การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดร้อยละผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์

The Application of Six Sigma Technique for Reducing Percentage of Non-Conforming Products in Smoked Chicken Frankfurter Processing

ภาณุเดช สุวรรณอัมพร

Panudat Suwanumporn

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Agro-Industry Management
Prince of Songkla University

2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดร้อยละผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ผู้เขียน นายภาณุเดช สุวรรณอัมพร

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ดร.กันยา อัครอารีย์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.เกรียงไกร ไวยกาญจน์)

.....กรรมการ

(ดร.กันยา อัครอารีย์)

.....กรรมการ

(ดร.เจษฎา ทิพย์มณเฑียร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ดร.กันยา อัครอารีย์)
อาจารยที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ .....
(นายภาณุเดช สุวรรณอัมพร)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อนและไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(นายภาณุเดช สุวรรณอัมพร)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดร้อยละผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ผู้เขียน นายภาณุเดช สุวรรณอัมพร

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ของสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้กำหนดเกณฑ์ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 3.00 ปัจจุบันประสบปัญหาไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องสูงเกินเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 3.44 ซึ่งเป็นหนึ่งสาเหตุของต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อลดจำนวนไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลงมากกว่าร้อยละ 50 จึงดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การกำหนดหัวข้อปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการและการควบคุมกระบวนการ ผลการสำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบันพบว่าไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานมีปริมาณสูงสุดในกระบวนการผลิต เมื่อวิเคราะห์จาก 17 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตไส้กรอกพบว่ามีเพียง 5 ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับไส้กรอกที่มีข้อบกพร่อง โดยจัดทำแผนภาพการไหลของกระบวนการ เพื่อระบุปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของแต่ละขั้นตอน จากนั้นวิเคราะห์ตัวแปรหลักที่สำคัญของแต่ละปัจจัยนำเข้า ซึ่งประกอบด้วย 41 ปัจจัย เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าของแต่ละขั้นตอนกับสาเหตุการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องด้วยเทคนิควิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ และจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่ามีเพียง 18 ปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่อง โดยหลังจากร่วมกันระดมสมองถึงความพร้อมในการดำเนินงาน ความเป็นไปได้ทางเทคนิค แผนการผลิตและผลกระทบต่อกระบวนการด้านต่างๆ ได้คัดเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ โดยใช้การจัดลำดับคะแนนความเสี่ยงเพื่อลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ต้องปรับปรุงเป็นอันดับแรก ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) คุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก 2) การพ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้ และ 3) การติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก จากนั้นทดสอบความมีนัยสำคัญและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อจำนวนไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือ 0.05 และดำเนินการปรับปรุงทั้ง 3 ปัจจัยในกระบวนการผลิต โดยปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุจากไส้บรรจุ (Type A) เป็นไส้บรรจุชนิด (Type B) ของขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม ปรับปรุงขั้นตอนการพ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้โดยคัดเลือกปัจจัยการพ่นไอน้ำไส้กรอกเวลา 40

วินาทีครั้งละ 6 ไม้ไส้กรอก ซึ่งเป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการปอกไส้และติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับ 3 ในขั้นตอนการบรรจุไส้กรอก จากนั้นกำหนดแนวทางในการควบคุมปัจจัยที่ได้ปรับปรุงในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ผลการดำเนินงานปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์พบว่า ร้อยละไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องลดลงจากเดิมร้อยละ 3.44 เป็น 1.70 โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 50.6 คิดเป็นมูลค่า 3,365,421.7 บาทต่อปี

Thesis Title The Application of Six Sigma Technique for Reducing Percentage of Non-Conforming Products in Smoked Chicken Frankfurter Processing

Author Mr. Panudat Suwanumporn

Major Program Agro-Industry Management

Academic Year 2020

ABSTRACT

The processing of smoked chicken frankfurter of the case study factory set the percentage of acceptable non-conforming products not more than 3.00. In present, this criterion was 3.44 which was higher than the target resulting in high production cost. This research aimed to reduce the non-conforming products more than 50 percentage. The study conducted by applying six sigma technique including 5 phases that were define, measure, analyse, improvement and control. From the survey of current situation, it was found that over length sausages was the highest type of non-conforming products. The analysis on processing steps of smoked chicken frankfurter shown that only 5 steps from 17 main steps that affected to root cause of non-conforming products. Then main input factors of each step were identified by using the process mapping. The results shown that there were 41 of key process input variable (KPIV) on 5 steps. After that Failure Mode and Effects Analysis with calculating risk priority number (RPN) was used for selecting the important factors. By ranking scores with pareto diagram, only 18 KPIVs were compliance with causes of non-conforming products. After discussed with management team of case study factory in term of operation, technical feasibility, production planning, the impact to the production. Three KPIVs were selected which were 1) quality of casing 2) showering sausages before peeling and 3) setting of propellers of arranging sausages machine. Then hypothesis testing was processed with statistical program. It was found that 3 KPIVs significantly affected to non-conforming products at significant level 0.05. The improvement methods were changing the new casing from type A to type B in stuffing step, setting 40 second with 6 sausages sticks to shower sausages

before peeling, and setting propeller at level 3 for arranging sausages machine in packing sausages step. In control phase, the control program was made and established to control all factors which were improved. After implementation, the percentage of non-conforming products reduced from 3.44% to 1.70 % which was about 50.6%. The cost of the factory case study decreased 3,365,421.7 Baht per year.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จล่วงด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยได้รับคำปรึกษาแนะนำความรู้ทางด้านวิชาการตรวจสอบรายงานวิทยานิพนธ์และการดำเนินงานวิจัยจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กันยา อัครอารีย์

ขอขอบพระคุณ ดร.เกรียงไกร ไวยกาญจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ อัศวเกศมณี และ ดร.เจษฎา ทิพย์มณเฑียร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท PK AGRO-INDUSTRAIL (M) PRODUCTS SDN. BHD. ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัยและสนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณคุณกรรณิการ์ สังข์ทอง คุณอัศวิน สุนทรเนตร และคุณนภวรรณ จันทร์จำเนียร ที่ให้คำแนะนำในการเก็บข้อมูลและการดำเนินการทดลองตลอดระยะเวลาของการทำวิจัยรวมถึงพนักงานฝ่ายผลิตไส้กรอกทุกท่านที่คอยช่วยเหลือการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาและการวิจัยภายใต้โครงการทักษะนักอุตสาหกรรมเกษตร

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินอุดหนุนวิจัย คณาจารย์และบุคลากร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบคุณ บิดา มารดาและเพื่อนๆที่ได้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยและคอยช่วยเหลือผู้วิจัยเสมอมา

ภาณุเดช สุวรรณอัมพร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(5)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	34
2 วิธีการดำเนินงานวิจัย	35
2.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา (Define Phase)	35
2.2 การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)	35
2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	37
2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)	38
2.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)	38
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	39
3.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา (Define Phase)	39
3.2 การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)	45
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	59
3.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)	62
3.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)	69
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	74
4.1 บทสรุป	74
4.2 ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารอ้างอิง	77

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก..... 80
ประวัติผู้เขียน..... 88

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลำดับความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี (Cpk).....	20
2	ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของกระบวนการและจำนวนของเสียในกระบวนการ.....	21
3	เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง (S-Severity).....	22
4	เกณฑ์การให้คะแนนของโอกาสที่เกิดขึ้น (O-Occurence).....	22
5	เกณฑ์การให้คะแนนความสามารกในการตรวจสอบ (D-Dectection).....	23
6	ผลการตัดสินใจการทดสอบสมมติฐาน.....	24
7	รูปแบบการออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย.....	26
8	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้าและปัจจัยนำออกของแต่ละขั้นตอน.....	47
9	การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN).....	49
10	สรุปปัจจัยนำเข้า KPIV ที่คัดเลือก.....	59
11	ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างไส้บรรจุ (Type A) และไส้บรรจุชนิด (Type B) ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน.....	60
12	ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการพ่นไอน้ำและไม่พ่นไอน้ำไส้กรอกต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก.....	61
13	ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งใบพัดที่ระดับ 2 และระดับ 4 ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดหัวท้ายรอยหั่น.....	62
14	ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างไส้บรรจุ (Type A) และไส้บรรจุชนิด (Type B) ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน	64
15	ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างปัจจัยเวลาการพ่นไอน้ำและปัจจัยจำนวนไม้ไส้กรอกต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก.....	66
16	ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างตำแหน่งใบพัดที่ระดับ 2 และระดับ 3 ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดหัวท้ายรอยหั่น.....	68
17	แนวทางการควบคุมปัจจัยที่ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข.....	69
18	แนวทางการควบคุมความสามารถของกระบวนการ.....	70
19	การประเมินมูลค่าไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต.....	73

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์	4
2	ชิ้นส่วนเนื้อไก่ชำแหละส่วนต่างๆ	5
3	ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อไก่	6
4	ตู้อบและรมควันไส้กรอก	8
5	ไส้บรรจุไส้กรอกแต่ละชนิด	10
6	การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง	12
7	การเปลี่ยนแปลงค่าตั้งโดยธรรมชาติ	13
8	กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกซ์ ซิกม่า	15
9	ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต	19
10	ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมทางสถิติ	20
11	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์	39
12	แผนผังแสดงกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็ง	40
13	แผนผังขอบเขตการวิจัยในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์.	41
14	แผนผังแสดงผลผลิตไส้กรอกแต่ละกลุ่มสินค้าของสถานประกอบการกรณีศึกษา..	43
15	ร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง	44
16	แผนภาพพาเรโตแสดงร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง	44
17	ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมก่อนการปรับปรุง	45
18	ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนการอบก่อนการปรับปรุง	46
19	แผนภาพพาเรโตลำดับคะแนนความเสี่ยงของปัจจัยนำเข้า KPIV	58
20	ลักษณะทางกายภาพของไส้บรรจุไส้กรอกชนิด (Type A) และ (Type B)	60
21	ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนบรรจุเนื้อบดผสมหลังการปรับปรุง	63
22	ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนการอบหลังการปรับปรุง	63
23	กราฟแสดงผลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมระหว่างเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกก่อนการปอกไส้	67
24	ผลการดำเนินงานการปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอก	71
25	ผลการดำเนินงานการปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้	71

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ผลการดำเนินงานการติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก.....	72
27	ร้อยละค่าเฉลี่ยไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องก่อนและหลังปรับปรุง.....	73

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

มาเลเซียเป็นหนึ่งในประเทศสมาชิกอาเซียนที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดในการพัฒนาเศรษฐกิจ เนื่องจากรัฐบาลดำเนินนโยบายในด้านต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เศรษฐกิจเติบโตอย่างยั่งยืน ประกอบกับการเมืองที่มั่นคงและมีเสถียรภาพสูง ปัจจุบันมาเลเซียมีประชากรราว 30 ล้านคน โดยประชากรส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 60 นับถือศาสนาอิสลาม ทำประชากรในประเทศส่วนใหญ่บริโภคอาหารที่มีตราสินค้าฮาลาล และด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้มาเลเซียเป็นตลาดอาหารฮาลาลขนาดใหญ่และมีมาตรฐานการผลิตสินค้าอาหาร ซึ่งศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารฮาลาลของมาเลเซียถือเป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์การส่งออกที่รัฐบาลมาเลเซียให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ในช่วงที่ผ่านมารัฐบาลได้พัฒนาอุตสาหกรรมดังกล่าวรอบด้าน จนทำให้อุตสาหกรรมอาหารของมาเลเซียมีศักยภาพสูง ส่งผลให้มาเลเซียก้าวขึ้นเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกอาหารฮาลาลระดับแนวหน้าของเอเชีย สะท้อนจากมูลค่าส่งออกอาหารฮาลาลที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มาเลเซียจึงเร็งเห็นถึงความสำคัญในภาคส่วนอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นภาคส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีการแข่งขันสูงทั้งด้านคุณภาพและราคาผลิตภัณฑ์ การเพิ่มความสามารถในการแข่งขันเป็นสิ่งที่จำเป็น ความรวดเร็วในการผลิตและการบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปแช่เยือกแข็งนั้น ได้นำรายได้สู่ประเทศมาเลเซียนับหลายแสนดอลล่าร์ต่อปี โดยหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปแช่เยือกแข็งที่สร้างรายได้เป็นสินค้าส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่แช่เยือกแข็ง โดยมีกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน เช่น บรูไน อินโดนีเซีย สิงค์โปร์ เป็นตลาดส่งออกที่สำคัญ และยังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่องนอกจากนี้แล้วอุตสหกรรมการส่งออกอาหาร ไส้กรอกไก่แช่เยือกแข็ง ยังทำให้เกิดการจ้างงานมากอีกประเภทหนึ่งก่อให้เกิดการกระจายรายได้แก่ประชากรในประเทศและชาวต่างชาติที่เข้ามาทำงานในประเทศมาเลเซีย ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแช่เยือกแข็งจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารส่งออกชนิดหนึ่งที่เป็นที่ต้องการของตลาดส่งออกของประเทศมาเลเซีย

สถานประกอบการที่คัดเลือกเพื่อเป็นสถานที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นหนึ่งในกลุ่มผู้ผลิตและส่งออกไส้กรอกแช่เยือกแข็งมากกว่า 4,800 ตันต่อปี ผลิตภัณฑ์หลักที่ดำเนินการผลิตคือ ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็ง ซึ่งจากการศึกษากระบวนการผลิตเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการบริหารจัดการและการดำเนินงานทางธุรกิจของสถานประกอบการ

กรณีศึกษา พบว่าปริมาณการผลิตและการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รวมถึงข้อมูลยอดการสั่งซื้อจากลูกค้ารายใหม่เข้ามาอย่างต่อเนื่อง ทางสถานประกอบการกรณีศึกษาจึงให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็งอีกทั้งยังมียอดการสั่งซื้อสูงตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันทางสถานประกอบการยังประสบปัญหากับการบริหารจัดการกระบวนการผลิต การดำเนินงานยังไม่บรรลุตามเป้าหมายและนโยบายทางธุรกิของบริษัท ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการตอบสนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้าจากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว พบว่าปัญหาที่สำคัญที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเป็นอันดับแรกคือ ปัญหาปริมาณไส้กรอกที่มีข้อพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่สูงกว่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 3.44 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 3.00 ตามที่สถานประกอบการกำหนด และส่งผลกระทบต่อจำนวนร้อยละผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด รวมไปถึงการสูญเสียโอกาสทางการตลาด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคภายในประเทศ มียอดการสั่งซื้อจากกลุ่มลูกค้าเดิมและลูกค้ารายใหม่เฉลี่ย 300 ตันต่อเดือน ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวมีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาโดยเร่งด่วนเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น โดยหาวิธีการและเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษาให้สามารถบรรลุเป้าหมายทางธุรกิจที่กำหนดไว้ โดยแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจและประสบความสำเร็จจากการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายทั้งอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการคือเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma technique)

เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าเป็นเครื่องหนึ่งที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารคุณภาพ ซึ่งมีพื้นฐานการดำเนินงานมาจากการวิเคราะห์และสถิติ สามารถพิสูจน์ได้ พร้อมทั้งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน 5 ขั้นตอนด้วยกันได้แก่ การกำหนดสภาพปัญหา (Define phase) การวัดสาเหตุของปัญหา (Measure phase) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyse phase) การปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase) และ การควบคุม (Control phase) โดยมีแนวความคิดและเป้าหมายที่จะช่วยลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดโดยยอมให้มีสินค้าหรือบริการที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้ไม่เกิน 3.4 ส่วนในล้านส่วน และมุ่งเน้นการพัฒนาแบบก้าวกระโดด เน้นผลลัพธ์ด้านการลดต้นทุน และผลตอบแทนทางการเงินดังนั้น การนำเทคนิคซิกซ์ซิกม่า มาประยุกต์ใช้และพัฒนากระบวนการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษา เพื่อช่วยลดจำนวนไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องที่จะส่งผลให้สถานประกอบการกรณีศึกษาสามารถแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่นๆในอุตสาหกรรมไส้กรอกได้ และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เพิ่มขึ้น

การตรวจเอกสาร

1. ไส้กรอก (Sausages) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556)

ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ เป็นไส้กรอก (Sausages) ที่เริ่มต้นผลิต มาจากเมือง Frankfurt Am Main ซึ่งเป็นเมืองหนึ่งของประเทศเยอรมันเรียกย่อว่า Frankfurt เป็นไส้กรอกประเภทไส้กรอกสุก (Cooked sausages) ที่ผลิตจากเนื้อสัตว์เช่น เนื้อลูกวัว (Veal) เนื้อวัว (Beef) หรือเนื้อไก่ที่บดละเอียดเป็นอิมัลชัน (Emulsion) ผสมกับเครื่องปรุงรสบรรจุในไส้ (Casing)

2. ชนิดของไส้กรอก (Type of sausages)

ไส้กรอกประกอบด้วย 5 ชนิด ได้แก่ ไส้กรอกสุก ไส้กรอกสด ไส้กรอกอาหารเช้า ไส้กรอกกึ่งแห้ง และ ไส้กรอกแห้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ไส้กรอกสุก (Cooked sausage)

ไส้กรอกสุกเป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสัตว์ สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันทีอาจรมควัน (Smoking) หรือไม่ก็ได้ เช่น แฟรงเฟอร์เตอร์ (Frankfurter) แนกเวอร์สต์ (Knackwurst) โบโลน่า (Bologna) เวียนนา (Vienna) ไส้กรอกกลุ่มนี้ เป็นไส้กรอกที่บดเนื้อจนละเอียดเนียนเป็นอิมัลชัน (Emulsion) เพื่อให้โปรตีนไมโอซิน (Myosin) ในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibril) ถูกสกัดละลายออกมาเพื่อช่วยทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ช่วยให้หุ้มส่วนของไขมันที่ถูกสับเป็นหยดละเอียดกระจายตัวในส่วนผสมที่เหลือโดยไม่แยกชั้นไขมัน

2.2 ไส้กรอกสด (Fresh sausages)

ไส้กรอกสดทำจากเนื้อสดเช่น เนื้อวัวและผสมเครื่องปรุง แล้วบรรจุไส้ ก่อนรับประทานต้องนำมาทำให้สุกก่อน

2.2.1 ไส้กรอกอาหารเช้า (Breakfast sausages)

ไส้กรอกอาหารเช้าผลิตจากเนื้อโคสดหรือจากผลพลอยได้จากเนื้อสัตว์ก็ได้และอาจเติมสารที่ช่วยการรวมตัวได้ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่ได้ ไขมันไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์และเติมน้ำเกลือหรือน้ำแข็งได้ถึง 3 เปอร์เซ็นต์

2.2.2 บราตเวอร์สต์ (Bratwurst)

บราตเวอร์สต์ผลิตจากเนื้อลูกโค มีการใช้ผิวหรือน้ำมะนาวในการปรุงรส นิยมลวกก่อนจัดจำหน่าย

2.3 ไส้กรอกกึ่งแห้ง (Semi-dry sausages)

ไส้กรอกกึ่งแห้งเป็นไส้กรอกที่มีการหมักเพื่อให้เกิดกรดแล็กติก (lactic acid fermentation) โดยใช้เชื้อแบคทีเรียตามธรรมชาติ หรือเชื้อบริสุทธิ์ที่เติมลงไป มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหมักมีความชื้นน้อยกว่าไส้กรอกสด แต่มีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนุ่มกว่าไส้กรอกแห้ง ไส้กรอกกึ่งแห้งหลายชนิดจะผ่านการรมควัน ตัวอย่างของไส้กรอกกึ่งแห้งได้แก่ ทูริงเจอร์ (Turinger) ซัมเมอร์ (Summer sausages) และ Lebanon Bologna เป็นต้น

2.4. ไส้กรอกแห้ง (Dry sausages)

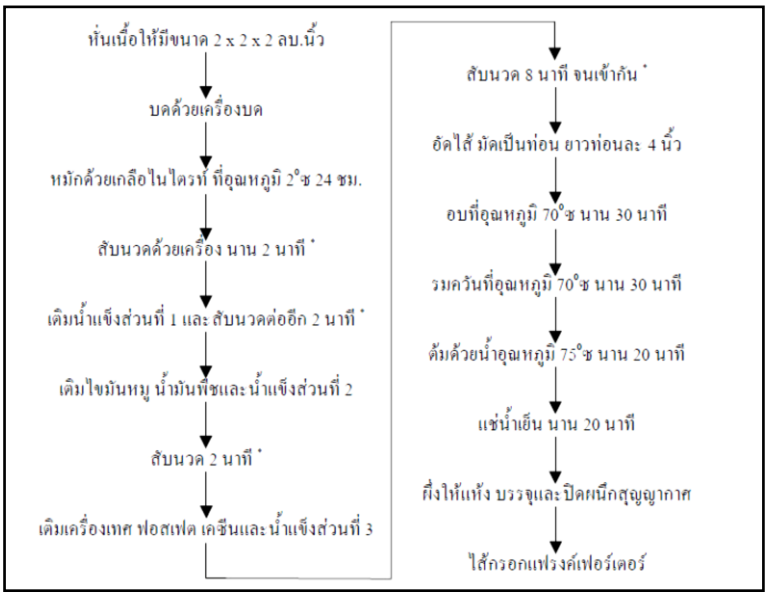
ไส้กรอกแห้งเป็นไส้กรอกที่ผ่านการทำแห้ง (Dehydration) มีความชื้นประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ อาจผ่านการรมควัน (Smoking) มีเนื้อแน่นแห้งและเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง เช่น ซาลามิ (Salami) เปปเปอร์โรนิ (Peperoni) กุนเชียงไก่ เป็นต้น

2.5 ไส้กรอกบัลค์ (Bulk sausage)

ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายไส้กรอก แต่ไม่ได้บรรจุในไส้ เช่น ลันเชียนมีท มีทโลพ และ เบอร์เกอร์ เป็นต้น

3. กระบวนการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

กระบวนการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์แสดงดังภาพที่ 1



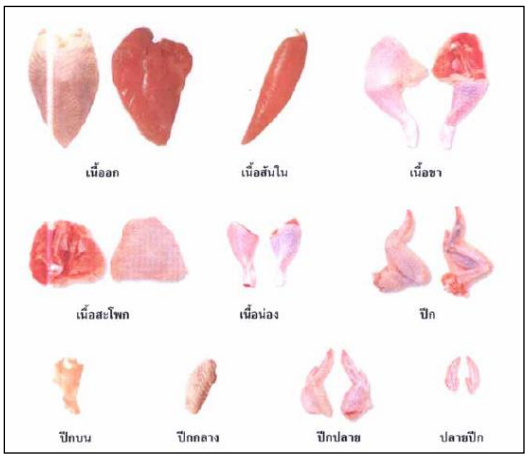
ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ที่มา: http://fic.nfi.or.th/knowlegdedatabankResearch-detail.php?id=992

กระบวนการผลิตไส้กรอกเริ่มจากขั้นตอนการหั่นเนื้อให้เป็นชิ้นเล็กขนาดเท่ากัน จากนั้นนำเนื้อที่หั่นเตรียมไว้บดด้วยเครื่องบดและเติมเกลือป่นลงไป จากนั้นเติมน้ำแข็งและสับนวดด้วยเครื่องบดจนเข้ากัน ขั้นตอนต่อไปคือการเติมไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชและเติมน้ำแข็งลงไปและนวดเนื้อให้เข้ากัน จากนั้นเติมเครื่องปรุงและน้ำแข็งและนวดจนเข้ากันอีกครั้ง ขั้นตอนต่อไปคือการอัดเนื้อบดลงไส้ และนำเนื้อที่อัดไส้แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการอบและรมควันไส้กรอก ภายหลังการอบทำการลดอุณหภูมิดดยนำไส้กรอกแช่ในน้ำเย็นและ นำมาผึ่งให้แห้งจากนั้นบรรจุปิดผนึกสูญญากาศ

4. ชิ้นส่วนเนื้อไก่ (Chicken parts) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556)

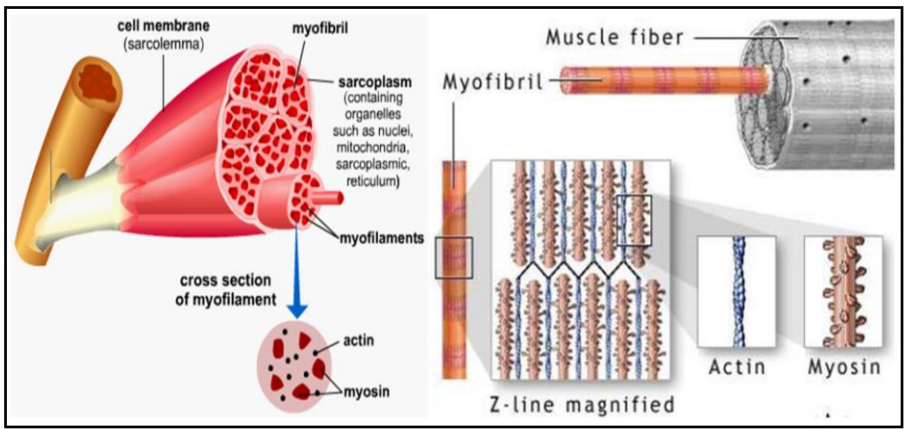
เนื้อไก่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 10 ส่วนได้แก่ เนื้อหน้าอก (Boneless breast) เนื้อสันใน (Fillet) ส่วนขา (Leg) สะโพก (Thigh) น่อง (Drumstick) ปีก (Wing) ปีกบน (Wing stick) ปีกล่าง (Tulip) ปีกปลาย (Wing tip) และ ปลายปีก (Wing end)



ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนเนื้อไก่ชำแหละส่วนต่างๆ
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อไก่

ไมโอไฟบริล (Myofibril) เป็นโปรตีนหลักในเนื้อสัตว์มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous protein) ยึดติดกันเป็นมัดด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Sarcolemma) เป็นมัดกล้ามเนื้อ (Muscle bundle) มีผลต่อเนื้อสัมผัส ความนุ่ม ของเนื้อสัตว์



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อไก่

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556) พบว่าไมโอไฟบริลประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิดคือ

4.1.1 แอกทิน (Actin)

แอกทินเป็นเส้นใยโปรตีนที่มีขนาดเล็กบาง (Thin myofilament) และมีสีจางมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ไมโครเมตร ในสายของแอกทินจะมี Troponin เป็นส่วนของโปรตีนที่มีหน้าที่ควบคุมการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อลาย รวมทั้งกล้ามเนื้อหัวใจ โดย Troponin จะจับกับโปรตีนที่ชื่อว่า Tropomyosin และฝังตัวอยู่ในแนวร่องระหว่างของเส้นใยแอกทิน (Actin)

4.1.2 ไมโอซิน (Myosin)

ไมโอซินเป็นเส้นใยโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ หนา (Thick myofilament) และสีเข้มกว่าโปรตีนไมโอซิน (Myosin) และ แอกทิน (Actin) จะเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ สลับกันมีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการหด (Contraction) และคลายตัว (Relaxation) ของกล้ามเนื้อการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการที่แอกทินเลื่อนเข้าหากัน ส่วนการคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการเคลื่อนตัวออกจากกันของแอกทิน

โปรตีนไมโอซิน (Myosin) และแอกทิน (Actin) มีผลต่อการเกิดเจลที่เหนียวยืดหยุ่น ของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก ซูริมิ เนื่องจากไมโอซินและแอกติน ละลายได้ในสารละลายเกลือปริมาณร้อยละ 2.0-3.0 ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ เมื่อนวดผสมไมโอซินและแอกทินจับตัวกันเป็นแอกโทไมโอซิน (Actomyosin) เมื่อทำให้สุกจะเกิดเป็นเจล (Gel) ที่เหนียว และยืดหยุ่น

5. การรมควันไส้กรอก (Sausage smoking)

การรมควัน (Smoking) เป็นวิธีการถนอมอาหาร (Food preservation) โดยการใช้ควันที่ได้จากการเผาไหม้ร่วมกับความร้อนที่เกิดขึ้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สุกแห้ง และมีกลิ่นรสของควันไฟ ซึ่งควันประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ กรดฟอร์มิก กรดแอซีติก ฟีนอล คีโทน เรซิน และแวกซ์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

5.1 วัตถุประสงค์ของการรมควัน (Purpose of smoking)

การรมควันไส้กรอกมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัว การเผาไหม้ไม้ทำให้เกิดสารให้กลิ่นต่างๆ มากมายเพราะเนื้อไม้มีเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาล เมื่อเผาไหม้จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) การรมควันทำให้กลิ่นควันติดที่ผิวของอาหาร และความร้อนยังทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสเฉพาะตัว สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยกรดอะมิโน (Amino acid) จากโปรตีน ทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสเฉพาะตัวเกิดขึ้นป้องกันการเกิดกลิ่นหืน สารฟีนอล (Phenolic compounds) จากควันไฟเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) ป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนจากลิพิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) และยังป้องกันจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสีย สารจากควัน เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) กรดแอซีติก (Acetic acid) กรดฟอร์มิก (Formic acid) ยังทำหน้าที่เป็นสารกันเสีย (Preservative) ทำให้มีค่า pH ต่ำช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ผิวของเนื้อสัตว์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

5.2 แหล่งของควัน (Source of smoking)

