่ 3 สรุปแผนการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และพิสูจน์สาเหตุย่อยของปัจจัย Xs ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ออกไก่

กระบวนการ	ปัจจัย (X)	รายการพิสูจน์	เครื่องมือพิสูจน์	การทดสอบสมมติฐาน
ปรุงสุกเนื้อไก่ (ต้ม)	ระยะเวลาในการต้มนาน	3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 10 นาที = μ ความสูญเสียจากการต้ม 13 นาที $= \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 18 นาที $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
	อุณหภูมิน้ำต้มสูง ($\geq 90^{\circ}\text{C}$)	4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 80°C = μ ความสูญเสียจากการต้ม 85°C $= \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 90°C $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
ลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง)เนื้อไก่	น้ำคูลลิ่งอุณหภูมิสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 15°C = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 18°C $= \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 22°C = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 30°C $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
	ระยะเวลาในการคูลลิ่งน้อย (1-5 นาที)	6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 1 นาที = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 3 นาที $= \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 5 นาที $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
วัตถุดิบเนื้อไก่	บางผลิตภัณฑ์ต้องการความชื้นในเนื้อไก่ต่ำ	7	การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ	$H_0: \mu$ ผลมิตร้อยละของผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง $\leq \mu$ ผลมิตร้อยละของผลิตภัณฑ์บรรจุแพช $H_a: \mu$ ผลมิตร้อยละของผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง $> \mu$ ผลมิตร้อยละของผลิตภัณฑ์บรรจุแพช

ตารางที่ 4 สรุปแผนการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และพิสูจน์สาเหตุย่อยของปัจจัย Xs ในกลุ่มสันในไก่

กระบวนการ	ปัจจัย (X)	รายการพิสูจน์	เครื่องมือพิสูจน์	การทดสอบสมมติฐาน
ละลายเนื้อไก่	น้ำละลายอุณหภูมิสูง ($>38^{\circ}\text{C}$)	1	การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน ($>38^{\circ}\text{C}$) $\leq \mu$ ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง $H_a: \mu$ ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน ($>38^{\circ}\text{C}$) $> \mu$ ความสูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง
	อุณหภูมิชิ้นไก่หลังละลายสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง $[-2, 0^{\circ}\text{C}]$ $= \mu$ ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง $[2, 5^{\circ}\text{C}]$ $= \mu$ ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง $[6, 10^{\circ}\text{C}]$ $= \mu$ ความสูญเสียอุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลายช่วง $[16, 20^{\circ}\text{C}]$ $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
ปรุงสุกเนื้อไก่ (ต้ม)	ระยะเวลาในการต้มนาน ($\text{CT} \geq 70^{\circ}\text{C}$)	3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 4 นาที = μ ความสูญเสียจากการต้ม 7 นาที = μ ความสูญเสียจากการต้ม 10 นาที $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
	อุณหภูมิน้ำต้มสูง ($\geq 90^{\circ}\text{C}$)	4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการต้ม 80°C = μ ความสูญเสียจากการต้ม 85°C = μ ความสูญเสียจากการต้ม 90°C $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
ลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง)เนื้อไก่	น้ำคูลลิ่งอุณหภูมิสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 15°C = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 18°C $= \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 22°C = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 30°C $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)
	ระยะเวลาในการคูลลิ่งน้อย (1-5 นาที)	6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	$H_0: \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 1 นาที = μ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 3 นาที $= \mu$ ความสูญเสียจากการคูลลิ่ง 5 นาที $H_a: \mu$ ของทุกกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

3.4.1 การวิเคราะห์และพิสูจน์สาเหตุย่อยในกลุ่มผลิตภัณฑ์อวกไก่อ

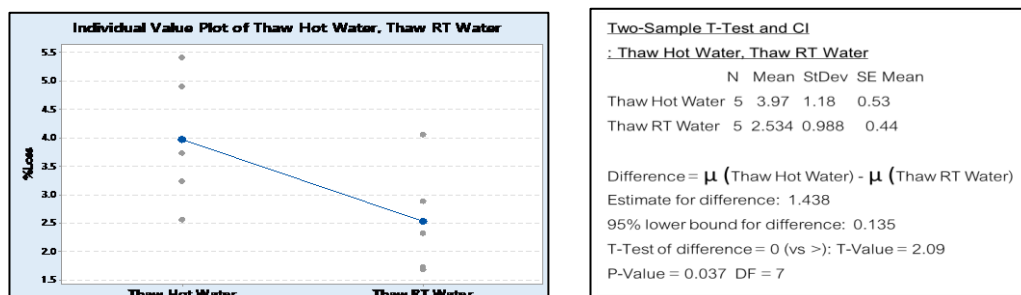
3.4.1.1 การพิสูจน์สาเหตุที่ 1 การใช้ใช้อุณหภูมิสูงละลายอวกไก่อแช่แข็งมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 1 อุณหภูมิน้ำละลายอวกไก่อแช่แข็งที่สูงกว่า 38 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบมากกว่าการละลายอวกไก่อแช่แข็งที่อุณหภูมิน้ำละลายเท่ากับอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) $\leq$ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส)

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) $>$ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม (2-Sample t-Test) ระหว่างค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.037 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) มากกว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสในการละลายเนื้ออวกไก่อแช่แข็ง ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 1 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.9 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 1 ใช้น้ำอุณหภูมิสูงละลายออกไก่มีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

3.4.1.2 การพิสูจน์สาเหตุที่ 2 การนำเนื้อไก่ที่มีอุณหภูมิหลังละลายสูงไปต้มส่งผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

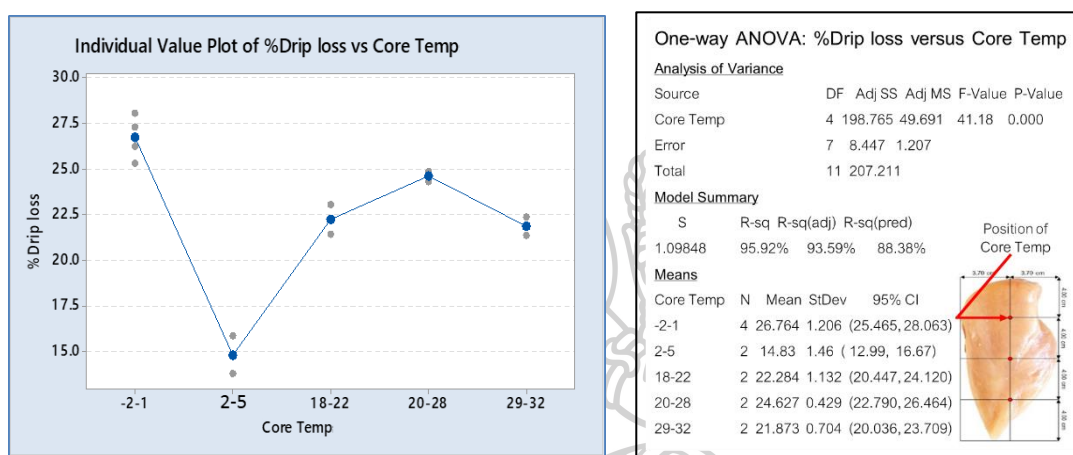
การพิสูจน์สาเหตุที่ 2 อุณหภูมิกลางขึ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลายในแต่ละช่วง อุณหภูมิต่างๆ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็น ดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลาย ที่ช่วงอุณหภูมิ -2 ถึง 0 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำ เนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่ สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 18 ถึง 23 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ย สัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 20 ถึง 28 องศาเซลเซียส ไปต้มสุก

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆ กลุ่มไม่ได้มีค่า เท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่ม ประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการ

นำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ ต่างๆในการทดลองไปต้มสุก ไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทางสถิติในภาพที่ 3.10 พบว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก เป็นช่วงอุณหภูมิกำลังขึ้นไก่เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไบน้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรใช้อีกไก่หลังผ่านกระบวนการละลายช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 2 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.10 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 2 การนำเนื้อไก่ที่มีอุณหภูมิหลังละลายสูงไปต้มส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

3.4.1.3 การพิสูจน์สาเหตุที่ 3 การใช้ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อไก่ก่อนส่งผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

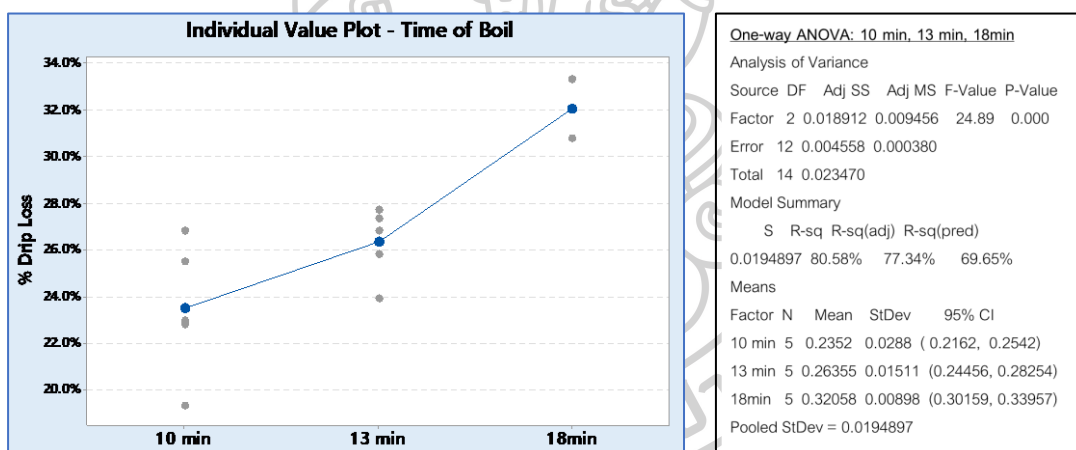
การพิสูจน์สาเหตุที่ 3 ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อไก่ที่ระยะเวลาต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบ ความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วย ระยะเวลา 10 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 13 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 18 นาที

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการปรุงสุก(ต้ม)เนื้ออกไก่ที่ระยะเวลาต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทาง

สถิติในภาพที่ 3.11 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 10 นาที เป็นระยะเวลาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกน้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรปรุงสุกเนื้ออกไก่ที่ระยะเวลา 10 นาที ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 3 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.11 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 3 ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้ออกไก่เวลาที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

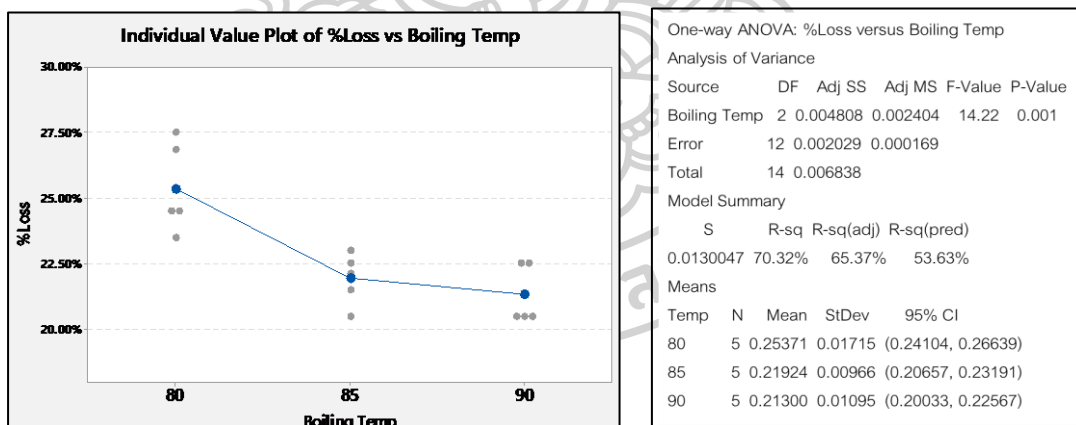
3.4.1.4 การพิสูจน์สาเหตุที่ 4 การใช้อุณหภูมิน้ำต้มสูงส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออก

การพิสูจน์สาเหตุที่ 4 อุณหภูมิน้ำต้มมีค่าต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำไปต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อมากไก่ด้วยอุณหภูมิน้ำต้มต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรปรุงสุกเนื้อมากไต่ด้วยน้ำต้มอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกให้น้อยที่สุด ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 4 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.12 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 4 การใช้อุณหภูมิน้ำต้มสูงส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