ควันไฟที่ดีจะได้มาจากไม้เนื้อแข็งไม้ที่นิยมใช้กันมากในยุโรปได้แก่ ไม้จากต้นฮิกคอรี แอปเปิล พลับ โอ๊ก และเมเปิ้ล หรือไม้อื่นๆ ที่ไม่มียางสำหรับประเทศไทยนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้สักหรือขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็งต่างๆหรืออาจใช้ซังข้าวโพด และกากอ้อยก็ได้ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

5.3 ประเภทการรมควันไส้กรอก (Type of smoking)

การรมควันแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

5.3.1 การรมควันเย็น (Cold smoking)

การรมควันเย็นเป็นการรมควันที่ใช้อุณหภูมิไม่สูงมากอาจมีการป้องกันไม่ให้เนื้อสัมผัส ความร้อนมากนัก โดยวางเนื้อสัตว์ให้อยู่สูง หรือห่างจากกองไฟและใช้ขี้เลื่อยคลุมกองไฟ หรือใช้แผ่นโลหะป้องกันไม่ให้ความร้อนผ่านมายังชิ้นเนื้อ อุณหภูมิในตู้ควันสูงไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และเนื่องจากการรมควันใช้ความร้อนต่ำ จึงต้องใช้เวลานานมาก ตั้งแต่ 24 ชั่วโมง จนถึง 2 สัปดาห์ การรมควันโดยวิธีนี้ถ้าจะให้ ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นควันใช้เวลาเพียงแค่ 24 ชั่วโมงก็เพียงพอ แต่ถ้าจะให้ผลิตภัณฑ์ เก็บรักษาได้นานต้องรมควันนานมากกว่า 1 สัปดาห์ขึ้นไป พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

5.3.2 การรมควันร้อน (Hot smoking)

การรมควันร้อนเป็นการรมควันที่ใช้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยการแขวนเนื้อสัตว์หรือวางไว้ใกล้กับไฟใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 60-120 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จะสุกสามารถรับประทานได้ทันทีหรือ จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำได้เป็นเวลานาน พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

ภาพที่ 4 ตู้อบและรมควันไส้กรอก

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

5.3.3 การใช้ควันน้ำ (Liquid smoke)

การใช้ควันน้ำมีข้อดีกว่าควันไฟธรรมดาหลายประการ และมีความสะดวกต่อการใช้มากกว่าการรมควันแบบเดิม เพียงใช้ควันน้ำพ่นลงบนผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก จะทำให้มีกลิ่นควัน

ติดอยู่กับผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่ต้องมีเครื่องผลิตควันในตู้อบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นควันสม่ำเสมอ และยังมีความคงตัวดีกว่าควันไฟ สามารถกำจัดส่วนขององค์ประกอบของควันที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งในร่างกายผู้บริโภคได้ และทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ง่ายกว่าควันไฟ ควันน้ำทั่วไปสามารถเตรียมได้จากไม้เนื้อแข็ง ซึ่งประกอบด้วยสารระเหยได้ และมีสารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds) กรดอินทรีย์ (Organic acid) สารประกอบคาร์บอนิล (Carbonyl compound) และแอลกอฮอล์ (alcohol) อย่างไรก็ตาม ควันน้ำต้องไม่มีสารพวกพอลิไซลิกไฮโดรคาร์บอนโดยเฉพาะเบนซ์ไพรีน ในการใช้ควันน้ำควรเจือจางกับน้ำ หรือน้ำส้มสายชู หรือกรดซิตริก ก่อนพ่นลงบนผลิตภัณฑ์ การเตรียมสารละลายทำได้โดยใช้ควันน้ำ 20-30 ส่วน กรดซิตริกหรือน้ำส้มสายชู 5 ส่วน และน้ำ 65 - 75 กรดอินทรีย์ที่เติมลงในควันน้ำ มีประโยชน์ในการช่วยทำให้เกิดผิวนอกของผลิตภัณฑ์พวกไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์และไส้กรอกขนาดเล็ก พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

6. ไส้บรรจุ (Casing) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2556)

ไส้บรรจุที่ใช้บรรจุไส้กรอก อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ

6.1 ไส้ธรรมชาติ (Natural casing)

ไส้ธรรมชาติได้จากลำไส้และกระเพาะของสุกร โค กระบือ แพะหรือ แกะ ที่มีรูปร่างแน่นอน มีความคงทนตลอดทุกขั้นตอนของการทำผลิตภัณฑ์นั้นๆได้ ไส้บรรจุธรรมชาตินี้มีสมบัติที่ปล่อยให้ความชื้นและควันไฟซึมเข้าภายในเนื้อไส้กรอกได้ง่ายมาก และนอกจากนั้นยังสามารถหดตัวได้ จึงทำให้ไส้รัดแนบเข้ากับเนื้อได้อย่างสนิท

6.2 ไส้สังเคราะห์ (Artificial casing หรือ Synthetic casing)

ไส้สังเคราะห์หมายถึงไส้ซึ่งทำจากวัสดุอื่นที่ไม่ใช่ไส้ธรรมชาติ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ไส้บรรจุเซลลูโลส ไส้บรรจุคอลลาเจนชนิดบริโภคได้และไส้บรรจุคอลลาเจนชนิดที่บริโภคไม่ได้ ไส้พลาสติกไม่สามารถบริโภคได้ ใช้สำหรับไส้กรอกที่ไม่ผ่านรมควันและทำให้สุก

ภาพที่ 5 ไส้บรรจุไส้กรอกแต่ละชนิด
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2556)

7. เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

จากความสำเร็จในการพัฒนาคุณภาพและเศรษฐกิจในประเทศญี่ปุ่นมาถึงปี ค.ศ. 1980 ได้มีสื่อ NBC ของสหรัฐอเมริกา เสนอข้อความว่า "If Japan Can, Why Can't We" รณรงค์ให้เกิดการพัฒนาทางด้านคุณภาพกันอย่างมากมายในสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการมองถึงความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่นทั้งที่ความรู้และทฤษฎีต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากสหรัฐอเมริกาเอง ได้มีการศึกษาและพัฒนาตลอดมา Mikel Harry วิศวกรของบริษัท Motorola ได้ศึกษาแนวคิดในเรื่องความแปรปรวนของ Deming เป็นพิเศษและเสนอต่อองค์กรว่า การศึกษาความแปรปรวนจะเป็นแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดและถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดของกรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งในทางสถิติ "ซิกม่า" เป็นสัญลักษณ์ภาษากรีก (σ) ซึ่งใช้ในการอธิบายถึงความผันแปรในกระบวนการแสดงถึงการวัดค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการกระจายตัวของข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูล ซึ่งค่าความผันแปรนี้จะทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ (Specification limits) ของผลิตภัณฑ์ถ้าข้อมูลของผลิตภัณฑ์ชิ้นใด มีค่าออกนอกข้อกำหนดเฉพาะนี้ก็จะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งถ้ากระบวนการใด มีความสามารถของกระบวนการอยู่ที่ระดับ 6 ซิกม่านั่นจะหมายถึงระยะห่างระหว่างค่าเซตติ้งของกระบวนการและข้อกำหนดเฉพาะในแต่ละข้างจะมีค่าเป็น 6 เท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะมีโอกาสในการสร้างผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 3.4 ppm เท่านั้น (สมพร, 2554)

กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ ค.ศ. 1985 และภายใต้การนำของ Bob Galvin, CEO ของ Motorola ในสมัยนั้น ได้เริ่มมีการนำกรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในปี ค.ศ. 1987 มุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสิ่งที่โมโตโรร่าทำ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องกำหนดเป้าหมายที่ความผิดพลาด 3.4 ppm ตามแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า (สมพร, 2554)

จากความสำเร็จในการนำกรรมวิธีซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ของโมโตโรร่าทำให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2 พันล้านเหรียญสหรัฐและได้รับรางวัลคุณภาพ Malcolm bald ridge award ในปี ค.ศ.1988 และจากแนวความคิดนี้ ได้มีองค์กรต่างๆนำไปใช้จนประสบความสำเร็จจนได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน (สมพร, 2554)

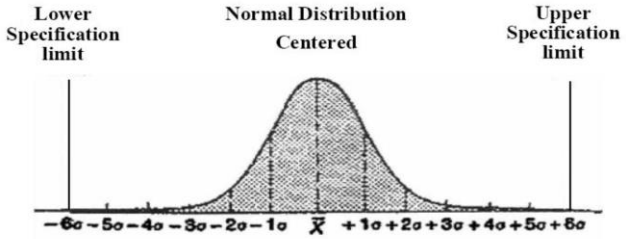
6.1 แนวคิดของเทคนิคทาง ซิกซ์ ซิกม่า

ในแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า การที่ผู้ผลิตจะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้นั้น ผู้ผลิตจำเป็นจะต้องมีการลดความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ ซึ่งการลดความเสี่ยงนี้จะสามารถทำได้โดยการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตอันเป็นผลทำให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตสินค้าหรือบริการซ้ำๆ กันได้ในระดับมาตรฐานที่สูง โอกาสที่ลูกค้าจะพึงพอใจก็จะสูงตามไปด้วย แต่ในการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือจะต้องทำการศึกษาและทำความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการผลิต ซึ่งแหล่งความผันแปรหลักๆจะมาจากการออกแบบวัสดุและ กระบวนการผลิตเพราะความผันแปรเหล่านี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถของกระบวนการผลิต ถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีมากความสามารถของกระบวนการจะต่ำ ในทางกลับกันถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีน้อยความสามารถของกระบวนการก็จะสูง (Park, 2003)

ในการลดความผันแปรของกระบวนการ ต้องทำการศึกษาและ หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับสาเหตุของปัจจัยในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการ คือ $Y= f(x_1, x_2, ..., x_N)$ เมื่อ Y คือลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และ $(x_1, x_2, ..., x_N)$ คือสาเหตุปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิตนี้มีจำนวนมากมาย (Trivial many) แต่สาเหตุปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบอย่างมากต่อลักษณะทางคุณภาพนั้นจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital few) เมื่อสาเหตุปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมความผันแปรก็จะลดลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย (Park, 2003)

6.2 เป้าหมายตามเทคนิควิธีซิกซ์ ซิกม่า

ในกระบวนการผลิตและการบริการโดยปกติจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ ±3σ หรือประมาณ 97.73 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้การกระจายแบบปกติแสดงดังภาพที่ 6 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งการกำหนดเป้าหมายในอดีตให้สามารถผลิตสินค้าและบริการภายใต้ระดับ ±3σ หมายถึงการมีโอกาสพบของเสีย 2,700 ชิ้น ในล้านชิ้น หากคำนึงถึงการให้บริการในสายการบิน หรือการผ่าตัดของแพทย์ และการจ่ายยาในโรงพยาบาล ย่อมไม่ควรมีลูกค้าคนใดเป็นผลของความผิดพลาดแม้เพียงหนึ่งครั้งในล้านครั้งรวมไปถึงการผลิตสินค้า และบริการต่างๆตอบสนองความต้องการของลูกค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตสินค้า และบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเข้าใกล้ระดับของเสียเป็นศูนย์

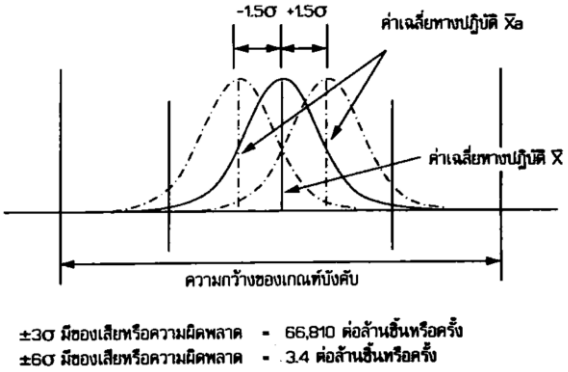


Spec Limit	Percent	Defective ppm
±1σ	68.27	317300
±2σ	95.45	45500
±3σ	99.73	2700
±4σ	99.9937	63
±5σ	99.999943	0.57
±6σ	99.9999998	0.002

ภาพที่ 6 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง

ที่มา: Breyfogle (1999)

แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว กระบวนการจะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าติดตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ ซึ่งจะขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะอยู่ในช่วง ±1.5σ เนื่องจากมีสิ่งรบกวนต่างๆ ที่เกิดจากอิทธิพลความไม่สุ่มของระบบเข้ามามีอิทธิผลตลอดช่วงการผลิต ซึ่งการที่ค่าติดตั้ง มีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะนี้จะทำให้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องลดลงจากเดิมเหลือ 93.32 เปอร์เซ็นต์อันเป็นผลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้นเป็น 66,810 ppm แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้งโดยธรรมชาติ
ที่มา: เสมอจิตร หอมรสสุคน์ และ อนุวัตร หอมรสสุคนธ์ (2547)

ภายใต้แนวความคิดของซิกซ์ ซิกม่านี้ การกระจายของลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ลดลง โดยการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ซึ่งภายใต้แนวความคิดนี้ ลักษณะทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะมีการกระจายอยู่ในช่วง ±6σ จากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้มีความมั่นใจว่า จะมีผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่อง คิดเป็นสัดส่วน 99.9999998 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าค่าติดตั้ง จะมีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ 1.5σ แล้วก็ตาม ก็จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 0.0000034 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็น 3.4 ppm เท่านั้น

6.3 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

การดำเนินการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าเริ่มต้นและสิ้นสุดลงด้วยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดกับลูกค้านั้นจะเป็นการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กรเพื่อเป็นการสร้างรากฐานในการปรับปรุงคุณภาพอย่างแท้จริง โดยจัดตั้งคณะทำงานเพื่อการดำเนินงานและวางรากฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งคณะทำงานนี้จะต้องได้รับการอบรมและการฝึกฝนเพื่อให้เข้าใจถึงหลักการแนวคิดและวิธีการในการดำเนินงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าและทราบถึงหน้าที่และบทบาทและความรับผิดชอบของคนโดยคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นมานั้นจะประกอบด้วย (Breyfogle *et al.,* 1999)

6.3.1 ผู้บริหารระดับสูง (Executive leadership)

สิ่งสำคัญที่สุดในการนำเอาแนวทางซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารระดับสูงต้องลงมาดูแลด้วยตนเองโดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายที่มีต่อโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันถึงเพื่อให้คณะทำงานได้เข้าใจแนวทางการทำงาน ถ้าปราศจากการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้วการนำแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ก็ไม่อาจบรรลุถึงผลสำเร็จได้

ดังนั้นก่อนที่จะนำแนวทางนี้มาใช้ผู้บริหารระดับสูงต้องประกาศถึงวิสัยทัศน์ให้เข้าใจร่วมกันว่าการนำซิกซ์ ซิกม่า เข้ามานั้นต้องการให้องค์กรเป็นอย่างไรเพื่อกำหนดทิศทางขององค์กรต่อไปในอนาคต

6.3.2 แชมเปี้ยน (Champions)

บุคคลผู้ที่มาทำหน้าที่เป็นแชมเปี้ยนนั้น ต้องเป็นบุคคลที่อยู่ในส่วนของผู้บริหารระดับสูงในองค์กร ลักษณะการทำงานของแชมเปี้ยนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ แชมเปี้ยนบุคลากร (Deployment champion) และแชมเปี้ยนโครงการ (Project champion) ซึ่งมีหน้าที่หลักในการจัดตั้งและติดตามผลการทำงานของคณะทำงานตลอดจนกำหนดและประเมินผลโครงการผู้ที่จะมาทำตำแหน่งนี้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของธุรกิจเป็นอย่างสูงและมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญาทฤษฎี และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าเป็นอย่างดี

6.3.3 มาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master black belt)

มาสเตอร์แบลคเบลท์เป็นบุคคลผู้ซึ่งได้รับการแต่งตั้งโดยแชมเปี้ยน ทำหน้าที่ในการประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลาเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าโดยตรงตลอดจนเป็นผู้อบรมดูแลและเป็นพี่เลี้ยงให้กับคณะทำงานที่ชื่อว่าแบลคเบลท์ (Black belt) และกรีนเบลท์ (Gren belt) โดยต้องเป็นผู้เริ่มต้นทำให้พนักงานมีความเข้าใจถึงการนำหลักการและแนวคิดมาใช้ในทางปฏิบัติ

6.3.4 แบลคเบลท์ (Black belt)

แบลคเบลท์ทำงานภายใต้การดูแลของมาสตอร์แบลคเบลท์ (Master black belt) มีหน้าที่หลักในการประยุกต์ใช้ความรู้ในหลักการและแนวคิด ตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าโดยตรง และเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการจัดการของฝ่ายบริหารและการทำงานในระดับปฏิบัติการ

6.3.5 กรีนเบลท์ (Green belt)

กรีนเบลท์เป็นบุคคลที่ได้รับเลือกให้เข้าไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยคณะทำงานเฉพาะกิจซึ่งทำการแก้ปัญหาในแต่ละ โครงการ สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการอบรมนั้น ต้องมีการปรับปรุงให้ง่ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาในสายงานที่ทำอยู่อีกทั้งยังมีส่วนช่วยสนับสนุนการทำงานให้กับคณะทำงานแบลคเบลท์ (Black belt) ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมและสนับสนุนให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

6.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

ขั้นตอนในการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลักโดยผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานนี้คือคณะผู้ทำงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะดำเนินงานตามกระบวนการ

DMAIC คือกระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 8 โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักนั้นจะต้องทำการนิยามถึงปัญหาที่ต้องการจะนำมาปรับปรุงเสียก่อนโดยควรเลือกปัญหาที่เป็นปัญหาที่สำคัญ เป็นต้นเหตุที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจและส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อกระบวนการ จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง (Key process output variable, KPOV) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นตอน ต่อไป

ภาพที่ 8 กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกซ์ ซิกม่า
ที่มา: https://www.qualitymag.com/six_sigma

6.4.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define phase)

ในขั้นตอนของการเลือกปัญหาเริ่มจากการกำหนดลูกค้าและศึกษาความต้องการของลูกค้า จากการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร แล้วนำความต้องการของลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ ปัญหาคุณภาพต่าง ๆ ที่สำคัญและตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญและถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อแบลคเบลท์ (Black belt) และแชมเปี้ยน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานต่อไป โดยเครื่องมือและรายละเอียดที่สำคัญในขั้นตอนนี้ คือ

- การกำหนดปัญหา หรือ การเลือกโครงการ (Problem statement)
- การกำหนดลูกค้า (Define customer)
- การกำหนดตัวชี้วัด (Define metric)
- การกำหนดขอบเขตของโครงการ (Define project scope)
- การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย (Define objective and target)
- การกำหนดผู้ร่วมทำโครงการ (Define team member)
- การประมาณการการประหยัดเงิน (Estimate saving)

6.4.2 การวัดสภาพปัญหา (Measure phase)

ในขั้นนี้เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีปัญหาเกิดขึ้นในกระบวนการ โดยก่อนอื่นควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้เพื่อวัดความผันแปรที่เกิดจากการวัด หากความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินกว่าที่กำหนดจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นเสียก่อน จากนั้นทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการ เพื่อศึกษาว่าความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าไรและควรจะตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใด ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือปัจจัยต่างที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีดังนี้

- การสร้างแผนผังของกระบวนการ (Process Flow Diagram)
- การสร้างแผนที่กระบวนการไหล (Process Mapping)
- การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)
- การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

6.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ เพื่อทราบถึงปัจจัยต่างๆเหล่านี้ มีผลต่อกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ตรวจสอบแล้วพบว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ก็จะนำไปสู่การดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และมาตรฐานการปฏิบัติงานต่าง ๆ จะถูกทบทวนและแก้ไขใหม่ ตัวแปรต่างๆ จะถูกกำหนดและศึกษา และทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) อย่างมากซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการแก้ไขต่อไป สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีดังนี้

- การใช้แผนภูมิรูปภาพ (Graphs)
- การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Tests)
- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

6.4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPIV) กับปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆและหาสภาวะเหมาะสมที่สุดในแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPIV) ที่ดีที่สุดจากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

6.4.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

เมื่อกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการจัดทำวิธีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้พนักงานได้ควบคุมด้วยตนเอง แล้วทำการประเมินความสามารถของกระบวนการอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ว่าหลังจากปรับปรุงแล้วกระบวนการ สามารถทำได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หากความสามารถของกระบวนการยังไม่ดี ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้วจะต้องประเมินผลการดำเนินงาน โดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังการปรับปรุงกระบวนการ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

- แผนการควบคุม (Control Plan)
- การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control)
- การจัดทำเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP)
- การสุ่มตรวจสอบการปฏิบัติงาน (Audit)

7. เครื่องมือที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma tools)

ซิกซ์ ซิกม่านั้นจะอาศัยการคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic thinking) ตัดสินใจบนข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจทั้งด้วยวิธีการทางตรรกะและทางสถิติ สำหรับเครื่องมือทางสถิติที่จะถูกนำมาใช้ในซิกซ์ ซิกม่า นั้นมีอยู่ด้วยกันมากมายแต่เครื่องมือที่จะขอกล่าวถึงในเนื้อหาบทนี้ จะเป็นเครื่องมือที่ได้นำมาใช้ในการทำวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วย

7.1 การระดมสมอง (Brainstorming)

การระดมสมองถูกนำมาใช้ในการระบุปัญหาและสาเหตุ การกำหนดแนวทางการแก้ไข การกำหนดและเลือกประเด็นปัญหา โดยการระดมสมองเป็นกระบวนการในการรวบรวมความคิดของกลุ่มผู้ดำเนินงาน ความสำคัญของการระดมสมองอยู่ที่การร่วมกันคิดเพื่อให้เกิดแง่มุมต่างๆ ได้มากที่สุดเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และประเมินผล การระดมสมองจะมีประโยชน์เป็นอย่าง

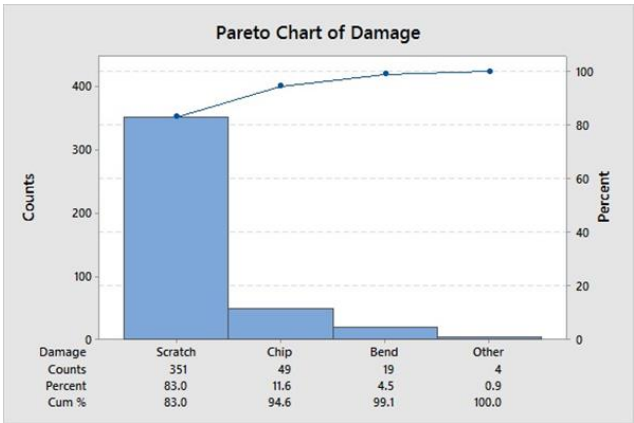
มากในการหาทางแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นหรือเป็นการหาทางระบุหนทางใหม่ในการแก้ปัญหาเดิมที่เคยเกิดขึ้นแล้ว (กิตติศักดิ์ พลอยพานิช, 2546)

7.2 แผนผังแสดงกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram)

แผนผังแสดงกระบวนการผลิตเป็นแผนผังที่จัดทำขึ้นเพื่อแสดงขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดของกระบวนการผลิต มีการระบุตัวแปรและผลลัพธ์ที่สำคัญของกระบวนการเพื่อช่วยให้ทราบและเข้าใจถึงสิ่งผิดปกติหรือสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิช, 2546)

7.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

แผนภาพพาเรโตคือ กราฟแท่งที่นำมาเรียงชิดติดกันมีเส้นความถี่สะสม ซึ่งแสดงปริมาณของสาเหตุที่มีปริมาณมากที่สุดเรียงลำดับจนถึงปริมาณน้อยที่สุดของปัญหาหนึ่งๆ และมีไว้เพื่อค้นหาและเลือกปัญหาที่มีมากที่สุดนำมาแก้ไข พาเรโตไม่ใช่แค่การนำกราฟแท่งมาเรียงชิดติดกันและมีเส้นความถี่สะสมเท่านั้นแต่ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ต้องเป็นไปตามหลักการพาเรโตด้วย แผนภูมิพาเรโตจะนำมาใช้เมื่อต้องการที่จะหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและแยกสาเหตุออกเป็นสาเหตุต่างๆ โดยสาเหตุที่ต้องการหาต้องเป็นสาเหตุสำคัญที่มี ผลทำให้เกิดปัญหานั้นๆแล้วเมื่อสามารถหาสาเหตุของปัญหาได้แล้ว จะต้องทำการแก้ไขปัญหาว่าสาเหตุที่เกิดขึ้นจะมีการแก้ปัญหาได้อย่างไร หลังจากนั้นเมื่อทำการแก้ไขปัญหาแล้วจะต้องทำการเปรียบเทียบว่าการแก้ไขปัญหาก่อนและหลังการแก้ไขปัญหานั้นได้ผลลัพธ์เป็นอย่างไร แผนภูมิพาเรโตส่วนใหญ่จะนิยมนำมาใช้ในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้จัดการปัญหาเพื่อให้การผลิตมีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น เครื่องจักรเสีย เกิดจากสาเหตุอะไร แต่พาเรโตนั้นไม่ใช่เพียงช่วยหาสาเหตุทางด้านการผลิตเท่านั้น ยังสามารถนำไปใช้ทางด้านการขายได้เช่นกัน เช่น การให้ความสำคัญต่อลูกค้ากลุ่มน้อยกับกลุ่มที่มีจำนวนมากว่าควรจะทำเช่นไรเพื่อให้ผลกำไรที่มากที่สุด แต่ควรคำนึงว่าควรดูแลลูกค้าอย่างไรให้เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ นอกจากนี้ พาเรโตยังสามารถนำไปใช้ทางด้านอื่นๆ เช่น ด้านสังคม ความมั่นคง การเมือง ด้านธุรกิจ ด้านการบริหาร ซึ่งด้านการบริหารได้นำพาเรโตมาใช้ในปรากฏการณ์ 80/20 และทำให้ทุกคนรู้จักว่าวิธีการนี้ชื่อว่า แผนภูมิพาเรโต หรือแม้กระทั่งการดำเนินชีวิตประจำวันในการดำเนินชีวิตประจำวันเราไม่ได้สังเกตและมองว่าแนวคิดต่างๆนั้น มีกฎของพาเรโตเป็นพื้นฐาน แผนภูมิพาเรโตจึงนำมาใช้ควบคุมคุณภาพในการช่วยลดขั้นตอนการทำงาน การผลิตที่ล้ำซ้ในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (ธัญลักษณ์ โคตะมี และคณะ, 2560)



ภาพที่ 9 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต

ที่มา: https//:www.solutioncenterminitab.com

7.4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

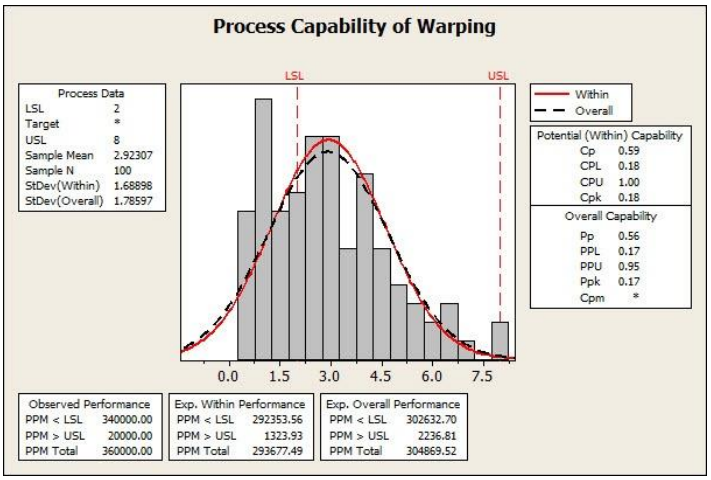
น้ำคำ ด่านไทนวัฒนา (2558) ความสามารถของกระบวนการ คือ สมรรถภาพการแสดงความสามารถของกระบวนการตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งจะคำนึงถึงความผันแปรของกระบวนการเทียบกับค่าเป้าหมายโดยดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ 2 ตัว คือ วัดความสามารถกระบวนการ ระยะสั้น Cp, Cpk และวัดความสามารถกระบวนการระยะยาว Pp, Ppk โดยมีความหมายของตัวดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ ดังนี้

Cp คือ ตัววัดความสามารถกระบวนการระยะสั้น ซึ่งแสดงศักยภาพของกระบวนการโดยดูการกระจายข้อมูลจริงเทียบกับค่าเป้าหมาย

Pp คือ ตัววัดความสามารถกระบวนการระยะยาว ซึ่งแสดงศักยภาพของกระบวนการโดยดูการกระจายข้อมูลจริงเทียบกับค่าเป้าหมาย

Cpk คือ ตัววัดความสามารถกระบวนการระยะสั้น ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของกระบวนการโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและการกระจายข้อมูลเข้าใกล้ค่าเป้าหมาย

Ppk คือ ตัววัดความสามารถกระบวนการระยะยาว ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของกระบวนการโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและการกระจายข้อมูลเข้าใกล้ค่าเป้าหมายโดยลำดับความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี Cpk แสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมทางสถิติ
ที่มา: https//:www.solutioncenterminitab.com/process_capability

ตารางที่ 1 ลำดับความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี (Cpk)

ค่าดัชนี	**ลำดับความสามารถของกระบวนการ**
2.00 ≤ Cpk	ดีเหลือเชื่อ
1.67 ≤ Cpk < 2.00	ดีเลิศ
1.33 ≤ Cpk < 1.67	ดี
1.00 ≤ Cpk < 1.33	พอใช้
0.67 ≤ Cpk < 1.00	แย่
Cpk < 0.67	แย่มาก