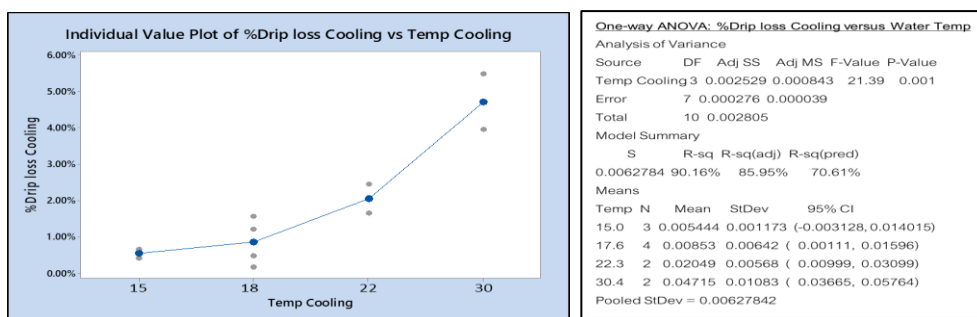
3.4.1.5 การพิสูจน์สาเหตุที่ 5 การใช้อุณหภูมิน้ำลดอุณหภูมิเนื้อมีปีกหลังจากกระบวนการปรุงสุก (น้ำคลูลิ่ง) ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 5 อุณหภูมิน้ำลดอุณหภูมิเนื้อมีปีกหลังจากกระบวนการปรุงสุก (น้ำคลูลิ่ง) มีค่าต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อมีปีกไปคลูลิ่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อมีปีกไปคลูลิ่งที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อมีปีกไปคลูลิ่งที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อมีปีกไปคลูลิ่งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการลดอุณหภูมิเนื้อมีปีกหลังจากกระบวนการปรุงสุกด้วยน้ำคลูลิ่งค่าต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรลดอุณหภูมิเนื้อมีปีก หลังต้มด้วยน้ำคลูลิ่งอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกให้น้อยที่สุด ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 5 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.12 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 5 การใช้อุณหภูมิน้ำคูลลิ่งสูงส่งผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

3.4.1.6 การพิสูจน์สาเหตุที่ 6 การใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้ออกไก่หลังผ่าน กระบวนการปรุงสุก (ระยะเวลาการคูลลิ่ง) เนื้ออกไก่อ้นยส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

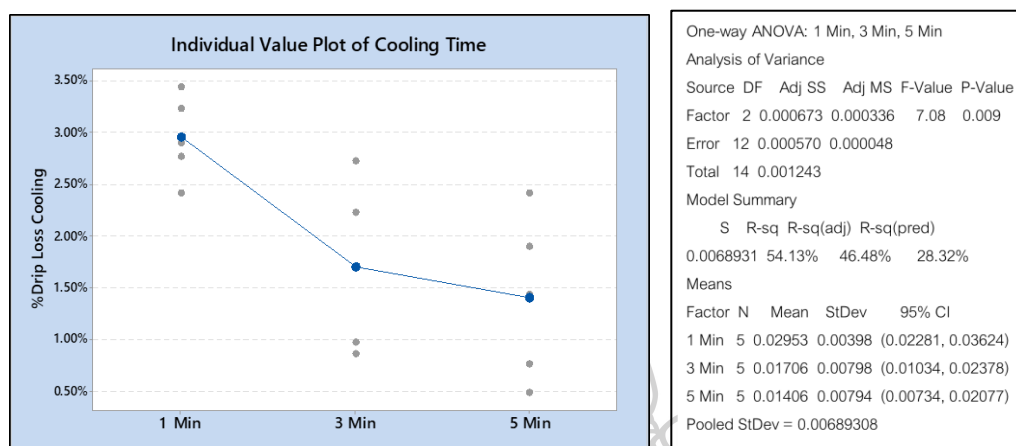
การพิสูจน์สาเหตุที่ 6 ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้ออกไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก เนื้อไก่ที่ระยะเวลาต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย ของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้ สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้ออกไก่หลังต้ม ไปทำการคูลลิ่งด้วยระยะเวลา 1 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้ออกไก่ หลังต้มไปทำการคูลลิ่งด้วยระยะเวลา 3 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำ เนื้ออกไก่หลังต้มไปทำการคูลลิ่งด้วยระยะเวลา 5 นาที

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่า เท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่ม ประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.009 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการ ลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง) เนื้อออกไก่ที่ระยะเวลาต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไป จากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทางสถิติในภาพที่ 3.13 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วน

น้ำหนักรั่วที่สูญเสียน้ำจากการนำเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้มไปคลุกในน้ำเย็นด้วยระยะเวลา 5 นาที เป็นระยะเวลาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรนำเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุกไปคลุกในน้ำเย็นด้วยระยะเวลา 5 นาที ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 6 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.13 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 6 การใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก (ระยะเวลาการคลุก) เนื้อไก่ที่น้อยส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักที่น้อย

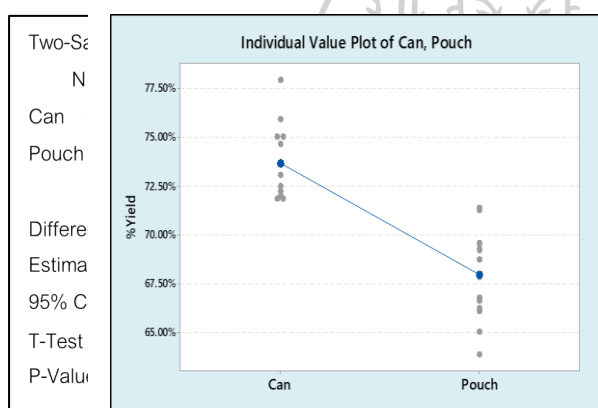
3.4.1.7 การพิสูจน์สาเหตุที่ 7 การผลิตสินค้าแต่ละชนิดส่งผลต่อค่าร้อยละผลผลิตที่ได้

การพิสูจน์สาเหตุที่ 7 การผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋อง ส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้มากกว่าการผลิตสินค้าประเภทบรรจุแพคเกจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋อง $\leq$ ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุแพคเกจ

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋อง $>$ ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุแพคเกจ

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม (2-Sample t-Test) ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋อง กับค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุถุงพาส์ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋องมากกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุถุงพาส์อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการผลิตสินค้าแต่ละชนิดควรมีค่าควบคุมกระบวนการที่แตกต่างกับตามความเหมาะสม ไม่ควรใช้ค่าควบคุมกระบวนการต่างๆ ที่เหมือนกัน เนื่องจากอาจส่งผลให้ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตและคุณภาพสินค้าไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 7 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.14 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 7 การผลิตสินค้าแต่ละชนิดส่งผลต่อค่าร้อยละผลผลิตที่ได้

3.4.2 การวิเคราะห์และพิสูจน์สาเหตุย่อยในกลุ่มผลิตภัณฑ์สันในไก่

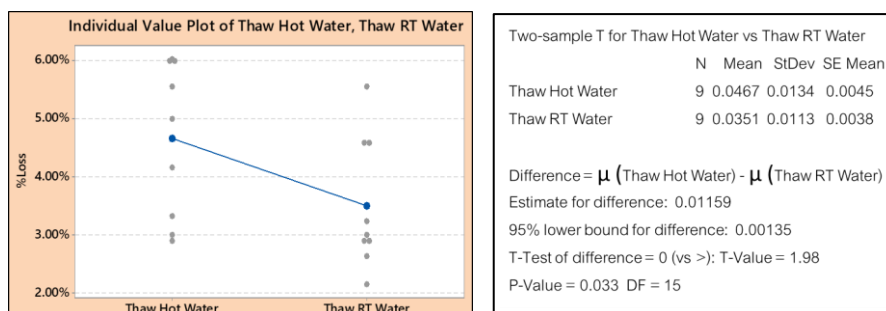
3.4.2.1 การพิสูจน์สาเหตุที่ 1 ใช้น้ำอุณหภูมิสูงละลายสันในไก่แช่แข็งมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 1 อุณหภูมิสูงละลายสันในไก่แช่แข็งที่สูงกว่า 38 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบมากกว่าการละลายสันในไก่แช่แข็งที่อุณหภูมิสูงละลายเท่ากับอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) $\leq$ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส)

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) $>$ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม (2-Sample t-Test) ระหว่างค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.033 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส) มากกว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการละลายด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสในการละลายเนื้อสันในไก่แช่แข็ง ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 1 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.15 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 1 น้ำอุณหภูมิสูงละลายสันในไก่มีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

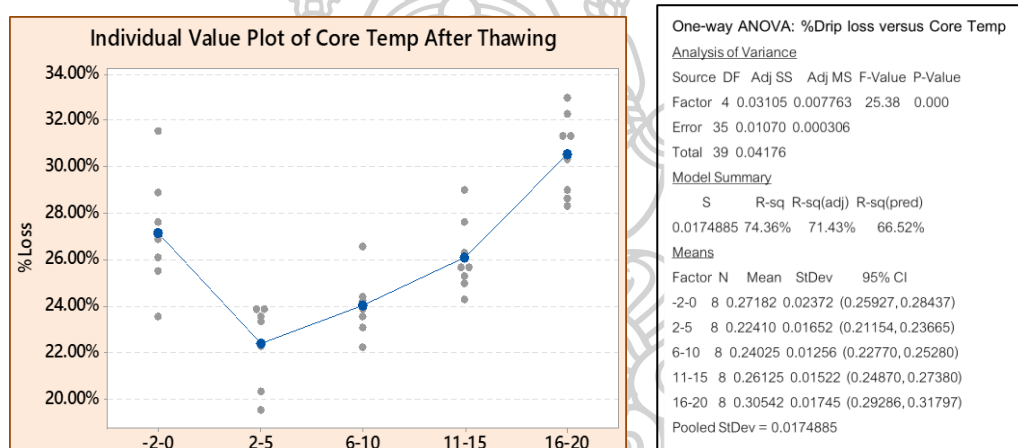
3.4.2.2 การพิสูจน์สาเหตุที่ 2 การนำเนื้อสันในไก่ที่มีอุณหภูมิหลังละลายสูงไปต้มส่งผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 2 อุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการละลายในแต่ละช่วง อุณหภูมิต่างๆ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลาย ที่ช่วงอุณหภูมิ -2 ถึง 0 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำ เนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่ สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 6 ถึง 10 องศาเซลเซียสไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ย สัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 11 ถึง 15 องศาเซลเซียส ไปต้มสุก = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 16 ถึง 20 องศาเซลเซียสไปต้มสุก

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่า เท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ ต่างๆในการทดลองไปต้มสุก ไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทางสถิติในภาพที่ 3.16 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังละลายที่ช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก เป็นช่วงอุณหภูมิกำลังขึ้นไก่เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบในไก่เนื้อที่น้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรใช้สันในไก่หลังผ่านกระบวนการละลายช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปต้มสุก ข้อมูลและการพิสูจน์สาเหตุที่ 2 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.16 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 2 การนำเนื้อสันในไก่ที่มีอุณหภูมิหลังละลายสูงไปต้มส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

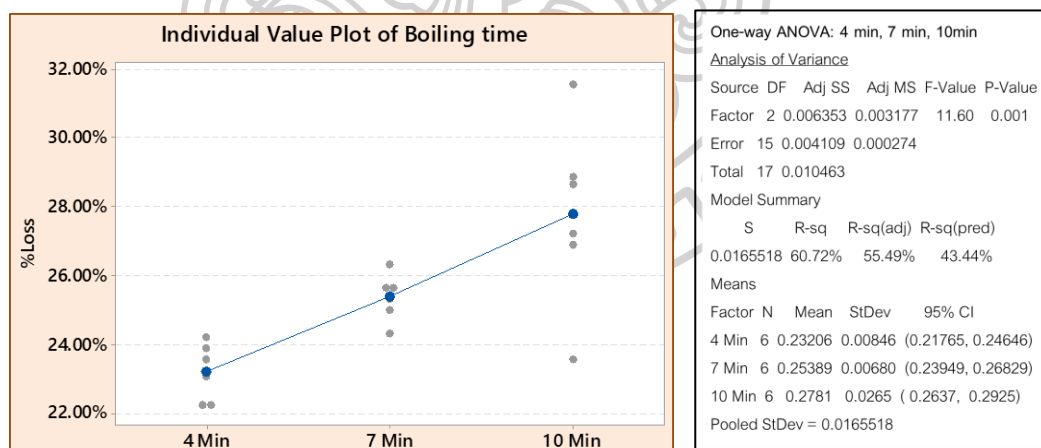
3.4.2.3 การพิสูจน์สาเหตุที่ 3 การใช้ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อสันในไก่นานส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 3 ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อสันในไก่ที่ระยะเวลาต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 4 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 7 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 10 นาที

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆกลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการปรุงสุก(ต้ม)เนื้อสันในไก่ที่ระยะเวลาต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทางสถิติในภาพที่ 3.17 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มด้วยระยะเวลา 10 นาที เป็นระยะเวลาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรปรุงสุกเนื้อสันในไก่ที่ระยะเวลา 4 นาที ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 3 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.17 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 3 ระยะเวลาในการปรุงสุก (ต้ม) เนื้อสันในไก่นานที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