ที่มา: กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551)

ทั้งนี้ความสามารถของกระบวนการยังสามารถบอกได้ถึงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเทียบต่อล้านชิ้นดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถกระบวนการและจำนวนของเสียในกระบวนการ

Cpk	จำนวนของเสียกราฟระฆัง 1 ด้าน	จำนวนของเสียของกราฟระฆัง 2 ด้าน
0.25	226,628	453,255
0.50	66,807	133,614
0.60	35,931	71,861
0.70	17,865	35,729
0.80	8,198	16,395
0.90	3,467	6,934
1.00	1,350	2,700
1.10	484	967
1.20	159	318
1.30	48	96
1.40	14	27
1.50	4	7
1.60	1	2
1.70	0.17	0.34
1.80	0.03	0.06
2.00	0.0009	0.0018

ที่มา: Douglas C. Montgomery, Introduction to Satatistical Quality Control (2002)

7.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและการให้คะแนนความเสี่ยง

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่พิจารณาว่ามีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่มีโอกาสเกิดขึ้น ข้อบกพร่องเหล่านั้นมีผลกระทบรุนแรงมากน้อยอย่างไร ข้อบกพร่องแต่ละลักษณะเกิดจากสาเหตุใด และมีระบบในการตรวจจับข้อบกพร่องนั้น ก่อนเข้าสู่กระบวนการถัดไปหรือไม่ และมีความยากง่ายในการตรวจพบเพียงใด ประโยชน์ของการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ ทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการมากขึ้น ช่วยลดเวลาการทำงานหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้น คุณภาพของสินค้าที่ได้สูงขึ้นการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ มีการประเมินผลออกมาเป็นคะแนนความเสี่ยง (RPN) ซึ่งการคำนวณค่า RPN มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ของ 3 ปัจจัย คือ O x S x D เมื่อ O (Occurrence) คือ โอกาสของการเกิด

ข้อผิดพลาด S (Severity) คือระดับความรุนแรง และ D (Detection) คือ โอกาสในการตรวจพบความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง (S – Severity)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง
1	ลักษณะของความผิดพลาดไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ลูกค้าไม่สามารถจะตรวจสอบได้
2 - 3	ลักษณะของความผิดพลาดมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็นถึงความเบี่ยงเบนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้
4 - 6	ลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบปานกลางต่อผลิตภัณฑ์เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจ ซึ่งอาจจะนำไปสู่การ Degrade ผลิตภัณฑ์ได้
7 - 8	ลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบค่อนข้างมากต่อผลิตภัณฑ์เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมากซึ่งอาจนำไปสู่กระบวนการผลิตที่หยุดชะงักได้ อย่างไรก็ตามในระดับนี้จะยังไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล
9 - 10	ลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์และมีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล

ที่มา: D.H. Stamatis (2003)

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนของโอกาสที่จะเกิดขึ้น (O - Occurance)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสที่จะเกิดขึ้น
1	แทบจะไม่มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้น หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีเพียง 1 ใน 1,000,000 เท่านั้น
2	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด อยู่ในระดับน้อยมากคือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 20,000
3	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด อยู่ในระดับน้อยคือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 4,000
4 - 6	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด อยู่ในระดับปานกลาง คือ จะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 1,000 ถึง 1 ใน 80
7 - 8	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดอยู่ในระดับสูง คือจะอยู่ระหว่าง 1 ใน 40 ถึง 1 ใน 20
9 -10	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้น อยู่ในระดับสูงมาก คือ สูงกว่า 1 ใน 20

ที่มา: D.H. Stamatis (2003)

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการตรวจสอบ (D - Detection)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจสอบ
1	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูงมากคือระบบการควบคุมที่มีอยู่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้อย่างชัดเจน
2 - 5	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูงคือระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
6 - 8	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับป่านกลางคือ ระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้ในบางส่วน
9	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อยคือระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย
10	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อยมากคือ ระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย

ที่มา: D.H. Stamatis (2003)

7.6 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

น้ำคำ ด่านไทนวัฒนา (2558) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) คือ วิธีการทดสอบสมมติฐานโดย การตั้งสมมติฐานและพยายามหาหลักฐานที่มีอยู่มาใช้ในการตัดสินใจ ดังนั้นหากมีหลักฐานไม่เพียงพอ ที่จะนำไปหักล้างสมมติฐานที่ตั้งขึ้นได้นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานนั้น ซึ่งเป็นการทดสอบที่ไม่มีนัยสำคัญแต่ถ้าหลักฐานที่ได้ มามีมากพอที่จะนำไปหักล้างข้อสมมติฐานนั้นจะปฏิเสธสมมติฐานและถือว่าผลการทดสอบนั้นมีนัยสำคัญในการทดสอบสมมติฐานนั้นจะกำหนดสมมติฐานขึ้นมา 2 สมมติฐาน ดังนี้

- สมมติฐานหลัก (Null hypothesis) ใช้ชื่อย่อ H_0 เป็นสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ ซึ่งแสดงถึงความเท่ากันหรือความไม่ต่างกันระหว่างค่าพารามิเตอร์ (μ, $\boldsymbol{\sigma}^2$)

- สมมติฐานรอง (Alternative hypothesis) ใช้ชื่อย่อ H_1 เป็นสมมติฐานที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับสมมติฐานหลักที่จะทดสอบ โดยจะแสดงถึงความแตกต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ในการตัดสินใจการทดสอบสมมติฐาน ผลการตัดสินใจแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการตัดสินใจการทดสอบสมมติฐาน

การตัดสินใจ	**ข้อเท็จจริง**	
	H_0 เป็นจริง	**H_0 เป็นเท็จ**
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ตัดสินใจถูก
ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูก	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

ที่มา: น้ำคำ ด่านไทยวัฒนา (2558)

7.6.1 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

สำหรับขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานมีดังต่อไปนี้

(1) ตั้งสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานรอง (H_1) ให้มีความหมายตรงข้ามกัน

(2) กำหนดระดับนัยสำคัญ α

(3) เลือกตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมแล้วหาจุดวิกฤตเพื่อกำหนดบริเวณปฏิเสธ H_0 ให้สอดคล้องกับ H_1 และ α

(4) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบจากตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมา

(5) ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบที่ตกอยู่ในบริเวณยอมรับจะตัดสินใจยอมรับ H_0 แต่หากค่าสถิติทดสอบตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธจะตัดสินใจปฏิเสธ H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 แทน

(6) สรุปผล

7.7 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

การออกแบบการทดลองคือ การตรวจสอบดูว่าปัจจัยหรือการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อสิ่งที่กำลังสนใจ โดยปัจจัยดังกล่าวสามารถแบ่งเป็น ปัจจัยที่ควบคุมได้ หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าได้ในการออกแบบการทดลองครอบคลุมตั้งแต่การนิยามปัญหา การเลือกตัวแปรตอบสนอง การเลือกแบบแผนทดลอง การทำการทดลอง และการวิคราะห์ผลการทดลอง การออกแบบการทดลองในทางปฏิบัติทางอุตสาหกรรมการทดลองที่ได้รับการออกแบบจะมีการทำงานอย่างเป็นระบบในการสืบค้นตัวแปรของกระบวนการหลังจากที่กำหนดเงื่อนไขของกระบวนการที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถทำการปรับปรุงเพื่อความสามารถในการผลิตความน่าเชื่อถือ รวมถึงคุณภาพและประสิทธิภาพ (Montgomery, 1997)

7.8 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design)

(ปารเมศ ชุติมา, 2545) การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลหมายถึง การทดลองถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 ครั้ง (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลองและเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลสามารถกล่าวว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

7.8.1 การทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มรูป ที่มี n ซ้ำจะเกี่ยวกับการดึงเอาตัวแปรที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญออกจากแบบจำลองเต็มรูปแบบแล้ววิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residue) เพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง และตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานที่สร้างขึ้น มีบางครั้งเช่นกันที่การขัดเกลาแบบจำลองเกิดขึ้นหลังจากการวิเคราะห์ส่วนตกค้างเนื่องจาก พบว่าแบบจำลองเกิดความไม่เพียงพอหรือสมมติฐานที่กำหนดให้นั้นไม่ถูกต้องอย่างรุนแรงเพื่อจะทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟโดยจะสร้างกราฟและผลหลัก (Main effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction) ขึ้นโดยที่

- ผลหลัก (Main effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น

- อิทธิพลร่วมหรือผลอันตรกริยา (Interaction effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่น

การทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full factorial design) คือวิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลองจะต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไข การเปลี่ยนแปลงค่าของทุกปัจจัยและเป็นการออกแบบที่กำหนดให้มีการทดสอบทุกๆทางเลือกที่เป็นไปได้ (Combinations) ของปัจจัยทั้งหมดและเพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรงหรือเชิงเส้นโค้งเนื่องจากการทดลองแบบแฟกทอเรียลเป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลายๆปัจจัยพร้อมๆ กัน รูปแบบทั่วไปของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ 2 ปัจจัยสามารถแสดงดังตารางที่ 7 โดยกำหนดให้ Y_{ijk} คือ ผลตอบสนองที่สังเกตได้เมื่อปัจจัย A มีระดับ i (i = 1, 2, ..., a) และปัจจัย B มีระดับ j (j= 1, 2, ..., b) สำหรับเรพลิเคตที่ k (k = 1, 2,..., n)

ตารางที่ 7 รูปแบบการออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

		ปัจจัย B			
		1	2	...	b
ปัจจัย A	1	$y_{111}, y_{112},..., y_{11n}$	$y_{121}, y_{122},..., y_{12n}$	...	$y_{1b1}, y_{1b2},..., y_{1bn}$
	2	$y_{211}, y_{212},... y_{21n}$	$y_{221}, y_{222},..., y_{22n}$	...	$y_{2b1}, y_{2b2},..., y_{2bn}$
	...	...	...	...	...
	a	$y_{a11}, y_{a12},..., y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22},..., y_{a2n}$	...	$y_{ab1}, y_{ab2},..., y_{abn}$

ที่มา: นิพนธ์ พีระประวิตร (2551)

ข้อมูลของการทดลอง สามารถเขียนในรูปของแบบจำลองสถิติเชิงเส้น (Linear Statistical Mode) ได้ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

โดยที่; $i = 1,2,..., a \quad j = 1,2,..., b \quad k = 1,2,..., n$

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

T_i คือ ผลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัย A

β_j คือ ผลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัย B

$T\beta_{ij}$ คือ ผลที่เกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่าง T_i และ β_j

ε_{ijk} คือ ค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม

สิ่งสำคัญในการทำการทดลองตามที่ออกแบบควรทำการทดลองแต่ละครั้งตามลำดับการสุ่มจากกระบวนการสุ่มที่เหมาะสม มิฉะนั้นอาจส่งผลให้ผลการทดลองที่ได้ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์และนำ ไปใช้ได้อย่างน่าเชื่อถือเนื่องจากสมมติฐานของเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติไม่เป็นจริงซึ่งในทางปฏิบัติผู้ทำการทดลองสามารถสร้างลำดับการทดลองแบบสุ่มโดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ

7.8.2 ข้อดีและข้อด้อยของการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มรูป

ข้อดีของการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มรูป คือ ไม่มีการเกิดลำเอียงในการวิเคราะห์และสามารถวิเคราะห์อิทธิพลปัจจัยหลัก (Main factor) และอิทธิพลปัจจัยร่วม (Interaction factor) ได้ทั้งหมด ข้อด้อยของการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มรูปแบบต้องทำการทดลองให้ครบทุกรูปแบบการทดลอง ทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรเป็นจำนวนมาก ใช้เวลาในการ

ทดลองนาน และเมื่อจำนวนรูปแบบการทดลองมากๆ อาจจะประสบปัญหาในการป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยใดๆได้

7.9 การแจกแจงแบบไคสแควร์

การแจกแจงแบบไคสแควร์ เป็นการนำเอาการแจกแจงแบบไคสแควร์มาประยุกต์เพื่อเปรียบเทียบความถี่ที่สังเกต (Observed frequency) กับความถี่ที่คาดหวัง (Expected frequency) ซึ่งสอดคล้องกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ข้อมูลถูกจัดแบ่งตามกลุ่มการแจกแจงแบบไคสแควร์จะใช้เพื่อการทดสอบเท่านั้นและการทดสอบที่จะกล่าวถึงได้แก่ การทดสอบภาวะรูปดีและการทดสอบความเป็นอิสระ

ถ้าให้ k คือ จำนวนเหตุการณ์หรือกลุ่มของข้อมูลที่ได้จัดแบ่งทั้งหมด

O_i คือ ความถี่ที่สังเกตของเหตุการณ์ที่ i

E_i คือ ความถี่คาดหวังของเหตุการณ์ที่ i โดยที่ Ei = Npi

N คือ ผลรวมของความถี่ทั้งหมด

P_i คือ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ i

ถ้าแปลง O_i และ E_i เป็นตัวแปร χ^2 ดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

การทดสอบแบบไคสแควร์ประยุกต์เป็นการเปรียบเทียบความถี่ที่สังเกต (O_i) กับความถี่ที่คาดว่าจะเป็นตามทฤษฎีหรือข้อกำหนดที่ต้องการทดสอบ (E_i) ถ้าความถี่ที่สังเกตสอดคล้องกับความถี่ตามทฤษฎีหรือข้อกำหนดค่า O_i กับค่า E_i จะใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน เมื่อคำนวณค่า χ^2 จะได้ค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์ แต่ถ้าความถี่ที่สังเกตไม่สอดคล้องกับความถี่ตามทฤษฎีหรือข้อกำหนดค่า O_i กับค่า E_i จะแตกต่างกันค่า χ^2 ที่คำนวณได้จะมีค่ามาก ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานว่าความถี่ที่สังเกตสอดคล้องกับความถี่ตามทฤษฎีหรือข้อกำหนดโดยใช้ไคสแควร์แบบประยุกต์จะกำหนดอาณาเขตทางขวามือเท่านั้นกล่าวคือพิจารณาว่า O_i และ E_i จะแตกต่างกันมากจนทำให้ค่า χ^2_{cal} อยู่ในอาณาเขตหรือไม่ สำหรับดีกรีความเป็นอิสระ (υ) จะกล่าวต่อไปในการทดสอบแต่ละอย่างที่นำไปประยุกต์

7.10 การหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร

การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรเมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทำการทดสอบสมมุติฐาน โดยทั่วไปแนวทางในการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

- การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม
- การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

ขั้นตอนของการทดสอบสามารถดำเนินการได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน เป็นการตั้งสมมติฐานทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานหลัก (Null hypothesis) (H_0) และสมมติฐานรอง (Alternative hypothesis) (H_1) ซึ่งสมมติฐานรองตั้งได้ 2 แบบ คือสมมติฐานรองแบบมีทิศทาง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และสมมติฐานรองแบบไม่มีทิศทางซึ่งจะทำการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test)