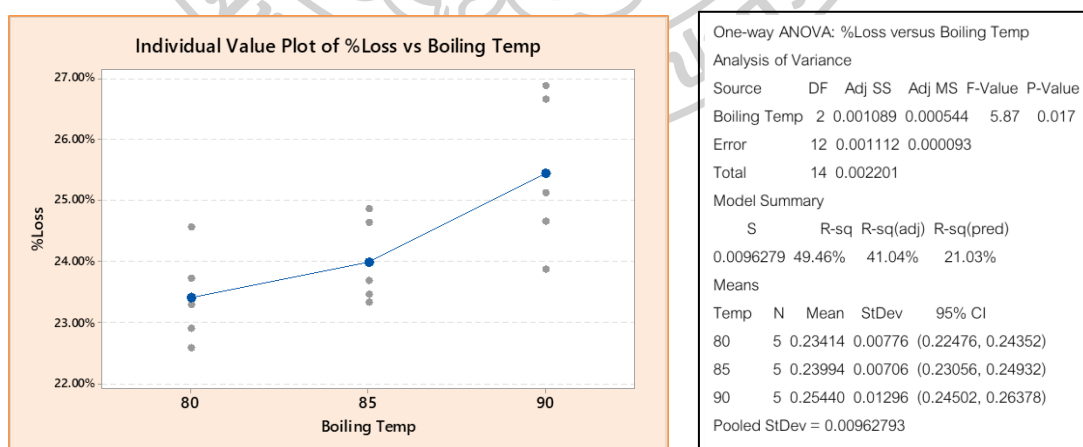
3.4.2.4 การพิสูจน์สาเหตุที่ 4 การใช้อุณหภูมิน้ำต้มสูงส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสั่นในไก่

การพิสูจน์สาเหตุที่ 4 อุณหภูมิน้ำต้มมีค่าต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่ไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆ กลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.017 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการปรุงสุก(ต้ม)เนื้อสั่นในไก่ด้วยอุณหภูมิน้ำต้มต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 4 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.18 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 4 การใช้อุณหภูมิน้ำต้มสูงส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

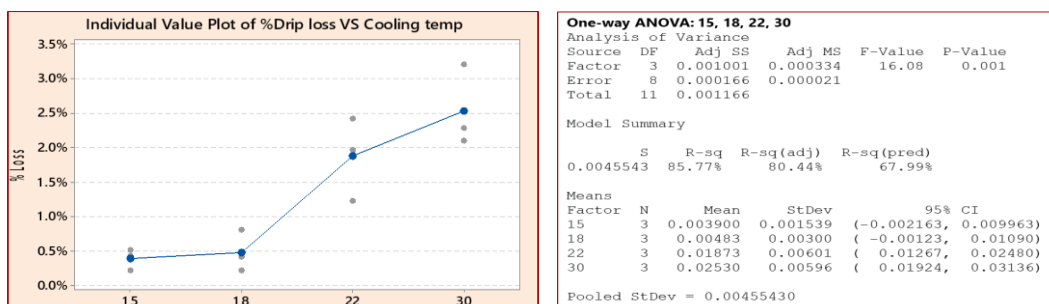
3.4.2.5 การพิสูจน์สาเหตุที่ 5 การใช้อุณหภูมิน้ำลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก (น้ำคูลิ่ง) สูงส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 5 อุณหภูมิน้ำลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก มีค่าต่างๆที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสีย จากการนำเนื้อสันในไก่ไปคูลิ่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่ไปคูลิ่งที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่ไปคูลิ่งที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่ไปคูลิ่งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สมมติฐานทางเลือก (Ha) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆ กลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุกด้วยน้ำคูลิ่งค่าต่างๆไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 5 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.19 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 5 การใช้อุณหภูมิน้ำคูลิ่งสูงส่งผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบ

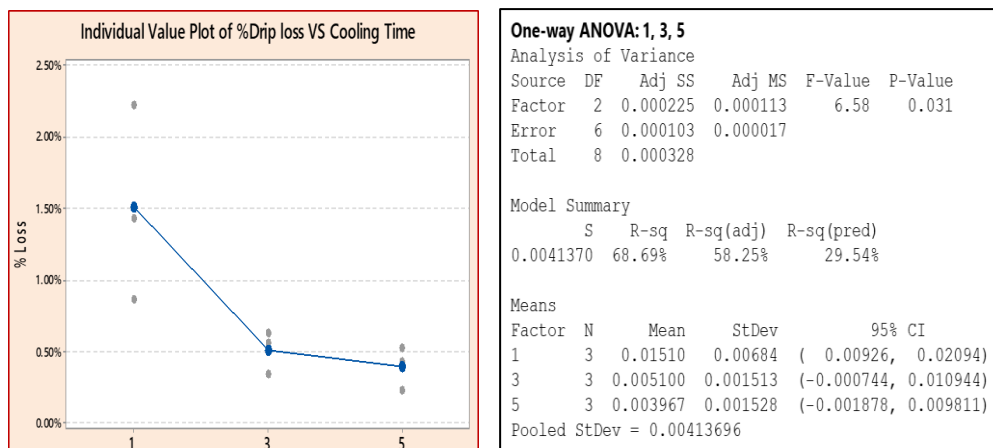
3.4.2.6 การพิสูจน์สาเหตุที่ 6 การใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก (ระยะเวลาการคูลิ่ง) เนื้อสันในไก่น้อยส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

การพิสูจน์สาเหตุที่ 6 ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก เนื้อไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ ที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร (One-Way ANOVA) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่หลังต้มไปทำการคูลิ่งด้วยระยะเวลา 1 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่หลังต้มไปทำการคูลิ่งด้วยระยะเวลา 3 นาที = ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อสันในไก่หลังต้มไปทำการคูลิ่งด้วยระยะเวลา 5 นาที

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียของทุกๆ กลุ่มไม่ได้มีค่าเท่ากัน (มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวก)

จากการเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของหลายกลุ่มประชากร โดยเปรียบเทียบความผันแปร ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.031 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการลดอุณหภูมิ (คูลิ่ง) เนื้อสันในไก่ที่ระยะเวลาต่างๆ ไม่ได้มีค่าเท่ากัน และมีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปจากพวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟและข้อมูลทางสถิติในภาพที่ 3.20 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบที่สูญเสียจากการนำเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้มไปคูลิ่งในน้ำเย็นด้วยระยะเวลา 5 นาที เป็นระยะเวลาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรปรุงสุกเนื้อสันในไก่ต้มไปคูลิ่งในน้ำเย็นด้วยระยะเวลานาน 5 นาที ข้อมูลและผลการพิสูจน์สาเหตุที่ 6 แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.20 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุที่ 6 การใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก (ระยะเวลาการคูลลิ่ง) เนื้อสันในไก่น้อยส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบ

หลังจากที่ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่กระบวนการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุก เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อพิสูจน์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริง ด้วยเครื่องมือการวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆ จึงได้มาซึ่งตารางสรุปผลการพิสูจน์สาเหตุของปัญหา และค่าทางสถิติเพื่อยืนยันในสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังตารางที่ 5 และสันในไก่ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 สรุปผลการพิสูจน์สาเหตุของปัญหา และค่าทางสถิติเพื่อยืนยันในสาเหตุที่แท้จริงของ
ผลิตภัณฑ์ออกไก่

กระบวนการ	ปัจจัย (X)	รายการ	เครื่องมือ พิสูจน์	P-Value	ผล	สรุปผล
ละลาย เนื้อไก่	น้ำละลายอุณหภูมิสูง ($>38^{\circ}\text{C}$)	1	2-sample t- test	0.037	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	การใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสในการละลายเนื้อไก่ แช่แข็ง ทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยกว่าสภาวะปัจจุบัน
	อุณหภูมิขึ้นไถ่หลัง ละลายสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	2	One way ANOVA	0.000	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	การใช้ออกไถ่หลังผ่านกระบวนการละลายช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศา เซลเซียสไปปรุงสุก จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยที่สุด
ปรุงสุก(ต้ม) เนื้อไก่	ระยะเวลาในการต้ม นาน	3	One way ANOVA	0.000	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	การปรุงสุกเนื้อไก่ที่ระยะเวลา 10 นาที จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยที่สุด
	อุณหภูมิน้ำต้มสูง ($\geq 90^{\circ}\text{C}$)	4	One way ANOVA	0.001	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	ปรุงสุกเนื้อไก่ด้วยน้ำต้มอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยที่สุด
ลดอุณหภูมิ (คูลลิ่ง) เนื้อไก่	น้ำคูลลิ่งอุณหภูมิสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	5	One way ANOVA	0.001	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	ลดอุณหภูมิเนื้อไก่หลังต้มด้วยน้ำคูลลิ่งอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยที่สุด
	ระยะเวลาในการ คูลลิ่งน้อย (1-5 นาที)	6	One way ANOVA	0.009	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	การนำเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุกไปคูลลิ่งในน้ำเย็นด้วยระยะ เวลานาน 5 นาที จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบออกไคน้อยที่สุด
วัตถุดิบ เนื้อไก่	บางผลิตภัณฑ์ต้องการ ความชื้น ในเนื้อไถ่ต่ำ	7	2-sample t-test	0.000	มีนัยสำคัญ ทางสถิติ	ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตสินค้าประเภทบรรจุกระป๋อง มากกว่าสินค้าประเภทบรรจุถุงพาส์ ดังนั้นการผลิตสินค้าแต่ละชนิดควร มีค่าควบคุมกระบวนการที่แตกต่างกับตามความเหมาะสม

ตารางที่ 6 สรุปผลการพิสูจน์สาเหตุของปัญหา และค่าทางสถิติเพื่อยืนยันในสาเหตุที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์สันในไก่

กระบวนการ	ปัจจัย (X)	รายการ	เครื่องมือพิสูจน์	P-Value	ผล	สรุปผล
ละลายเนื้อสันในไก่	น้ำละลายอุณหภูมิสูง ($>38^{\circ}\text{C}$)	1	2-sample t-test	0.037	มีนัยสำคัญทางสถิติ	การใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส ในการละลายเนื้อสันในไก่แช่แข็งทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยกว่าสภาวะปัจจุบัน
	อุณหภูมิขึ้นไก่อหลังละลายสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	2	One way ANOVA	0.000	มีนัยสำคัญทางสถิติ	การขึ้นไก่อหลังผ่านกระบวนการละลายช่วงอุณหภูมิ 2 ถึง 5 องศาเซลเซียสไปปรุงสุก จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด
ปรุงสุก(ต้ม)เนื้อสันในไก่	ระยะเวลาในการต้มาน ($\text{CT} \geq 70^{\circ}\text{C}$)	3	One way ANOVA	0.000	มีนัยสำคัญทางสถิติ	การปรุงสุกเนื้อสันในไก่ที่ระยะเวลา 4 นาที จะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด
	อุณหภูมิน้ำต้มสูง ($\geq 90^{\circ}\text{C}$)	4	One way ANOVA	0.017	มีนัยสำคัญทางสถิติ	ปรุงสุกเนื้อสันในไก่ด้วยน้ำต้มอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด
ลดอุณหภูมิ (คลุ่ลิ่ง)เนื้อสันในไก่	น้ำคลุ่ลิ่งอุณหภูมิสูง ($>20^{\circ}\text{C}$)	5	One way ANOVA	0.001	มีนัยสำคัญทางสถิติ	ลดอุณหภูมิเนื้อสันในไก่หลังต้มด้วยน้ำคลุ่ลิ่งอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสจะทำให้เกิดสูญเสียน้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด
	ระยะเวลาในการคลุ่ลิ่งน้อย (1-5 นาที)	6	One way ANOVA	0.009	มีนัยสำคัญทางสถิติ	การนำเนื้อสันในไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุกไปคลุ่ลิ่งในน้ำเย็นด้วยระยะเวลานาน 5 นาที จะทำให้เกิดสูญเสีย น้ำหนักวัตถุดิบสันในไก่น้อยที่สุด

3.5 การออกแบบการทดลอง

การกำหนดปัจจัยต่างๆในการควบคุมกระบวนการปรุงสุกวัตถุดิบเนื้ออกไก่และเนื้อสันในไก่ เพื่อนำปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญมาที่ผ่านการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติมาแล้ว มาทำการหาค่าควบคุมที่เหมาะสมของวัตถุดิบทั้งสองชนิด ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment : DOE) รูปแบบ Full Factorial Design

จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram) จะได้สาเหตุย่อย และผู้วิจัยได้นำสาเหตุย่อยดังกล่าวไปทำการพิสูจน์สาเหตุต่อจนได้มาซึ่งสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในการออกแบบการทดลองได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ปัจจัยอันได้แก่ อุณหภูมิกลางชั้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลาย , อุณหภูมิน้ำต้มในกระบวนการปรุงสุก , ระยะเวลาในการปรุงสุก และอุณหภูมิสำหรับลดอุณหภูมิชั้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง) เพื่อทดลองเก็บข้อมูลผลจากปัจจัย 2 ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละผลผลิต และค่าอุณหภูมิกลางชั้นไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุก โดยแยกการออกแบบเป็นสองชุดการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ และผลิตภัณฑ์สันในไก่ สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการกำหนดปัจจัยในการออกแบบการทดลองได้ดังตารางที่ 7

การออกแบบการทดลองรูปแบบ Full Factorial Design ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2 ระดับ (2^k Factorial Design) ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองที่กำหนดตามจำนวนปัจจัย k ปัจจัย แต่ละปัจจัยนั้นจะประกอบไปด้วยปัจจัยละ 2 ระดับ ได้แก่ระดับต่ำ และระดับสูง พร้อมทั้งเพิ่มความน่าเชื่อถือของการออกแบบการทดลองด้วยการทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ทำให้การทดลองนี้มีการทดลองเกิดขึ้นทั้งหมด 32 หน่วยการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ และ 32 หน่วยการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์สันในไก่ โดยปัจจัยต่างๆกำหนดระดับการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 8 และผลของปัจจัยอันได้แก่ค่าร้อยละผลผลิต และค่าอุณหภูมิกลางชั้นไก่หลังผ่านกระบวนการปรุงสุกดังตารางที่ 9

ตารางที่ 7 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ

วัตถุ	ลำดับ	สาเหตุย่อยที่พิสูจน์แล้วว่าแท้จริง	ปัจจัยและการบันทึกผลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบการทดลอง	ปัจจัยและการแสดงผล	แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงกระบวนการ
1. ออกไก่	1.1	น้ำละลายอุณหภูมิสูง	-	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	ควบคุมอุณหภูมิของน้ำละลายเนื้อไก่แช่แข็ง ให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส
	1.2	อุณหภูมิชิ้นไก่หลังละลายสูง	อุณหภูมิชิ้นไก่หลังละลาย (X1)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ได้จากการออกแบบการทดลอง
	1.3	อุณหภูมิน้ำต้มสูง	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ได้จากการออกแบบการทดลอง
	1.4	ระยะเวลาในการต้มนาน	ระยะเวลาในการต้ม (X3)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ได้จากการออกแบบการทดลอง
	1.5	น้ำคูลิ่งอุณหภูมิสูง	อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ได้จากการออกแบบการทดลอง
	1.6	ระยะเวลาในการคูลิ่งน้อย	-	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	กำหนดระยะเวลาในการคูลิ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ 5 นาที
2. ออกไก่และสันในไก่	2.1	บางผลิตภัณฑ์ต้องการความชื้นในเนื้อไก่ต่ำ	ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ได้จากการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้ม (Y2) ตามความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

การกำหนดปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

ต่อจากตารางที่ 7 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการกำหนดปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

วัตถุดิบ	ลำดับ	สาเหตุย่อยที่พิสูจน์แล้วว่า เป็นจริง	ปัจจัยและการบันทึกผลที่ เกี่ยวข้องในการออกแบบ การทดลอง	ปัจจัยและการแสดงผล	แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุง กระบวนการ
3. สันในไก่	3.1	น้ำละลายอุณหภูมิสูง	-	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	ควบคุมอุณหภูมิของน้ำละลายเนื้อไก่แช่แข็ง ให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส
	3.2	อุณหภูมิชิ้นไก่ หลังละลายสูง	อุณหภูมิชิ้นไก่หลังละลาย (X1)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่ หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ ได้จากการออกแบบการทดลอง
	3.3	อุณหภูมิน้ำต้มสูง	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่ หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ ได้จากการออกแบบการทดลอง
	3.4	ระยะเวลาในการต้มนาน	ระยะเวลาในการต้ม (X3)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่ หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ ได้จากการออกแบบการทดลอง
	3.5	น้ำคูลิ่งอุณหภูมิสูง	อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1) ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่ หลังต้ม (Y2)	ควบคุมกระบวนการตามค่าควบคุมที่ ได้จากการออกแบบการทดลอง
	3.6	ระยะเวลาในการคูลิ่งน้อย	-	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	กำหนดระยะเวลาในการคูลิ่ง เป็นค่ามาตรฐานที่ 5 นาที

ตารางที่ 8 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ระดับ

วัตถุติบ	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วยวัด
			ค่าต่ำ	ค่าสูง	
อกไก่	อุณหภูมิขึ้นไก่อหลังละลาย (X1)	A	5	25	องศาเซลเซียส
	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	B	85	95	องศาเซลเซียส
	ระยะเวลาในการต้ม (X3)	C	10	25	นาที
	อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง (X4)	D	10	28	องศาเซลเซียส
สันในไก่	อุณหภูมิขึ้นไก่อหลังละลาย (X1)	A	5	25	องศาเซลเซียส
	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	B	80	95	องศาเซลเซียส
	ระยะเวลาในการต้ม (X3)	C	4	8	นาที
	อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง (X4)	D	10	28	องศาเซลเซียส

ตารางที่ 9 ผลของปัจจัยที่ต้องทำการเก็บข้อมูลวัดผลในการออกแบบการทดลอง

วัตถุติบ	ผลของปัจจัย	สัญลักษณ์	หน่วยวัด
อกไก่	ค่าร้อยละผลผลิต	Y1	เปอร์เซ็นต์
	ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นไก่อหลังผ่านกระบวนการปรุงสุก	Y2	องศาเซลเซียส
สันในไก่	ค่าร้อยละผลผลิต	Y1	เปอร์เซ็นต์
	ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นไก่อหลังผ่านกระบวนการปรุงสุก	Y2	องศาเซลเซียส

จากการออกแบบการทดลองโดยการกำหนดปัจจัย ระดับของปัจจัย และผลของปัจจัยที่ต้องการเก็บข้อมูล โดยอ้างอิงค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติก่อนหน้านี้เป็นพื้นฐานในการกำหนดค่าระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง ซึ่งการกำหนดค่าปัจจัยต่างๆมาจากความเป็นไปได้ของกระบวนการและเป็นค่าที่อยู่ในช่วงคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการ และมาตรฐานกระบวนการเบื้องต้น จึงได้นำปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลตามการออกแบบการทดลองในกระบวนการผลิตจริง ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อรอบการทดลอง 1 Run เท่ากับ 28 กิโลกรัม และได้ทำการเก็บรวบรวมผลการทดลองดังตารางการเก็บข้อมูลการออกแบบการทดลองดังตารางต่อไปนี้



ตารางที่10 แสดงการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ ของผลิตภัณฑ์
อกไก่

การทดลองที่	ปัจจัยในการทดลอง				ผลจากปัจจัย	
	อุณหภูมิชิ้น ไก่หลังละลาย(X1)	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ระยะเวลา ในการต้ม (X3)	อุณหภูมิ น้ำตุลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นไก่ หลังปรุงสุก (Y2)
1	5	85	10	10		
2	25	85	10	10		
3	5	95	10	10		
4	25	95	10	10		
5	5	85	25	10		
6	25	85	25	10		
7	5	95	25	10		
8	25	95	25	10		
9	5	85	10	28		
10	25	85	10	28		
11	5	95	10	28		
12	25	95	10	28		
13	5	85	25	28		
14	25	85	25	28		
15	5	95	25	28		
16	25	95	25	28		
17	5	85	10	10		
18	25	85	10	10		
19	5	95	10	10		
20	25	95	10	10		
21	5	85	25	10		
22	25	85	25	10		
23	5	95	25	10		
24	25	95	25	10		
25	5	85	10	28		
26	25	85	10	28		
27	5	95	10	28		
28	25	95	10	28		
29	5	85	25	28		
30	25	85	25	28		
31	5	95	25	28		
32	25	95	25	28		

ตารางที่11 แสดงการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ ของผลิตภัณฑ์สันในไก่

การทดลอง ที่	ปัจจัยในการทดลอง				ผลจากปัจจัย	
	อุณหภูมิชั้น ไก่หลังละลาย(X1)	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ระยะเวลา ในการต้ม (X3)	อุณหภูมิ น้ำคูลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	ค่าอุณหภูมิกลางชั้นไก่ หลังปรุงสุก (Y2)
1	5	80	4	10		
2	25	80	4	10		
3	5	95	4	10		
4	25	95	4	10		
5	5	80	8	10		
6	25	80	8	10		
7	5	95	8	10		
8	25	95	8	10		
9	5	80	4	28		
10	25	80	4	28		
11	5	95	4	28		
12	25	95	4	28		
13	5	80	8	28		
14	25	80	8	28		
15	5	95	8	28		
16	25	95	8	28		
17	5	80	4	10		
18	25	80	4	10		
19	5	95	4	10		
20	25	95	4	10		
21	5	80	8	10		
22	25	80	8	10		
23	5	95	8	10		
24	25	95	8	10		
25	5	80	4	28		
26	25	80	4	28		
27	5	95	4	28		
28	25	95	4	28		
29	5	80	8	28		
30	25	80	8	28		
31	5	95	8	28		
32	25	95	8	28		

3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการควบคุมกระบวนการผลิตจริงตามค่าควบคุมที่กำหนดในตารางการออกแบบการทดลองและบันทึกผลครบตามชุดการออกแบบการทดลองทั้งหมดแล้ว ได้นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสรุปผล โดยใช้เครื่องมือทางสถิติเชิงวิศวกรรม เพื่อวิเคราะห์ผลและให้ได้ข้อสรุปจากผลการทดลองที่น่าเชื่อถือ ซึ่งอาศัยโปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ผลการทดลองดังนี้

3.6.1 การทดสอบรูปแบบของผลข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Assumptions Checking by Residual Plots

3.6.1.1 การทดสอบความเป็นการกระจายแบบปกติ (Normality probability plot)

3.6.1.2 การตรวจสอบการกระจายของข้อมูล ลักษณะของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามากด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก (Histogram)

3.6.1.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูล (Versus fits)

3.6.1.4 การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual (Versus order)

3.6.2 การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง (Analyze Full Factorial)

3.6.2.1 การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อตัดปัจจัยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออก

3.6.2.2 ได้สมการการออกแบบการทดลอง และรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Final model)

3.6.2.3 การกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสม จากผลการออกแบบการทดลอง โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer

3.6.3 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อการยืนยันผลการวิจัย

3.6.3.1 ทดลองและเก็บข้อมูลผลจากการใช้ค่าควบคุมกระบวนการในการผลิตจริง

3.6.3.2 เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

3.7 การสร้างเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน

ทางบริษัทกรณีศึกษาและผู้วิจัยได้ร่วมกันในการปรับค่าควบคุมกระบวนการในเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานของเครื่องต้มและคลุ้งเนื้อไก่แบบสายพานอัตโนมัติขึ้นใหม่ โดยระบุค่าควบคุมกระบวนการของผลิตภัณฑ์อกไก่ 3 ชุดค่าควบคุม และระบุค่าควบคุมกระบวนการของผลิตภัณฑ์สันในไก่ 3 ชุดค่าควบคุม เพื่อให้พนักงานควบคุมกระบวนการดังกล่าวปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ลดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน และสามารถเพิ่มกำไรให้กับบริษัทกรณีศึกษาจากการลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบ เนื่องจากค่าร้อยละผลผลิตของวัตถุดิบเนื้อไก่ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น

3.8 สรุปผลการทดลอง และนำเสนองานวิจัย

ขั้นตอนการสรุปผลการทดลอง และนำเสนองานวิจัย ผู้วิจัยจะทำการสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมดภายใต้ขอบเขตโครงการวิจัย โดยที่ผู้วิจัยจะนำเอาผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงของกระบวนการต้มและคลุ้งวัตถุดิบอกไก่และสันในไก่ เพื่อตรวจสอบว่าค่าควบคุมกระบวนการที่ได้จากการออกแบบการทดลองนั้น สามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตของวัตถุดิบอกไก่และสันในไก่แต่ละประเภทผลิตภัณฑ์ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และนำผลที่ได้มาทำการสรุปพร้อมทั้งเสนอข้อเสนอนะ

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

จากขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 นั้น ได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย และสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีผลจากการทดลองและขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลอง
2. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง
3. การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง
4. การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลอง
5. ขั้นตอนการทดสอบเพื่อยืนยันผลการวิจัย
6. การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work instruction)
7. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
8. บทสรุป

4.1 ผลการทดลอง

การออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าร้อยละผลผลิตในกระบวนการต้มและคลุกเนื้อไก่แต่ละชนิด ขั้นที่1 ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ (2^k Factorial Design) โดยที่ปัจจัยหลักที่ทำการศึกษาเพื่อหาค่าควบคุมกระบวนการที่เหมาะสมมีทั้งหมด 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และเพื่อความน่าเชื่อถือของการเก็บข้อมูลผลการออกแบบการทดลองในแต่ละระดับของปัจจัยจะทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงต้องมีการเก็บผลข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ $2^4 \times 2 = 32$ หน่วยการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับตั้งค่าควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องต้ม เครื่องคุลิ่ง และกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตามค่าที่ได้ระบุไว้ในระดับของปัจจัยต่างๆตามการออกแบบการทดลอง โดยการทดลองจะทำการกำหนดเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองให้เก็บผลข้อมูลจากเครื่องเดิมตลอด วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองต้องมาจากผู้จัดจำหน่ายตราสินค้าเดียวกัน และก่อนการทดลองกำหนดให้มีการสุ่มสอบตรวจน้ำหนักขึ้นของวัตถุดิบให้อยู่ในช่วงน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 32 หน่วยการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ และ 32 หน่วยการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์สันในไก่ โดยก่อนทำการทดลองได้มีการชี้แจงรายละเอียดให้กับหัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงานโดยตรงทราบ เมื่อผู้ปฏิบัติงานได้ทำการทดลองแต่ละหน่วยการทดลองจะมีการบันทึกรายละเอียดค่าควบคุมจริงและผลการทดลองลงในแบบฟอร์มเก็บข้อมูล

จากการออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ และได้นำรูปแบบการทดลองนี้ไปใช้ในการทดลองผลิตจริง ทำให้ได้มาซึ่งผลข้อมูลดัง



ตารางที่12 แสดงผลการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ ของผลิตภัณฑ์
อกไก่

การทดลองที่	ปัจจัยในการทดลอง				ผลจากปัจจัย	
	อุณหภูมิขึ้น ไก่หลังละลาย (X1)	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ระยะเวลา ในการต้ม (X3)	อุณหภูมิ น้ำคูลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละผลผลิต (Y1)	ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นไก่ หลังปรุงสุก (Y2)
1	5	85	10	10	77.03%	65.63
2	25	85	10	10	74.50%	62.40
3	5	95	10	10	77.52%	72.98
4	25	95	10	10	69.00%	77.85
5	5	85	25	10	63.25%	75.60
6	25	85	25	10	74.50%	74.25
7	5	95	25	10	61.29%	83.42
8	25	95	25	10	61.75%	84.03
9	5	85	10	28	78.25%	68.47
10	25	85	10	28	79.00%	56.98
11	5	95	10	28	79.00%	66.50
12	25	95	10	28	69.50%	68.70
13	5	85	25	28	70.75%	76.40
14	25	85	25	28	72.50%	68.72
15	5	95	25	28	75.75%	84.38
16	25	95	25	28	62.00%	84.83
17	5	85	10	10	77.00%	66.00
18	25	85	10	10	72.00%	67.07
19	5	95	10	10	76.68%	73.85
20	25	95	10	10	71.00%	77.72
21	5	85	25	10	65.75%	74.00
22	25	85	25	10	73.25%	75.40
23	5	95	25	10	62.71%	81.82
24	25	95	25	10	69.50%	82.50
25	5	85	10	28	79.50%	66.65
26	25	85	10	28	74.00%	58.93
27	5	95	10	28	79.00%	66.10
28	25	95	10	28	72.00%	69.00
29	5	85	25	28	70.75%	76.60
30	25	85	25	28	79.50%	69.83
31	5	95	25	28	73.25%	84.70
32	25	95	25	28	60.50%	85.52

ตารางที่13 แสดงผลการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design แบบ 2 ระดับ ของผลิตภัณฑ์
สันในไก่

การทดลองที่	ปัจจัยในการทดลอง				ผลจากปัจจัย	
	อุณหภูมิขึ้น ไก่อหลังละลาย (X1)	อุณหภูมิน้ำต้ม (X2)	ระยะเวลา ในการต้ม (X3)	อุณหภูมิ น้ำคูลิ่ง (X4)	ค่าร้อยละ ผลผลิต (Y1)	ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นไก่ หลังปรุงสุก (Y2)
1	5	80	4	10	77.00%	64.22
2	25	80	4	10	73.67%	70.64
3	5	95	4	10	78.24%	74.62
4	25	95	4	10	77.86%	72.38
5	5	80	8	10	78.67%	74.14
6	25	80	8	10	73.67%	76.04
7	5	95	8	10	73.67%	83.40
8	25	95	8	10	76.86%	81.00
9	5	80	4	28	79.86%	65.48
10	25	80	4	28	78.43%	65.80
11	5	95	4	28	76.29%	71.28
12	25	95	4	28	74.86%	75.52
13	5	80	8	28	79.14%	70.60
14	25	80	8	28	76.64%	71.86
15	5	95	8	28	75.57%	82.20
16	25	95	8	28	71.62%	83.52
17	5	80	4	10	78.67%	66.66
18	25	80	4	10	72.00%	71.06
19	5	95	4	10	76.33%	70.68
20	25	95	4	10	78.71%	70.96
21	5	80	8	10	78.67%	72.56
22	25	80	8	10	75.33%	76.62
23	5	95	8	10	75.33%	81.18
24	25	95	8	10	78.29%	75.62
25	5	80	4	28	79.86%	64.42
26	25	80	4	28	77.71%	67.32
27	5	95	4	28	77.00%	71.22
28	25	95	4	28	76.29%	74.34
29	5	80	8	28	78.57%	68.58
30	25	80	8	28	77.36%	73.30
31	5	95	8	28	74.86%	83.34
32	25	95	8	28	72.00%	84.08

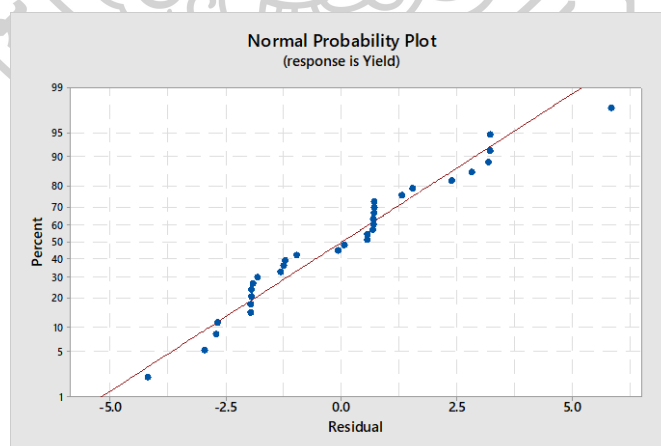
เมื่อทำการเก็บผลจากการออกแบบการทดลองครบถ้วนแล้ว ได้นำผลการทดลองที่ได้ทั้งหมด มาทำการวิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง โดยใช้วิธีการเชิงสถิติวิศวกรรม อาศัยการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Minitab Version 17.2 มาทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งการ สรุปผลการทดลองนี้

4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง

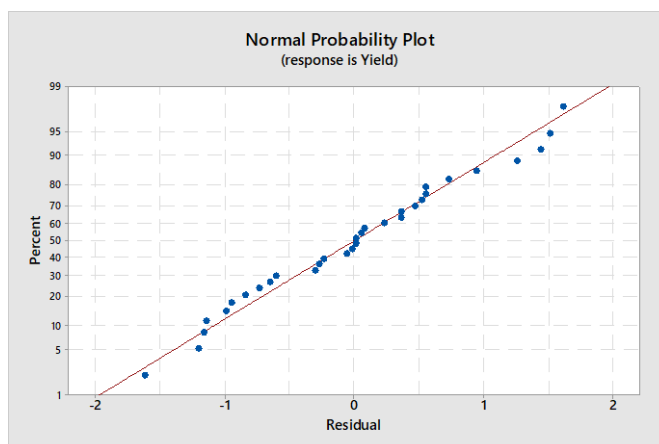
จากการทดสอบรูปแบบของผลข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Assumptions Checking by Residual Plots มีการสรุปข้อสันนิษฐานที่ต้องพิจารณารูปแบบของ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ Residual Plots ของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ และสันใน ไก่ดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดสอบความเป็นการกระจายแบบปกติ (Normality probability plot)

จากการทดสอบความเป็นการกระจายแบบปกติของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ อกไก่และสันในไก่มีการกระจายตัวแบบปกติและ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ศูนย์ โดยกราฟแสดงการกระจาย แบบปกติของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังภาพที่ 4.1 และผลิตภัณฑ์สันในไก่ ดัง ภาพที่ 4.2 ดังต่อไปนี้



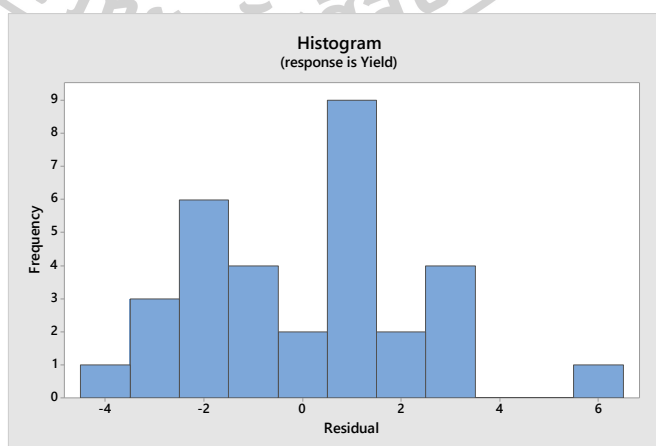
ภาพที่ 4.1 Residual Plots แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองของข้อมูล ผลิตภัณฑ์อกไก่



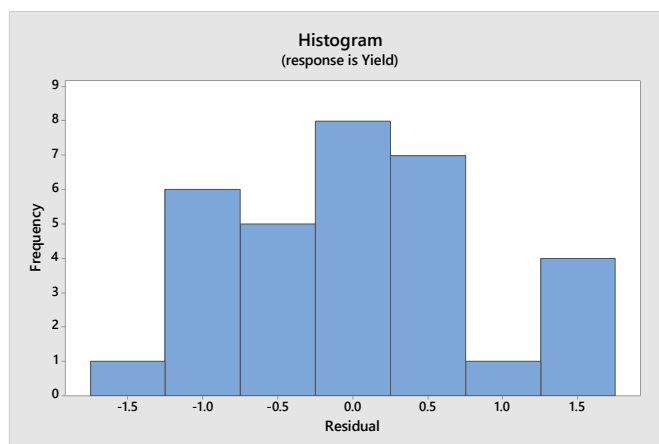
ภาพที่ 4.2 Residual Plots แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองของข้อมูลผลิตภัณฑ์สนในไก่

4.2.2 การตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยฮิสโตแกรม (Histogram)

การตรวจสอบการกระจายของข้อมูล ลักษณะของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามากด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก (Histogram) จากการตรวจสอบรูปแบบการกระจายของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่และสนในไก่ มีลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribution) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ กราฟแสดงตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยฮิสโตแกรม จากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังภาพที่ 4.3 และผลิตภัณฑ์สนในไก่ ดังภาพที่ 4.4 ดังต่อไปนี้



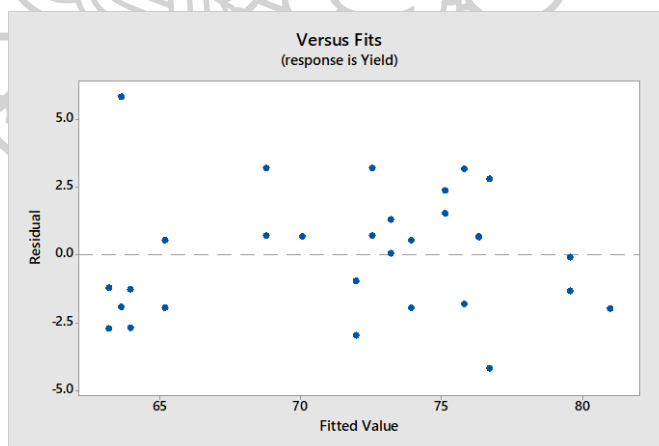
ภาพที่ 4.3 ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยฮิสโตแกรมของข้อมูลผลิตภัณฑ์อกไก่