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการกำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้วิจัยจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) จากการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่เป็นจริงในการวิจัยทางการศึกษานิยมกำหนดที่ $\alpha = .01$ และ $\alpha = .05$

ขั้นที่ 3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานในการทดสอบค่าเฉลี่ยสถิติที่ใช้ในการทดสอบมี z–test t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่ง z–test และ t-test ใช้ทดสอบกรณีมีกลุ่มตัวอย่างหนึ่งหรือสองกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้ทดสอบกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปโดยสถิติแต่ละประเภทเป็นดังนี้

- ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบ z–test มีดังนี้

(1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม

(2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ (Normal distribution)

(3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป

(4) ทราบความแปรปรวนของประชากร (σ^2)

- ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบ t–test มีดังนี้

(1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม

(2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ

(3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป

(4) ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร

- ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีดังนี้

(1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม

(2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ

(3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป

(4) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน

(5) มีความเป็นอิสระภายในตัวอย่าง

(6) ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากรแต่ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากัน

เนื่องจากการเลือกใช้สถิติทดสอบ ต้องพิจารณาเลือกใช้ให้สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบนั้นๆดังนั้นจะเห็นว่าในการทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีหนึ่งหรือสองกลุ่ม ในทางปฏิบัติจะมีการใช้ t–test เป็นส่วนมากทั้งนี้เพราะเหตุผลดังนี้

(1) ข้อตกลงเบื้องต้นของ z-test มีการระบุว่าจะใช้ z-test ได้เมื่อทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยมักจะไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ใช้ t–test ได้กรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

(2) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่มากจะทำให้ค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (degree of Freedom: df) มีค่ามากขึ้นตามลำดับค่าวิกฤตของ t กับค่าวิกฤตของ z ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นตามลำดับเช่นกัน จนในที่สุดองศาแห่งความเป็นอิสระที่ ∞ ค่าวิกฤตของ t กับค่าวิกฤตของ z ที่ระดับนัยสำคัญเดียวกัน จะมีค่าเท่ากันพอดีเช่น $Z_{(.05)} = t_{(.05)(df=\infty)} = 1.645$ เป็นต้น

7.10.1 การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม

ในการทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมี 1 กลุ่มจะเป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่ผู้วิจัยสนใจที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งค่าคงที่นี้อาจได้มาจากการกำหนดขึ้นหรือการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นๆ ซึ่งการใช้สถิติทดสอบ t–test ทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} \rightarrow t = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad ; df_2 = n_2 - 1$$

7.10.2 การทดสอบค่าเฉลี่ยประเภทกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

ในการทดสอบค่าเฉลี่ยประเภทกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มนั้นจะพิจารณาว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเป็นอิสระจากการหรือไม่ เพื่อเลือกใช้สูตรของสถิติทดสอบให้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังพิจารณาอีกว่าความแปรปรวนของประชากรของกลุ่มตัวอย่างเท่ากันหรือไม่ ซึ่งในการใช้สถิติ t-test ทดสอบกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกันนั้นมีสูตรที่ใช้ทดสอบอยู่ 2 สูตรด้วยกันกล่าวคือ

สูตรที่ใช้ในกรณีความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2=\sigma_2^2$) หรือในกรณีกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน (t-test แบบ Pooled variance) และสูตรที่ใช้ในประเภทความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม มีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) (t-test แบบ Separated variance) ดังนั้นเมื่อต้องการจะใช้ t-test กรณีดังกล่าวจะต้องทำการทดสอบก่อนว่า ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากันหรือไม่โดยใช้ F-test เพื่อใช้เลือกสูตร t-test ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

(1) กรณีกลุ่มตัวอย่างอิสระต่อกัน

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระจากกัน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่าแต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ โดย n_1 และ n_2 น้อยกว่า 30 ใช้สูตร t–test (t-test แบบ Pooled variance)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}} \qquad df = n_1 + n_2 - 2$$

กำหนดให้;

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}$$

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระจากกัน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวนเท่ากับ σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่าแต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ โดย n_1 และ n_2 น้อยกว่า 30 ใช้สูตร t–test (t-test แบบ Separated variance)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}} \qquad : df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)}{n_1-1}+\frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)}{n_2-1}}$$

จากการทดสอบทั้ง 2 กรณีข้างต้นเกี่ยวข้องกับการทราบค่าของความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ว่า เท่ากันหรือไม่ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทตัวอย่าง 2 กลุ่มเราจึงจำเป็นต้อง

ทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้สถิติทดสอบ F-test ก่อนเพื่อเลือกใช้ให้ถูกต้อง ดังนี้

$$F = \frac{S^2_{max}}{S^2_{min}} ;$$

$df_1 = n_1-1$ เมื่อ n_1 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่ามาก

$df_2 = n_2-1$ เมื่อ n_2 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่าน้อย

8. การบริหารคุณภาพด้วยการประยุกต์เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

อภิรดี ไชยชมภู (2558) ศึกษาการลดน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกมา โดยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนหลักของเทคนิคซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอนอันได้แก่ การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define) การวัดผลและการรวบรวมข้อมูลของกระบวนการ (Measure) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม(Control) งานวิจัยเริ่มจากการกำหนดขอบเขตของปัญหา โดยทำการศึกษาเฉพาะสินค้าหมูสามชั้นสไลด์เพราะมีปริมาณการสั่งซื้อสูงสุด ซึ่งปัญหาหลักคือ น้ำหนักสินค้าหลังบรรจุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะทำให้เสียต้นทุนในการผลิตมากขึ้น จึงกำหนดเป้าหมายในการศึกษาคือ ลดน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะในช่วง 1,000 กรัม ถึง 1,010 กรัม จากนั้นได้ดำเนินการในขั้นตอนการวัดผลและการรวบรวมข้อมูลของกระบวนการเพื่อหาสาเหตุความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาดที่มีผลต่อการวัด โดยศึกษาค่ารีพีททะบิลตี้และค่ารีโปรดิวชิบิลิตี้ของระบบการวัด (Gage R&R) และเพื่อวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงโดยการวัดค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของน้ำหนักหลังการบรรจุ ค่าความสามารถของกระบวนการ (C_p) และค่าสมรรถนะของกระบวนการที่แท้จริง (C_{pk}) ต่อมาได้ทำการวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังแสดงเหตุและผลและจากการประเมินค่าความเสี่ยง จากการระดมสมองร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต พบว่าสาเหตุหลักของปัญหามาจากอุณหภูมิของสามชั้นแผ่นก่อนเข้าเครื่องสไลด์อัตโนมัติไม่เหมาะสมและไม่มีมาตรฐานในการวางวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่องและการตัดแบ่งสามชั้นสไลด์เพื่อให้ได้ขนาดตามข้อกำหนด ดังนั้นในขั้นตอนการปรับปรุงจึงได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาใช้เพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม พบว่า อุณหภูมิสามชั้นแผ่นก่อนเข้าเครื่องสไลด์อัตโนมัติควรอยู่ที่ -1 องศาเซลเซียส การวางเนื้อต้องเอาด้านสันนอกเข้าหาใบมีด และการวางเนื้อจะต้องคว่ำเนื้อเพื่อให้ได้ขนาดที่ 5 มิลลิเมตรและในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องได้ทำการตัดสามชั้นแผ่นให้มีความกว้างอยู่ที่ 9 นิ้ว ทำการออกแบบอุปกรณ์

ใหม่เพื่อช่วยทำให้ตัดสามชั้นสไลด์ให้มีขนาดสม่ำเสมอที่ 2.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว และทำการกำหนดจำนวนชิ้นของหมูสามชั้นสไลด์ให้ได้น้ำหนักตามข้อกำหนดคุณลักษณะที่ 1,000 กรัม ถึง 1,010 กรัม ที่ 30 - 32 ชิ้นต่อหนึ่งแพ็ค เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายและมีความแม่นยำมากขึ้น สุดท้ายได้ทำขั้นตอนการควบคุม โดยจัดทำเอกสารการปฏิบัติงานเพื่อให้สามารถควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ได้เสนอแนวทาง ผลการวิจัยพบว่าน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์สามารถลดลงจากค่าเฉลี่ย 1,018 กรัม เป็น 1,005 กรัมต่อถุง และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก4.965 เหลืออยู่ที่ 1.737 กรัม ทำให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะที่กำหนดมากขึ้น

ติรัสกร เขมาสิทธิ์ และรณินทร์ กิจกล้า (2559) ทำการลดของเสียจากกระบวนการผลิตไส้กรอกด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC แนวทางการดำเนินงานจัดทำวิจัยเริ่มจากการวัดและกำหนดปัญหาซึ่งพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นกับไส้กรอกไม่ได้ขนาด คือปัญหาของเสียหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไส้กรอกซึ่งมีปริมาณของเสียเกิดขึ้น 4,219 Kg. ต่อเดือน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียหลังจากผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเหตุและผล พบว่าที่จัดเก็บอุปกรณ์พวก Tube ไม่เหมาะสมพนักงานขาดความรู้ในจุดเสี่ยงที่ก่อให้เกิดของเสียและขาดทักษะในการปรับแต่งปีกผีเสื้อวัตถุดิบพวก Casing หักในการเคลื่อนย้าย และวิธีการมัดหัว-ท้ายของไส้กรอกกับการเลือกใช้ Chuck ไม่เหมาะสม คือต้นเหตุของปัญหา จากนั้นทำการปรับปรุงที่จัดเก็บอุปกรณ์และวิธีการทำงานแบบใหม่แล้วนำไปทดลองก่อนปฏิบัติงานจริง สุดท้ายคือการจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหาผลหลังการปรับปรุงพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไส้กรอกไม่ได้ขนาดลดลงจากเดิม 4,219 Kg. ต่อเดือน เหลือ 2,169 Kg. ต่อเดือน โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 48.5% ต่อเดือน

จิรัชฐวี เวชวิทย์วรากุล (2559) ทำการผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วนสุกรตัดแต่งและลูกชิ้นหมู โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้ามากขึ้นและลดเวลาในการผลิต โดยทำการวิจัยตาม 5 ขั้นตอน DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า โดยเริ่มจากขั้นตอนการนิยามปัญหา ได้ใช้การระดมความคิดและการประเมินความเสี่ยงเพื่อคัดเลือกปัญหา แล้วจึงกำหนดขอบเขตและเป้าหมายงานวิจัยตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ต่อมาในขั้นตอนการวัดสภาพปัญหาประกอบด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัดและการวัดความสามารถของกระบวนการ อันได้แก่ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Consumer Acceptance Test) และทำการทดสอบความพอดี (Just about Right Test) ส่วนด้านเวลานำได้ใช้หลักการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา แผนผังกระบวนการผลิต และแผนผังสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Current State Value Stream Map) เพื่อวิเคราะห์เวลานำในการผลิต แล้วจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จากนั้นทำการสร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่าสถานะอนาคต (Future State Value Stream Map) เพื่อหา

โอกาสและแนวทางในการปรับปรุงต่อมาในขั้นตอนการปรับปรุงได้ทำการหาวิธีการทำงานใหม่ในการลดอุณหภูมิลูกชิ้นก่อนเข้าแช่ตู้เย็น นอกจากนี้ยังได้การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการทดลองและใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการลดอุณหภูมิลูกชิ้น ผลการวิจัยพบว่า การปรับปรุงขั้นตอนการลดอุณหภูมิก่อนแช่ตู้เย็น ที่จากเดิมใช้การเป่าลมที่อุณหภูมิห้อง เป็นการหยดน้ำเย็นลงบนลูกชิ้น 10 นาที ทำให้ความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคด้านรสชาติที่มีต่อลูกชิ้นหมูเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นจากระดับ 3 เฉยๆ เป็นระดับ 4 ชอบและลดเปอร์เซ็นต์ที่ลูกชิ้นเค็มเกินพอดีจากการทดสอบความพอดีลงได้ 36 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลานำในการผลิตลง 354 นาที หรือลดลง 65.8 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มความสามารถในการผลิตได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายในขั้นตอนการควบคุม ได้ทำการสร้างมาตรฐานการทำงาน

ประภาพรรณ และสุพัฒตรา (2562) การเพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตู้แช่อาหารโดยการ ประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อที่จะแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ ด้วยขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน คือ การกำหนดปัญหา (Define) การประเมินวิธีการวัดผล (Measure) การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) การดำเนินการปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) ควบคู่กับเครื่องมือ คุณภาพ และการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (Failure mode and effect analyze process: FMEA) สำหรับวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่อง อย่างไรก็ตาม ค่า ดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ถูกใช้ในการพิจารณาเพื่อระบุสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่อง โดย บริษัทกรณีศึกษามีการผลิตตู้แช่อาหารเฉลี่ย 161 ตู้ต่อเดือน ซึ่งพบข้อบกพร่องเฉลี่ยเท่ากับ 93,168 PPM หลังจากดำเนินการปรับปรุง ข้อบกพร่องเฉลี่ยลดลงเหลือ 26,666.67 PPM ซึ่งลดลง จากก่อนปรับปรุงร้อยละ 28.62

Idrissi และคณะ (2016) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา หลายบริษัทได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพต่างๆเพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศ และเพื่อลดต้นทุนและควบคุมคุณภาพสินค้า ลีนซิกซ์ ซิกม่าเป็นเครื่องมือที่ดีอีกเครื่องมือหนึ่งและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางจากหลายองค์กร มีการปฏิบัติงานตามแนวทาง DMAIC (กำหนดปัญหา การวัด การวิเคราะห์ ปรับปรุง และควบคุม) เพื่อลดปัญหาความผันแปรของกระบวนการผลิตและลดความบกพร่องที่เกิดขึ้น ทางบริษัทปลากระป๋องในโมร็อกโก ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพอย่างซิกซ์ซิกม่าอย่างมีระเบียบและมีแบบแผนเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตปลากระป๋อง ทำให้บริษัทสามารถบรรจุเป้าหมายคุณภาพด้วยแนวทาง DMAIC ลีนซิกซ์ ซิกม่า สามารถลดอัตราความบกพร่องของปลาแมคคอเรลกระป๋องลงจาก40 % เป็น 30% และภายหลัง 6 เดือนได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการซึ่งสามารถลดอัตราความบกพร่องลงได้ต่ำกว่า 12% ตามเป้าหมายที่บริษัทกำหนด