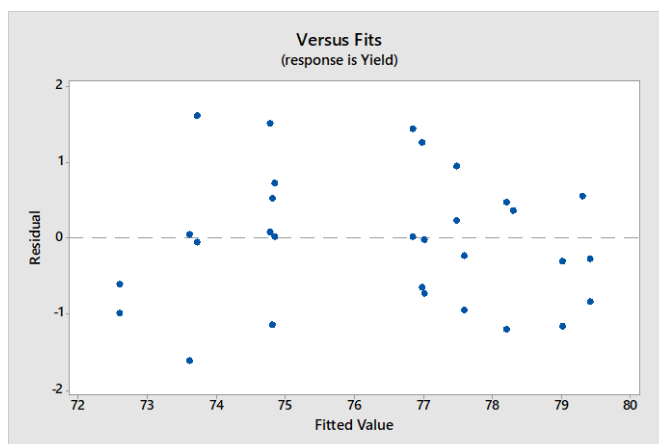


ภาพที่ 4.4 ตรวจสอบดูการกระจายของข้อมูลด้วยฮิสโตแกรมของข้อมูลผลิตภัณฑ์สันในไก่

4.2.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูล (Versus fits)

การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูลของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่และสันในไก่ พบว่า Residuals มีการกระจายตัวแบบสุ่ม และความผันแปรคงที่ กราฟแสดงตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูล จากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังภาพที่ 4.5 และผลิตภัณฑ์สันในไก่ ดังภาพที่ 4.6 ดังต่อไปนี้

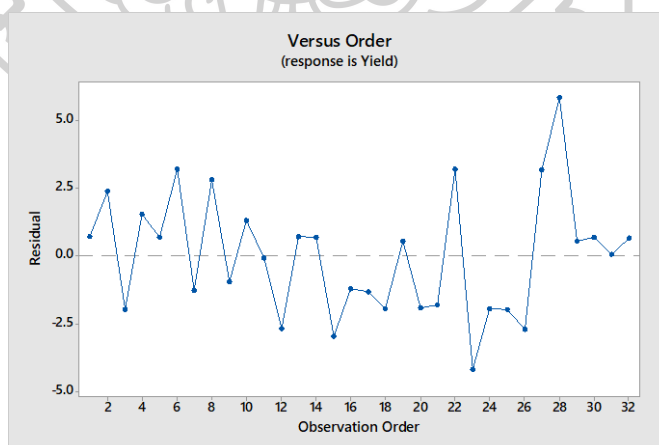




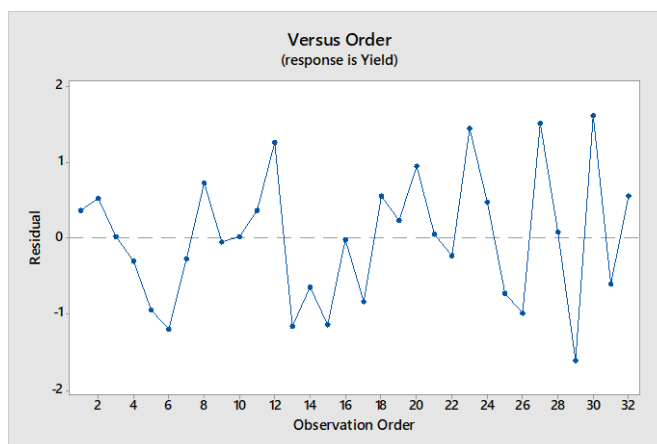
ภาพที่ 4.6 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูลของข้อมูลผลิตภัณฑ์สันในไก่

4.2.4 การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual (Versus order)

การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual ของข้อมูลของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่และสันในไก่ พบว่า เมื่อแสดง Residuals เรียงตามลำดับข้อมูล ไม่พบรูปแบบที่ชัดเจนแต่อย่างใด กราฟแสดงการตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual ของข้อมูลจากการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ ดังภาพที่ 4.7 และผลิตภัณฑ์สันในไก่ ดังภาพที่ 4.8 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.7 การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual จากข้อมูลของข้อมูลผลิตภัณฑ์อกไก่



ภาพที่ 4.8 การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual จากข้อมูลผลิตภัณฑ์สันในไก่

4.3 การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง DOE โดยการกำหนดค่าควบคุม 4 ปัจจัย และ วัดผลการทดลองโดยพิจารณาจากค่า Y1 คือ ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ และ Y2 คือค่าอุณหภูมิกลางขึ้น เนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม(ปรุงสุก) สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ พบว่ามีปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญกับค่า ร้อยละผลผลิตที่ได้ทั้ง 4 ปัจจัย อันได้แก่ อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังผ่านกระบวนการละลาย ,อุณหภูมิ น้ำต้มในการปรุงสุก, ระยะเวลาในการต้ม และอุณหภูมิน้ำคูลิ่ง รวมถึงระหว่างปัจจัยก็มีความสัมพันธ์กัน ผลแสดงดังตารางที่ 14 สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ พบว่ามีปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญกับค่า ร้อยละผลผลิตที่ได้ทั้ง 3 ปัจจัย อันได้แก่ อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังผ่านกระบวนการละลาย, อุณหภูมิ น้ำต้มในการปรุงสุก และ ระยะเวลาในการต้ม รวมถึงระหว่างปัจจัยก็มีความสัมพันธ์กัน ผลแสดงดัง ตารางที่ 15

ตารางที่14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากชุดข้อมูลการออกแบบการทดลอง สำหรับผลิตภัณฑ์ออกไก่

ผลจากปัจจัย	ลักษณะความสัมพันธ์	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	ค่า P-Value	ผล
ค่าผลผลิตร้อยละ (Y1)	Linear	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่	0.023	*
		อุณหภูมิน้ำดื่ม	0.000	*
		ระยะเวลาในการต้ม	0.000	*
		อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.002	*
	2-Way Interaction	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม	0.000	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม	0.001	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.006	*
		อุณหภูมิน้ำดื่ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.067	ns
		อุณหภูมิน้ำดื่ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.688	ns
		ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.205	ns
	3-Way Interaction	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.036	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.033	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.005	*
อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังปรุงสุก (Y2)	Linear	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่	0.006	*
		อุณหภูมิน้ำดื่ม	0.000	*
		ระยะเวลาในการต้ม	0.000	*
		อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
	2-Way Interaction	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม	0.000	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม	0.495	ns
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
		อุณหภูมิน้ำดื่ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.005	*
		อุณหภูมิน้ำดื่ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.296	ns
		ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
	3-Way Interaction	อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.009	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * อุณหภูมิน้ำดื่ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
		อุณหภูมิกลางขึ้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่15 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากชุดข้อมูลการออกแบบการทดลอง สำหรับผลิตภัณฑ์
สันในไก่

ผลจากปัจจัย	ลักษณะ ความสัมพันธ์	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	ค่า P-Value	ผล
ค่าผลผลิตร้อยละ (Y1)	Linear	อุณหภูมิกลางชั้นไก่	0.000	*
		อุณหภูมิน้ำต้ม	0.000	*
		ระยะเวลาในการต้ม	0.003	*
		อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.528	ns
	2-Way Interaction	อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำต้ม	0.000	*
		อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม	0.838	ns
		อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.224	ns
		อุณหภูมิน้ำต้ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.001	*
		อุณหภูมิน้ำต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
		ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.017	*
	3-Way Interaction	อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำต้ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.000	*
		อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * ระยะเวลาในการต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.040	*
อุณหภูมิกลาง ชั้นไก่หลังปรุงสุก (Y2)	Linear	อุณหภูมิกลางชั้นไก่	0.009	*
		อุณหภูมิน้ำต้ม	0.000	*
		ระยะเวลาในการต้ม	0.000	*
		อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.327	ns
	2-Way Interaction	อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำต้ม	0.007	*
		อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.200	ns
		อุณหภูมิน้ำต้ม * ระยะเวลาในการต้ม	0.010	*
		อุณหภูมิน้ำต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.000	*
	3-Way Interaction	อุณหภูมิกลางชั้นไก่ * อุณหภูมิน้ำต้ม * อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง	0.006	*

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

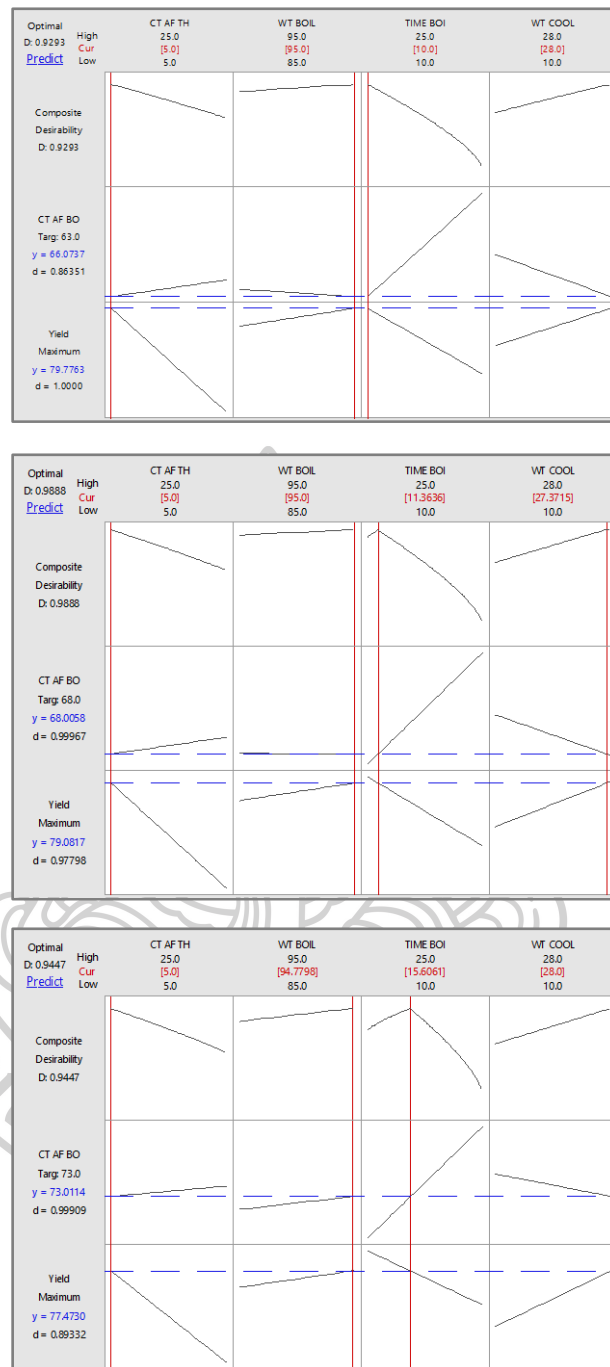
4.4 การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลอง

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งที่ เพื่อหาค่าตัววัด Y1 และ Y2 ที่ดีที่สุด ด้วยวิธีการ Response Optimization ทำให้ได้ค่าควบคุมที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 14 สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ อธิบายการควบคุมปัจจัยได้ดังนี้คือ

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 95 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 10 นาที และ อุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 28 องศาเซลเซียส

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 65 ถึง 70 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 95 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 11.36 นาที และ อุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 27.37 องศาเซลเซียส

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางขึ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 70 ถึง 75 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางขึ้นไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 94.77 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 15.61 นาที และอุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 28 องศาเซลเซียส



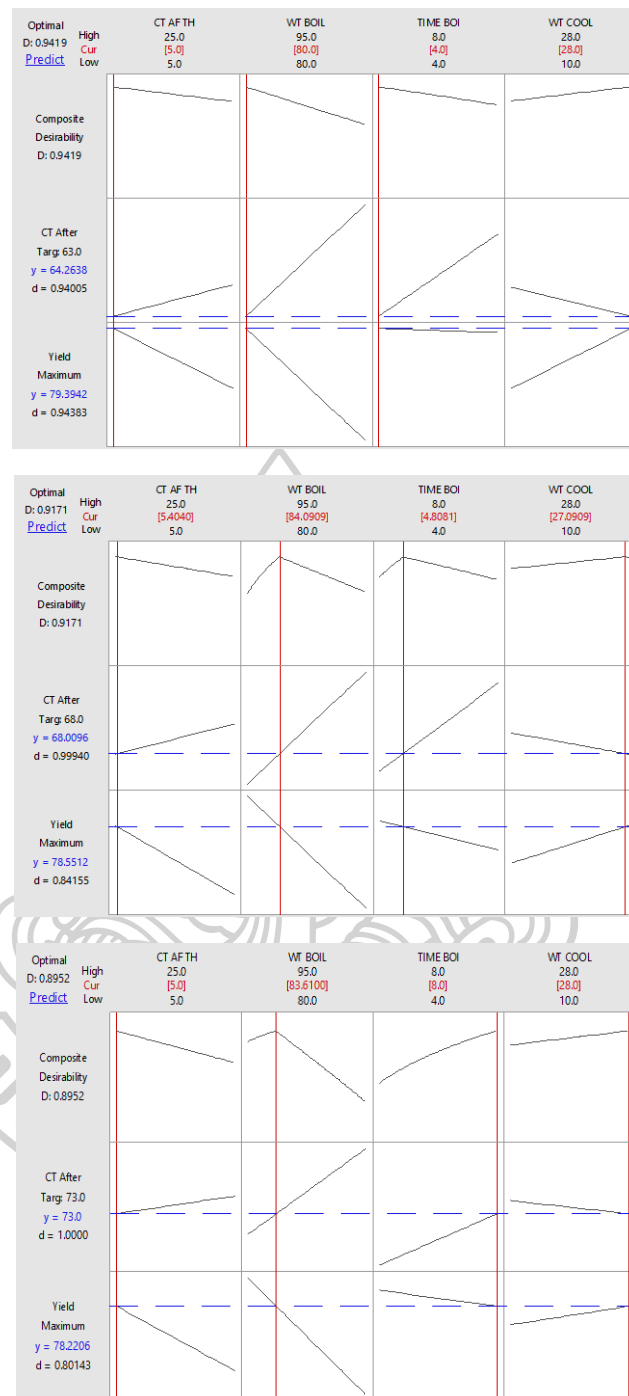
ภาพที่ 4.9 แสดงค่าปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมด้วยวิธีการ Response Optimization สำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งที่ เพื่อหาค่าตัววัด Y1 และ Y2 ที่ดีที่สุด ด้วยวิธีการ Response Optimization ทำให้ได้ค่าควบคุมที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 15 สำหรับผลิตภัณฑ์สันในไก่ อธิบายการควบคุมปัจจัยได้ดังนี้คือ