Henny และคณะ (2019) จากการตรวจสภาพปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตซอสกระป๋องได้มีการประยุกต์ใช้แนวทางลีนซิกซ์ซิกม่าเพื่อกำหนดสภาพปัญหา ตรวจวัด วิเคราะห์ ปรับปรุงและควบคุมกระบวนการ (DMAIC) ผลจากการศึกษาพบว่าความสามารถในขั้นตอนการทำซอสพริกอยู่ในระดับ 3σ และขั้นตอนการทำซอสกุ้งอยู่ในระดับ 4σ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า มี 2 ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อของเสียที่เกิดขึ้น ปัจจัยแรกคือการขนย้ายซอสโดยรูปแบบการเคลื่อนย้ายกิจกรรมของฉลากที่วางบนโต๊ะ และโต๊ะได้ติดฉลากใกล้กับชั้นวางมากจนเกิดไปในขั้นตอนการบรรจุ ปัจจัยที่สองคือรูปแบบการคัดแยกวัตถุดิบมีขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนในการคัดแยกของพนักงาน สำหรับการปรับปรุงในกระบวนการผลิต ปัจจัยแรกคือปรับปรุงแผนผังการเครื่องย้ายในขั้นตอนการบรรจุและใช้สายพานลำเลียงวัตถุดิบเพื่อเคลื่อนย้ายกระป๋องที่จะบรรจุ ปัจจัยที่สองคือการสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานให้แก่พนักงานปอกวัตุดิบโดยกำหนดรอบต่อนาทีในการปอกเพื่อรักษาความสดของวัตถุดิบไว้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อกำหนดแนวทางในการลดสินค้าที่มีข้อบกพร่องโดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ซิกซ์ม่า ในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอรเตอร์

2. เพื่อลดจำนวนสินค้าที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลงมากกว่าร้อยละ 50

บทที่ 2

การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการนำทฤษฎีการบริหารคุณภาพด้วยเทคนิคซิกซ์ซิกม่า โดยนำเอาหลักการในเรื่องของการลดความผันแปร ในกระบวนการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการลดความสูญเสีย รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา ขั้นตอนการวัดสภาพปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการปรับปรุงและขั้นตอนการควบคุม ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา (Define Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา วิธีการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต พร้อมทั้งระบุประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นปรึกษาร่วมระดมสมองกับทีมงานของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเป้าหมายขององค์กรและตอบสนองความต้องของลูกค้าให้มากที่สุด มาปรับปรุงและจัดทำรายละเอียดแผนการปรับปรุงที่ได้คัดเลือกจากการดำเนินงานดังนี้

1.1 ศึกษากระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ศึกษากระบวนการไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ตั้งแต่กระบวนการตรวจรับเนื้อและวัตถุดิบจนถึงกระบวนการส่งสินค้าเก็บในคลังโดยประกอบด้วย 17 กระบวนการ

1.2 รวบรวมข้อมูลผลผลิตไส้กรอกแต่ละกลุ่มสินค้า

เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 (5 เดือน) ของร้อยละผลผลิตไส้กรอกแต่ละกลุ่มสินค้าเพื่อทราบปริมาณสินค้าที่ผลิต

1.3 รวบรวมข้อมูลร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง

เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 (5 เดือน) ของร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิดเพื่อเปรียบเทียบร้อยละสินค้าที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิด

2. การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ และตรวจวัดสภาพปัญหาในแต่ละจุดงานหลักของ

กระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยขอบเขตงานวิจัยได้ทำการตรวจวัดสภาพปัญหาตั้งแต่ขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมจนกระทั่งขั้นตอนการบรรจุ การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการวิจัยดังนี้

2.1 วัดความสามารถของกระบวนการ

ขั้นตอนแรกของขั้นตอนการวัดสภาพปัญหาคือ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการ และเพื่อทราบถึงกระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ หรือความสามารถของกระบวนการเป็นไปตามมาตรฐานที่สถานประกอบการกรณีศึกษาได้กำหนดไว้หรือไม่ จึงมีความจำเป็นต้องตรวจวัดเป็นอันดับแรกโดยเก็บข้อมูลน้ำหนักไส้กรอก 10 ชิ้นภายหลังบรรจุไส้จำนวน 30 ชุดการผลิต (จำนวนชุดการผลิตละ 3 ซ้ำ) ของขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมและเก็บข้อมูลน้ำหนักไส้กรอกหลังอบจำนวน 30 ชุดผลิต (จำนวนชุดการผลิตละ 3 ซ้ำ) ของขั้นตอนการอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อวัดความสามารถของกระบวนการและเพื่อทราบค่า C_{pk} ของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

2.2 จัดทำแผนภาพกระบวนการไหล

เนื่องจากกระบวนการผลิตไส้กรอกเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนย่อยในกระบวนการผลิต เมื่อพิจารณาสาเหตุหลักของการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่อง จึงนำไปสู่การระดมความคิดร่วมกับทีมงานเพื่อทำแผนภาพการไหลของกระบวนการโดยระบุปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของแต่ละขั้นตอน จากนั้นวิเคราะห์ตัวแปรหลักที่สำคัญของแต่ละปัจจัยนำเข้าของแต่ละขั้นตอนที่ส่งผลต่อตัวแปรหลักที่สำคัญของแต่ละปัจจัยนำออกหรือผลลัพธ์ โดยทำการระดมความคิดกับทีมงาน 7 คนที่มีประสบการณ์การทำงานในกระบวนการผลิตไส้กรอกที่มีความชำนาญในแต่ละด้าน ซึ่งจากการระดมความคิดทำให้ค้นพบตัวแปรหลักที่จะระบุเป็นปัจจัยนำเข้าที่ความสำคัญทั้งหมด 41 ปัจจัยนำเข้าที่จะส่งผลต่อปัจจัยนำออกหรือผลลัพธ์ของแต่ละกระบวนการ

2.3 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและจัดลำดับคะแนนความเสี่ยง

จากการศึกษาแผนภาพการไหลของกระบวนการแต่ละขั้นตอน และระบุปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เกิดขึ้น จึงได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากข้อบกพร่อง เพื่อใช้ในการกำหนดปัญหาที่เป็นไปได้และป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นและให้คะแนนความเสี่ยง (RPN) ของแต่ละปัจจัยนำเข้าประกอบด้วยคะแนนความรุนแรง (S) คะแนนโอกาสที่จะเกิดขึ้น (O) และคะแนนความสามารถในการตรวจพบ (D) โดยมีเกณฑ์การประเมินในภาคผนวก ข ตารางที่ ข1 และนำคะแนนทั้ง 3 ส่วนมาคูณกันตามสูตร RPN = S x O x D และจัดลำดับคะแนนของข้อบกพร่องทั้ง 41 ปัจจัย โดยลำดับคะแนนด้วยแผนภาพพาเรโต จากนั้นดำเนินการตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่

ต้องการแก้ไข ซึ่งในงานวิจัยจะคัดเลือกข้อบกพร่องที่มีความสำคัญและมีคะแนนความเสี่ยงชี้นำมากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนนเพื่อดำเนินการแก้ไข

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดสภาพปัญหาพบว่าปัจจัยหลักที่มีความสำคัญและมีคะแนนความเสี่ยงชี้นำมากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนนซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักและนำเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ไส้สำหรับบรรจุไส้กรอกไม่ได้มาตรฐาน

ทดลองเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องหลังการอบโดยเปรียบเทียบชนิดไส้บรรจุ 2 ชนิดคือ (Type A) และ (Type B) โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องจาก 5 ชุดการผลิต แต่ละชุดการผลิตทดลอง 3 ซ้ำ และข้อมูลหาค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการผลิต จากนั้นวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อทดสอบนัยสำคัญของปัจจัย

3.2 การพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ไม่เหมาะสม

ทดลองเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องหลังการปอกไส้โดยเตรียมไส้กรอกจำนวน 7 ไม้ไส้กรอกจำนวน 2 ชุดตัวอย่าง (ชุดตัวอย่างละ 40 กิโลกรัม) เปรียบเทียบระหว่างการพ่นไอน้ำและไม่พ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้ จากนั้นนำข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อทดสอบนัยสำคัญ จากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมของการพ่นไอน้ำเปรียบเทียบระหว่างเวลาและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำ โดยออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 4X3 ทดสอบสมมติฐาน 2 ปัจจัยระหว่างเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำ และกำหนดให้ปัจจัยเวลามี 4 ระดับ คือ 20, 40, 60 และ 80 วินาที และปัจจัยจำนวนไม้ไส้กรอกมี 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9 ไม้ไส้กรอก แต่ละระดับของปัจจัยทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อทดสอบนัยสำคัญของปัจจัย

3.3 การติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกไม่เหมาะสม

ทดลองเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องหลังการจัดเรียงไส้กรอกโดยเตรียมไส้กรอกจำนวน 2 ชุดตัวอย่าง (ชุดตัวอย่างละ 40 กิโลกรัม) และนำตัวอย่างไส้กรอกลำเลียงเข้าสู่เครื่องจัดเรียง โดยทดลองที่ระดับใบพัดที่ระดับใบพัด 2 และ 4 จากนั้นเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อทดสอบนัยสำคัญ จากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมของระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกโดยทดลองเปรียบเทียบที่ระดับใบพัด 2 และ 3 จากนั้นนำข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อทดสอบนัยสำคัญของปัจจัย

4. ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

ขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการระดมสมองร่วมกับทีมงานเพื่อออกแบบและปรับปรุงขั้นตอนต่างๆ โดยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ ดำเนินการวิจัยโดยทำการปรับปรุงปัจจัยที่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที และหาสภาวะหรือค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ได้ดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ โดยผลการวิเคราะห์สามารถพิสูจน์แล้วว่าปัจจัยดังกล่าวมีนัยสำคัญต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องซึ่งประกอบด้วย

4.1 ปรับปรุงความสามารถของกระบวนการบรรจุเนื้อบดผสมและการอบ

4.2 ปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอกในขั้นตอนบรรจุเนื้อบดผสม

4.3 ปรับปรุงขั้นตอนการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ในขั้นตอนก่อนการปอกไส้

4.4 ติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุไส้กรอก

ขั้นตอนการปรับปรุงจะทำการเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องของแต่ละปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำการทดลองพร้อมกันทุกปัจจัยที่ได้ทำการปรับปรุง รวบรวมข้อมูลร้อยละไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องหลังการปรับปรุง

5. การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนนี้ได้ระบุแนวทางที่เหมาะสมสำหรับใช้ควบคุมปัจจัยที่ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงและทำการทดลองไปแล้วในขั้นตอนก่อนหน้า จากนั้นเก็บข้อมูลผลการปรับปรุงและการควบคุมกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ พร้อมเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงก่อนและหลัง รายละเอียดของผลการดำเนินงานที่ได้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 หาแนวทางการควบคุมปัจจัย

5.2 หาแนวทางการควบคุมและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

5.3 สรุปผลการดำเนินงานของแต่ละปัจจัยจากแนวทางการควบคุม

5.4 สรุปผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทนี้ได้นำเสนอผลและวิจารณ์ผลการทดลองจากการดำเนินงานวิจัยการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ของสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยผลการทดลองจะดำเนินการตามแนวทาง 5 ขั้นตอนของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่าได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา ขั้นตอนการวัดสภาพของปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุ ขั้นตอนการปรับปรุงและขั้นตอนควบคุมกระบวนการ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา (Define Phase)

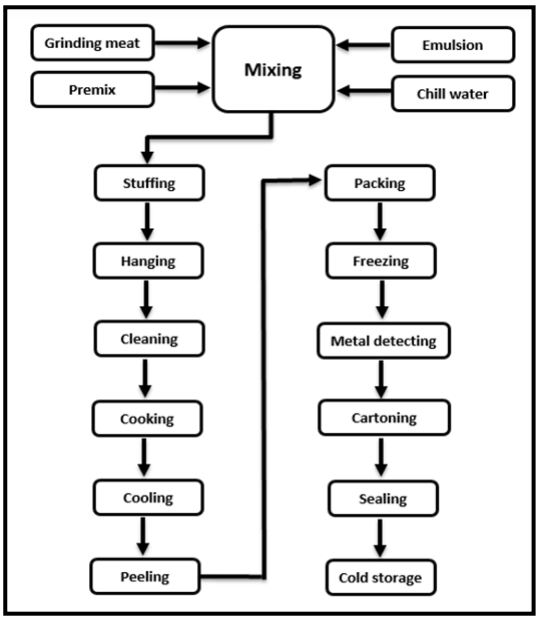
สถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นกลุ่มผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแช่เยือกแข็งที่สำคัญของประเทศมาเลเซีย มีกำลังการผลิตและการส่งออก 300 ตันต่อเดือนหรือ 1 ล้านแพ็คต่อเดือน โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์หลักที่ดำเนินการผลิตและส่งออกคือไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ แสดงดังภาพที่ 11

ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์
ที่มา: https://tgm.co.th

การกำหนดสภาพปัญหาเป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสถานประกอบการกรณีศึกษา วิธีการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต พร้อมทั้งกำหนดประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นปรึกษาร่วมกับทีมงานของสถานประกอบการกรณีศึกษาเพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเป้าหมายขององค์กรและการตอบสนองความต้องของลูกค้ามาทำการปรับปรุง พร้อมทั้งจัดทำรายละเอียดการปรับปรุงที่คัดเลือกผลจากการดำเนินงานประกอบด้วย

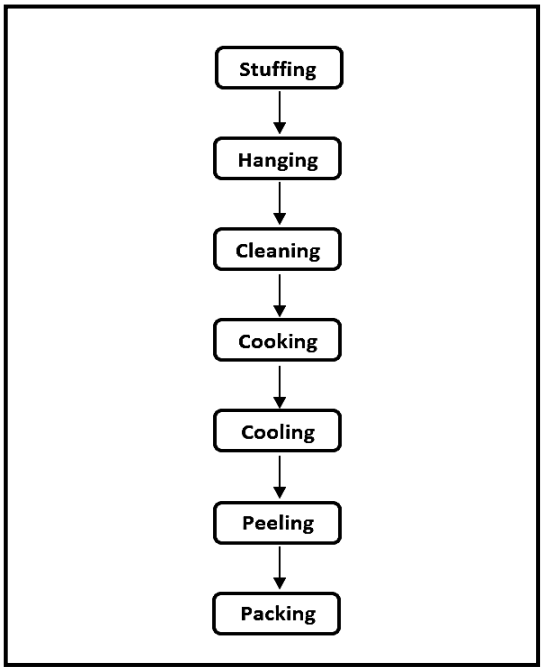
1.1 กระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็งใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นรูปแบบของการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติโดยขั้นตอนการผลิตหลักที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการผสม ขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม ขั้นตอนการอบ ขั้นตอนการปอกไส้ ขั้นตอนการบรรจุ ขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง และขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพไส้กรอกโดยกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็งแสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็ง

กระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็งของสถานประกอบการกรณีศึกษา มีกระบวนการทั้งหมด 17 กระบวนการแสดงดังภาพที่ 12 ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์กันกล่าวคือ ปัจจัยขาออกของกระบวนการก่อนหน้าจะกลายเป็นปัจจัยนำเข้าของกระบวนการถัดไป ฉะนั้นหากมีความแปรปรวนหรือความผิดพลาดเกิดขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนถัดไปและคุณภาพของไส้กรอกโดยทันที ซึ่งขอบเขตการวิจัยจะศึกษาทดลองเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมและสิ้นสุดที่ขั้นตอนบรรจุไส้กรอกเท่านั้นเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องสูงสุดในกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แผนผังขอบเขตการวิจัยในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์

รายละเอียดและการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.1 ขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการนำเนื้อบดผสมบรรจุลงไส้บรรจุโดยก่อนการบรรจุเนื้อจะทำการติดตั้งเครื่องบรรจุเนื้อตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์และหลังจากบรรจุเนื้อจะสุ่มตรวจวัดด้านคุณภาพคือวัดความยาวและน้ำหนักของไส้กรอกและลำเลียงไส้กรอกสู่ขั้นตอนถัดไป

1.1.2 ขั้นตอนการแขวนไส้กรอก (Hanging)

หลังจากที่เนื้อบดผสมได้บรรจุลงไส้เรียบร้อย ไส้กรอกแต่ละเส้นจะนำไปแขวนบนรถไส้กรอกโดยแขวนไส้กรอกตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้และควบคุมคุณภาพไส้กรอกโดยกำหนดเวลาของไส้กรอกขณะแขวนบนรถไส้กรอกก่อนทำการอบ

1.1.3 ขั้นตอนการล้างไส้กรอก (Cleaning)

ขั้นตอนนี้เป็นการล้างไส้กรอกเพื่อทำความสะอาดเนื้อบดผสมที่ตกค้างที่ผิวไส้บรรจุและตรวจสอบไส้กรอกตำหนิก่อนลำเลียงไส้กรอกเข้าตู้อบในขั้นตอนถัดไป

1.1.4 ขั้นตอนการอบ (Cooking)

หลังจากไส้กรอกที่ได้ล้างทำความสะอาดจะถูกลำเลียงเข้าสู่ตู้อบรมควันตามจำนวนรถไส้กรอกที่กำหนด โดยขั้นตอนการอบเป็นจุดควบคุมวิกฤตจุดแรกของกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ควบคุมเวลาและอุณหภูมิตามมาตรฐานการปฏิบัติงานโดยอุณหภูมิใจกลางของไส้กรอกหลังการอบต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส

1.1.5 ขั้นตอนการลดอุณหภูมิ (Cooling)

ไส้กรอกหลังจากการอบจะต้องลดอุณหภูมิทันทีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและควบคุมน้ำหนักของไส้กรอก โดยควบคุมอุณหภูมิใจกลางไส้กรอกหลังลดอุณหภูมิเท่ากับ 0-8 องศาเซลเซียส

1.1.6 ขั้นตอนการปอกไส้ (Peeling)

ก่อนการปอกไส้ติดตั้งเครื่องปอกไส้และปรับระดับไอน้ำในระดับที่เหมาะสมตามแผนการปฏิบัติงานที่กำหนดและทำการตรวจสอบความยาว น้ำหนัก และสีของไส้กรอกก่อนลำเลียงสู่ขั้นตอนถัดไป

1.1.7 ขั้นตอนการบรรจุไส้กรอก (Packing)

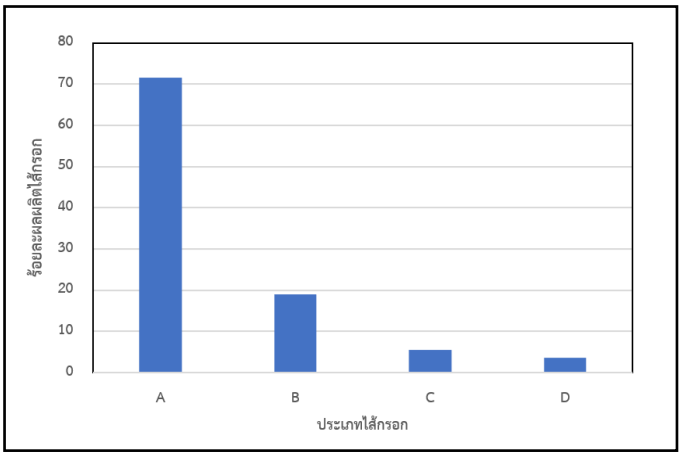
ก่อนการบรรจุไส้กรอกติดตั้งเครื่องจัดเรียงและบรรจุไส้กรอกตามมาตรฐานการปฏิบัติงานและตรวจสอบคุณภาพโดยคัดแยกไส้กรอกตำหนิที่มีข้อบกพร่อง ซึ่งการจัดเรียงไส้กรอกจะเป็นระบบกึ่งบรรจุอัตโนมัติ บรรจุลงบรรจุภัณฑ์ 10 ชิ้นต่อแพ็ค และพิมพ์วันหมดอายุบนบรรจุภัณฑ์ทันที

ไส้กรอกหลังจากบรรจุจะทำการลำเลียงสู่ขั้นตอนการแช่เยือกแข็งโดยใช้วิธี Individual Quick Freezing (IQF) โดยควบคุมคุณภาพอุณหภูมิใจกลางภายหลังแช่เยือกแข็งน้อยกว่าหรือเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นสินค้าถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนการตรวจโลหะและบรรจุไส้กรอกลงกล่องและส่งเข้าคลังสินค้าเพื่อเตรียมส่งลูกค้า

1.2 ข้อมูลผลผลิตไส้กรอกแต่ละกลุ่มสินค้าของสถานประกอบการกรณีศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลผลผลิตไส้กรอกแต่ละชนิดตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 (5 เดือน) พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแบ่งเป็น 4 กลุ่มหลักได้แก่ กลุ่มไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ร้อยละ 71.7 กลุ่มคอกเทลไก่รมควันร้อยละ 19 กลุ่มไส้กรอกพรีเมี่ยมร้อยละ 5.5 และกลุ่มไส้กรอกชนิดอื่นๆร้อยละ 3.7 ซึ่งจากข้อมูลพบว่ากลุ่มไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์มีจำนวนผลผลิตสูงที่สุด คือร้อยละ 71.7 เนื่องจากเป็นกลุ่มไส้กรอกที่ผลิตเพื่อส่งขาย

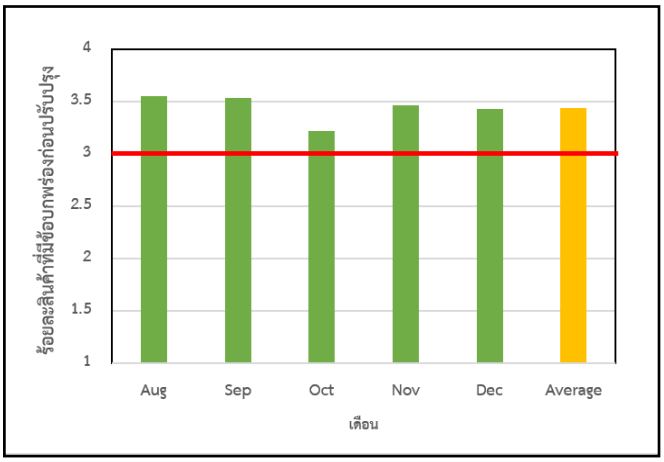
ภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่และเป็นไส้กรอกที่มีราคาไม่สูงมาก ทำให้ผู้บริโภคภายในประเทศเลือกซื้อรับประทานเป็นจำนวนมากแสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แผนผังแสดงผลผลิตไส้กรอกแต่ละกลุ่มสินค้าของสถานประกอบการกรณีศึกษา
หมายเหตุ A = ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ B = ไส้กรอกไก่รมควันคอกเทล
C = ไส้กรอกพรี่เมี่ยม D = ไส้กรอกกลุ่มอื่นๆ

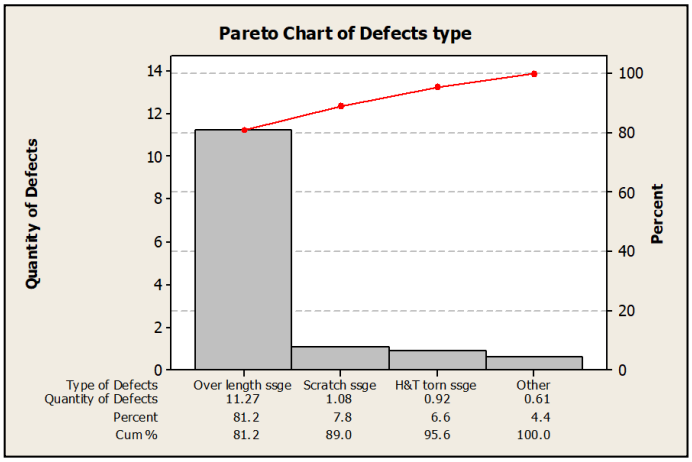
1.3 ข้อมูลร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง

จากผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการและการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์แช่เยือกแข็งของสถานประกอบการกรณีศึกษาเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการตรวจรับ ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ ขั้นตอนการจัดเก็บวัตถุดิบ การเตรียมเนื้อสำหรับการผสม การบรรจุเนื้อบดผสม การอบ การปอกไส้ การบรรจุไส้กรอก และการควบคุมสภาวะต่างๆในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตข้อกำหนดและวิธีการตรวจสอบคุณภาพไส้กรอก การบรรจุไส้กรอกลงบรรจุภัณฑ์ จนกระทั่งการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า พบว่าไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ มีร้อยละที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจากการผลิตแสดงดังภาพที่ 15 จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 (5 เดือน) พบว่าค่าเฉลี่ยไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่องเท่ากับร้อยละ 3.44 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงเกินร้อยละ 3.00 ตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษากำหนด



ภาพที่ 15 ร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง

ร้อยละไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิดจากการเก็บรวบรวบข้อมูลและได้จัดลำดับปริมาณตามชนิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่อง โดยแผนภาพพาเรโตแสดงดังภาพที่ 16 ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มหลักได้แก่ ไส้กรอกความยาวเกินมาตรฐาน (Over length sausages) ร้อยละ 81.2 ไส้กรอกผิวถลอก (Scratch sausages) ร้อยละ 7.8 ไส้กรอกหัวท้ายฉีกขาด (Head & tail sausages torn) ร้อยละ 6.6 และไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดอื่นๆ (Others) ร้อยละ 4.4



ภาพที่ 16 แผนภาพพาเรโตแสดงร้อยละไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง

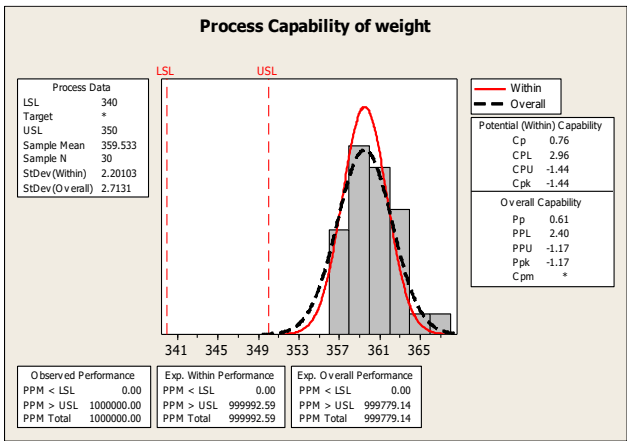
จากข้อมูลแสดงดังภาพที่ 16 พบว่าชนิดของไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิดถูกตรวจสอบในขั้นตอนที่แตกต่างกันของกระบวนการผลิตโดยไส้กรอกความยาวเกินมาตรฐานจะถูกตรวจพบในขั้นตอนการอบ ไส้กรอกผิวถลอกจะถูกตรวจพบในขั้นตอนปอกไส้ ไส้กรอกหัวท้ายฉีกขาดจะถูกตรวจพบในขั้นตอนการบรรจุไส้กรอก ซึ่งจากข้อมูลพบว่าขั้นตอนการอบเป็นขั้นตอนที่มีปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องมากเป็นอันดับหนึ่ง

2. การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการตรวจวัดสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของกระบวนการโดยเริ่มจากการตรวจวัดค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมและขั้นตอนการอบ จากนั้นตรวจวัดตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า (KPIV) และปัจจัยนำออก (KPOV) ของกระบวนการโดยการจัดทำแผนภาพกระบวนการไหลเพื่อทราบลำดับขั้นตอนการทำงานก่อนหลังของกระบวนการ แล้วนำตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบพร้อมทั้งให้คะแนนความเสี่ยงของแต่ละปัจจัยซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

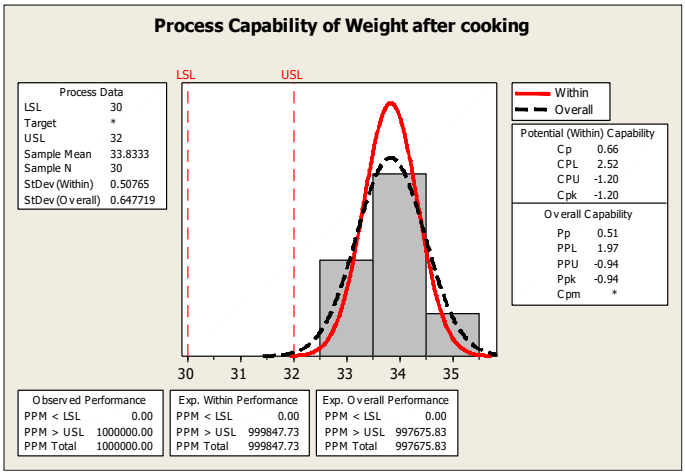
2.1 การตรวจวัดความสามารถของกระบวนการ (Cpk)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลน้ำหนักไส้กรอก 30 ชุดผลิตในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมและเก็บข้อมูลน้ำหนักไส้กรอก 30 ตัวอย่างในขั้นตอนการอบทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากข้อมูล 5 เดือน ได้นำข้อมูลจากการสุ่มตรวจมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยโปรแกรมทางสถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 17 และภาพที่ 18



ภาพที่ 17 ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมก่อนการปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมมีค่าเท่ากับ -1.44 และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไส้กรอกเท่ากับ 359.533 กรัมซึ่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 350.00 กรัมตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษาได้กำหนด



ภาพที่ 18 ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนการอบก่อนการปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในขั้นตอนการอบมีค่าเท่ากับ -1.20 และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไส้กรอกภายหลังการอบเท่ากับ 33.83 กรัมซึ่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 32.00 กรัมตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษาได้กำหนด

2.2 การวิเคราะห์แผนภาพการไหลของกระบวนการ

กระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนหลักในกระบวนการ 17 ขั้นตอน เมื่อพิจารณาสาเหตุหลักของการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการพบว่ามีเพียง 5 ขั้นตอนที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับสาเหตุของการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องได้แก่