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าคาร์บอนิลไลต์ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 80 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 4 นาที และ อุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 28 องศาเซลเซียส

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 65 ถึง 70 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าคาร์บอนิลไลต์ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5.4 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 84.09 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 4.8 นาที และ อุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 27.09 องศาเซลเซียส

- หากต้องการผลิตสินค้าที่มีค่า ค่าอุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม (Y2) ในช่วง 70 ถึง 75 องศาเซลเซียส และต้องการได้ค่าคาร์บอนิลไลต์ (Y1) สูงสุด จะต้องควบคุมกระบวนการผลิตด้วยค่าควบคุมปัจจัยทั้ง 4 คือ อุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการละลายที่ 5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิน้ำต้มในการปรุงสุกที่ 83.61 องศาเซลเซียส, ระยะเวลาในการต้ม 8 นาที และ อุณหภูมิน้ำคูลิ่งเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อไก่ที่ 28 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.10 แสดงค่าปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมด้วยวิธีการ Response Optimization สำหรับผลิตภัณฑ์สันในไก่

4.5 การทดสอบเพื่อการยืนยันผลการวิจัย

การทดสอบเพื่อการยืนยันผลการวิจัย ถือเป็นการยืนยันผลการสรุปค่าปัจจัย 4 ปัจจัยในการออกแบบการทดลอง ว่าเป็นปัจจัยที่ถูกวิเคราะห์มาอย่างเหมาะสมและส่งผลกระทบต่อผลหรือในที่นี้ก็คือค่าร้อยละผลผลิต โดยทำการทดสอบยืนยันผลการทดลองให้เป็นไปตามค่าควบคุมที่ได้จากการวิเคราะห์ว่าเหมาะสมซึ่งสรุปค่าควบคุม แต่เนื่องด้วยค่าควบคุมจากการวิเคราะห์ผลการทดลองอาจมีค่าเป็นทศนิยม หรือค่าที่แตกต่างจากชุดการควบคุมสินค้าอื่นๆ ทำให้ยากต่อการเปลี่ยนค่าควบคุมระหว่างทำการผลิตจริง ผู้วิจัยจึงทำการปรับค่าควบคุมที่ได้จากการวิเคราะห์บางค่า เพื่อให้สะดวกต่อการควบคุมกระบวนการจริง อาทิเช่น การปิดเศษทศนิยมขึ้นของระยะเวลาในการต้ม เนื่องด้วยการควบคุมเครื่องต้มไม่สามารถปรับค่าในหน่วยทศนิยมได้ ซึ่งการปิดเศษขึ้นทำหึ่งระยะเวลาในการต้มนานขึ้นเล็กน้อยจะทำให้สินค้ามีระดับความชื้นของเนื้อไก่ที่ต่ำลง ถือเป็นการลดความเสี่ยงด้านคุณภาพ ทำให้ชิ้นไก่หลังต้มเป็นเส้นสวยได้ตามที่ถูกค่ากำหนด หากปิดเศษทศนิยมของระยะเวลาต้มลง ถือเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการมีเนื้อไก่เป็นเส้นที่ไม่ได้ขนาดตามมาตรฐานได้ เป็นต้น

ตารางที่ 16 แสดงค่าปัจจัยควบคุมกระบวนการที่ดีที่สุดจากการทดลองและค่าควบคุมที่ปรับใช้จริง

วัตถุดิบ	ค่าอุณหภูมิใจกลางชิ้นไก่หลังปรุงสุกตามประเภทผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	ชุดที่	อุณหภูมิเนื้อไก่หลังละลาย (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิน้ำต้ม (องศาเซลเซียส)		ระยะเวลาในการต้ม (นาที)		อุณหภูมิน้ำคูลิ่ง (องศาเซลเซียส)	
			ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าที่ใช้จริง	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าที่ใช้จริง	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าที่ใช้จริง	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าที่ใช้จริง
อกไก่	60 ถึง 65	1	5	5	95	95	10	10	28	28
	65 ถึง 70	2	5	5	95	95	11.36	12	27.37	28
	70 ถึง 75	3	5	5	94.77	95	15.6	16	28	28
สันในไก่	60 ถึง 65	4	5	5	80	80	4	4	28	28
	65 ถึง 70	5	5.4	5	84	85	4.8	5	27	28
	70 ถึง 75	6	5	5	83.6	85	8	8	28	28

จากการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันผลการทดลอง โดยใช้ระยะเวลาทำการผลิตตามค่าควบคุมจริง เป็นระยะเวลา 25 วันทำงาน โดยควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปตามค่าควบคุมกระบวนการที่กำหนด สามารถสรุปผลได้ว่า

- ผลผลิตเนื้อมีไขมันต่ำแบบปกติต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 60-65 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 10 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

- ผลผลิตเนื้อมีไขมันต่ำแบบปานกลางต้องการ อุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 65-70 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เวลา 12 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

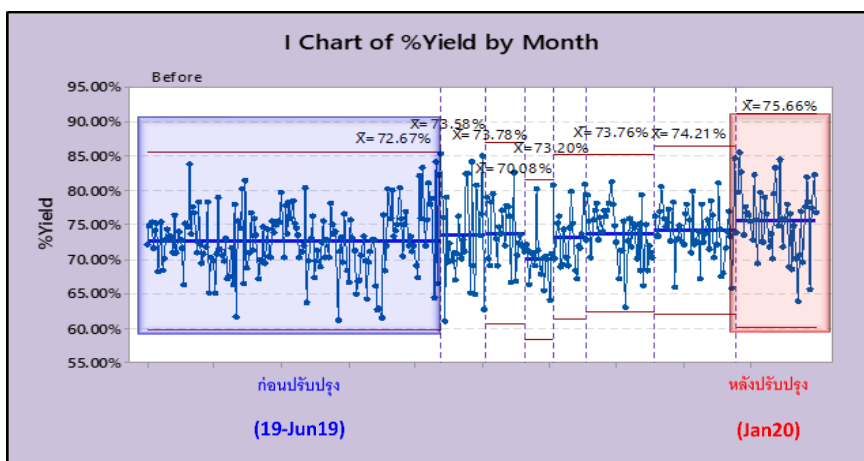
- ผลผลิตเนื้อมีไขมันต่ำแบบแห้งต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 70-75°C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เวลา 16 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

- ผลผลิตเนื้อมีไขมันในแบบปกติต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 60-65 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 4 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

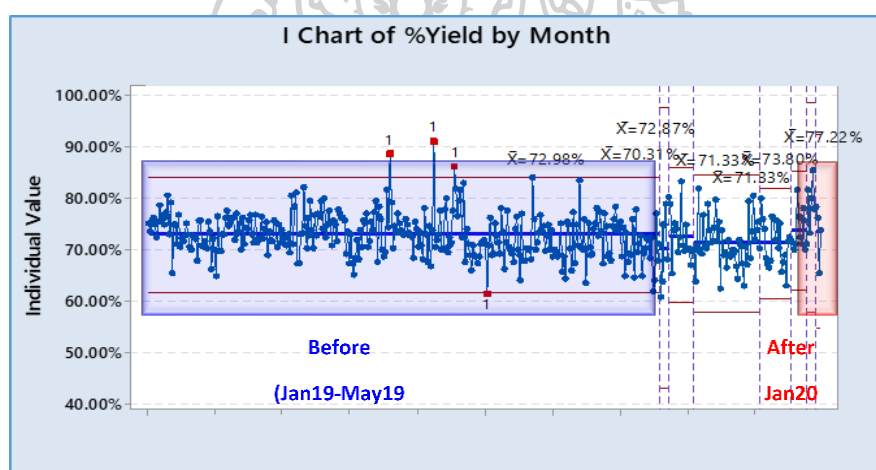
- ผลผลิตเนื้อมีไขมันในแบบปานกลางต้องการ อุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 65-70 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 85 °C เวลา 5 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

- ผลผลิตเนื้อมีไขมันในแบบแห้งต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 70-75°C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 85 °C เวลา 8 นาที และใช้น้ำคูลิ่งที่อุณหภูมิ 28 °C

จากผลการทดลองนำค่าควบคุมมาทดลองผลิตสินค้าจริงพบว่าสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อมีไขมันเพิ่มขึ้น 2.70% ดังแสดงใน ภาพที่ 4.11 และในผลิตภัณฑ์สันในไก่เพิ่มขึ้นเป็น 3.42% ดังแสดงใน ภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองนำค่าควบคุมมาทดลองผลิตสินค้าจริงในผลิตภัณฑ์ทอกโก



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดลองนำค่าควบคุมมาทดลองผลิตสินค้าจริงในผลิตภัณฑ์สันในไก่

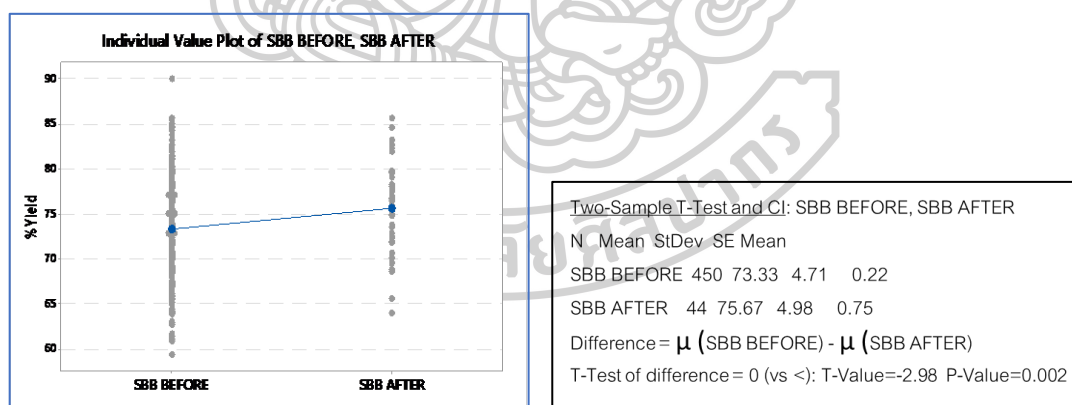
จากผลการใช้ค่าควบคุมในการควบคุมกระบวนการผลิตจริง พบว่าค่าร้อยละผลิตของผลิตภัณฑ์ทอกโกยังไม่ได้ตามเป้าหมายอาจเกิดจากมีปัจจัยอื่นที่ผู้วิจัยยังไม่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ หรืออาจเกิดจากการที่ไม่สามารถปรับค่าควบคุมตามค่าปัจจัยจากการวิเคราะห์ได้สมบูรณ์ ซึ่งทางบริษัทการศึกษาและผู้วิจัยจะร่วมกันทำการปรับปรุงกระบวนการต่อไปได้ตามเป้าหมาย

ในการทดสอบเพื่อการยืนยันผลการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยผู้วิจัยกำหนดให้สมมติฐานในการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

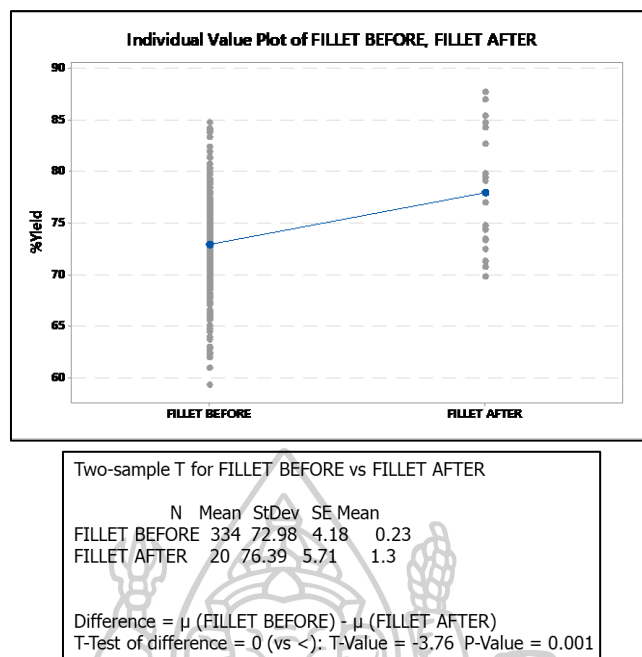
สมมติฐานหลัก (H_0) : ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ $\geq$ ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ

สมมติฐานทางเลือก (H_a) : ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ $<$ ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ

จากการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม (2-Sample t-Test) ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ กับค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า P-Value ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ออกไก่เท่ากับ 0.047 และค่า P-Value ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สันในไก่เท่ากับ 0.002 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ น้อยกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรใช้ค่าควบคุมกระบวนการที่ปรับปรุงใหม่ ข้อมูลและผลการพิสูจน์ แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.13 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ น้อยกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้หลังปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ออกไก่



ภาพที่ 4.14 ผลทางสถิติในการพิสูจน์สาเหตุค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้ก่อนปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ น้อยกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตที่ได้หลังปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการในกลุ่มผลิตภัณฑ์สันในไก่

4.6 การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work instruction)

ในกระบวนการปรุงสุกและคลุ่ลิ่งเนื้อไก่บริษัทกรณีศึกษานั้นมีการปฏิบัติงานตามมาตรฐานอยู่แล้ว เพียงแต่ค่าควบคุมในกระบวนการนั้นเป็นการกำหนดค่าในช่วงกว้างและใช้ค่าควบคุมเพียงชุดเดียว ไม่มีการกำหนดค่าควบคุมในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด

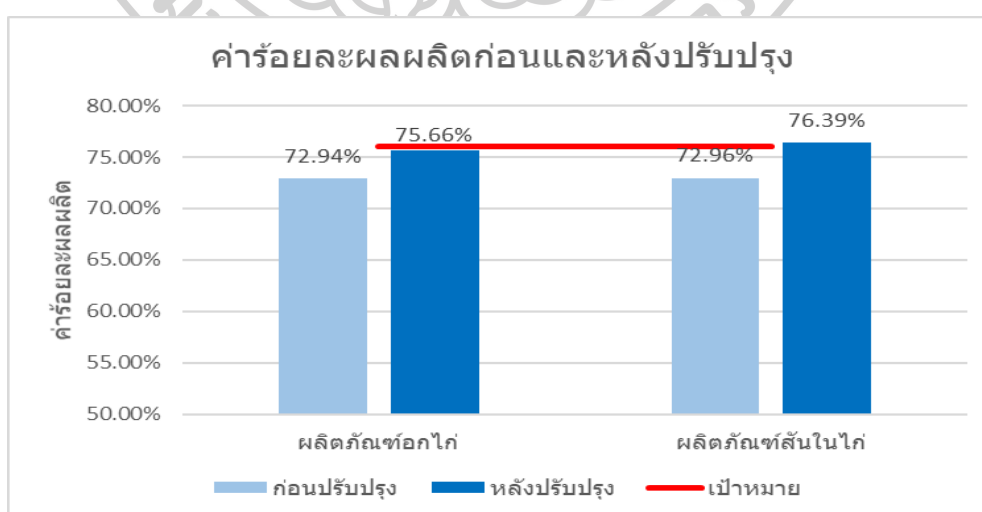
จากการปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการปรุงสุกและคลุ่ลิ่งได้ทำการเพิ่มชุดค่าควบคุมกระบวนการลงในมาตรฐานฉบับใหม่ พร้อมทั้งทำการอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการเลือกใช้ชุดค่าควบคุมทั้ง 6 ชุด ให้เหมาะกับกลุ่มผลิตภัณฑ์ และทำการบันทึกในระบบคำสั่งควบคุมอัตโนมัติในระบบของเครื่องจักรที่ใช้ เพื่อให้สะดวกต่อการปฏิบัติงานอีกด้วย

4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากการผลิตเนื้อไก่ปรุงสุก มีวัตถุดิบเนื้ออกไก่และสันในไก่เป็นต้นทุนวัตถุดิบหลักในกระบวนการ การปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการใหม่ และการเพิ่มชุดค่าควบคุมทั้ง 6 ชุด ให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการต่ำลง ก่อให้เกิดเป็นผลประโยชน์ให้กับบริษัททรนศึกษา สามารถคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ที่ได้ 176,475 บาทต่อเดือนสำหรับผลิตภัณฑ์อกไก่ และมูลค่าผลประโยชน์ที่ได้ 75,515 บาทต่อเดือนสำหรับผลิตภัณฑ์สันในไก่แสดงดังนี้

ตารางที่ 17 แสดงรายละเอียดการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ

รายการข้อมูล	ผลิตภัณฑ์อกไก่	ผลิตภัณฑ์สันในไก่	หน่วย
ค่าร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุงค่าควบคุม	72.94%	72.96%	%
ค่าร้อยละผลผลิตหลังปรับปรุงค่าควบคุม	75.66%	76.39%	%
ค่าร้อยละผลผลิตที่เพิ่มขึ้น	2.72%	3.43%	%
ปริมาณวัตถุดิบที่ผลิต	85,980	31,140	กิโลกรัมต่อเดือน
มูลค่าวัตถุดิบ	75.46	70.7	บาทต่อกิโลกรัม
ผลประโยชน์ที่ได้	176,475	75,515	บาทต่อเดือน
	2,117,700	906,178	บาทต่อปี



ภาพที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละผลผลิตก่อนและหลังปรับปรุงค่าควบคุมกระบวนการ

4.8 บทสรุป

จากงานวิจัยในบทที่ 4 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าร้อยละผลผลิตในกระบวนการปรุงสุก(ต้ม) และลดอุณหภูมิหลังการปรุงสุก(คลุ่ลิ่ง) ของผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่ และสันในไก่ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

4.8.1. ปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเนื้ออกไก่

- ผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่แบบปกติต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 60-65 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 10 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C
- ผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่แบบปานกลางต้องการ อุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 65-70 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เวลา 12 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C
- ผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่แบบแห้งต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 70-75°C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5 °C ต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เวลา 16 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C

4.8.2. ปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเนื้อสันใน

- ผลิตภัณฑ์เนื้อสันในไก่แบบปกติต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 60-65 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 4 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C
- ผลิตภัณฑ์เนื้อสันในไก่แบบปานกลางต้องการ อุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 65-70 °C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 85 °C เวลา 5 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C
- ผลิตภัณฑ์เนื้อสันในไก่แบบแห้งต้องการอุณหภูมิใจกลางอยู่ที่ 70-75°C ต้องมีค่าควบคุมกระบวนการคืออุณหภูมิหลังละลายอยู่ที่ 5-10 °C ต้มที่อุณหภูมิ 85 °C เวลา 8 นาที และใช้น้ำคลุ่ลิ่งที่ 28 °C

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสม ที่ส่งผลให้ค่าร้อยละผลผลิตสูงขึ้นตามเป้าหมาย ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปลูก (ตม) และลดอุณหภูมิหลังการปลูก (쿨ลิ่ง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อมะพร้าว และสันในไก่ โดยผู้วิจัยนำหลักการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์การทดลอง มาทำการประยุกต์ใช้ (Design and analysis of experiments) เพื่อเพิ่มค่าร้อยละผลผลิต (%Yield) ในกระบวนการผลิตเนื้อมะพร้าว และสันในไก่เส้นสำเร็จรูป และนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการจัดทำเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานของแผนกรับ-เตรียมวัตถุดิบ ของบริษัท กรณีสึกษา ซึ่งสามารถสรุปได้จากบทนี้คือ

1. สรุปผลการวิจัย
2. ข้อเสนอแนะและข้อจำกัด

5.1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต ทำการทดลองโดยควบคุมปัจจัยต่างๆตามแผน บันทึกรูปผลการทดลอง จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลองด้วยข้อมูลทางสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองทำให้ได้มาซึ่งค่าระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม และส่งผลต่อกระบวนการผลิตได้อย่างแม่นยำ และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูล งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ช่วง ดังนี้

5.1.1 การปรับตั้งเครื่องจักรตามค่าควบคุมของปัจจัยต่างๆ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในกระบวนการปลูก(ตม) และลดอุณหภูมิหลังการปลูก(쿨ลิ่ง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อมะพร้าว และสันในไก่ โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลผลการทดลองที่สถานะต่างๆ ด้วยการปรับตั้งค่าควบคุมเครื่องจักรและค่าควบคุมกระบวนการ ซึ่งได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 30 ของเดือนมกราคม 2563 ในวันที่ทำการผลิต เพื่อใช้ในการยืนยันผลการทดลอง โดยการเลือกใช้ชุดค่าควบคุมทั้ง 6 ชุด ให้เหมาะกับกลุ่มผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นค่าควบคุมที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลอง ชุดค่าควบคุมทั้ง 6ชุด แสดงรายละเอียดของค่าควบคุมแต่ละปัจจัยดังในตารางที่ 14 ปัจจัยควบคุมอันได้แก่ อุณหภูมิกลางชั้นเนื้อไก่ หลังผ่านกระบวนการละลาย ,อุณหภูมิน้ำต้ม , ระยะเวลาในการต้ม และอุณหภูมิน้ำคูลลิ่งลดอุณหภูมิเนื้อไก่หลังผ่านกระบวนการต้ม

5.1.2 การจัดทำมาตรฐานในการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้ทำการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานขึ้นใหม่ พร้อมทั้งทำการอบรมสอนพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ให้เข้าใจถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเลือกใช้ชุดค่าควบคุมทั้ง 6 ชุด ให้เหมาะกับกลุ่มผลิตภัณฑ์ และทำการบันทึกในระบบคำสั่งควบคุมอัตโนมัติในระบบของเครื่องจักรที่ใช้ เพื่อให้สะดวกต่อการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานในรูปแบบสื่อการสอนผ่าน Video เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจการปรับตั้งค่าควบคุมได้ง่าย และสามารถทวนสอบมาตรฐานการปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

5.2.1 จากผลการทดลองผลิตจริงโดยใช้ค่าควบคุมกระบวนการที่ได้จากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง พบว่าผลการทดลองผลิตจริงมีค่าร้อยละผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าการเก็บข้อมูลในการออกแบบการทดลอง เนื่องจากในกระบวนการผลิตจริงไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้อย่างแม่นยำ มีความผันแปรในกระบวนการสูง ควรมีมาตรการเพิ่มเติมเพื่อควบคุมปัจจัยที่มีนัยสำคัญดังกล่าวให้มีความผันแปรน้อยที่สุด

5.2.2 ในการเก็บข้อมูลผลหลังการปรับปรุงควรคัดเลือกกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เป็นเจ้าเดียวกับการเก็บข้อมูลเพื่อออกแบบการทดลอง เพื่อลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในข้อมูลผลการทดลอง และควรทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมเรื่องกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบแต่ละเจ้าว่าส่งผลต่อค่าร้อยละผลผลิตที่ได้หรือไม่ ซึ่งการเลือกวัตถุดิบรับเข้าที่ดีจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่อไป

รายการอ้างอิง

Wanasawaeng, W. (2557). วิจัยเครื่องสแกน Yield เนื้อไก่. Retrieved from

<http://thaiavian.blogspot.com/2014/09/yield.html>

แก้วพลอย, ส., & บุญเซ่ง, ก. (2557). การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบไม้
ยางพารา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา,

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ สำนัก
เทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 17-22.

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา. (2554). การพัฒนาผงหมักไก่เนื้อนุ่ม. *PHETCHABUN RAJABHAT JOURNAL* (ราชภัฏ
เพชรบูรณ์สาร), 13(2).

ฉลอง สีแก้วสัว. (2552). Design of Experiment คืออะไร. Retrieved from

http://www.geocities.ws/chalong_sri/why_DOE.htm

ประชาสรรค์ แสนภักดี. (2550). ฟังก้างปลา กับ แผนภูมิความคิด. Retrieved from

<http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (2558). การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE). Retrieved
from <https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/doe/>





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	Thanpimol Khunthong
วัน เดือน ปี เกิด	05 February 1992
สถานที่เกิด	Samutsakorn
วุฒิการศึกษา	Silpakorn University
ที่อยู่ปัจจุบัน	1092/37 Mahachai , mueang , Samut Sakhon

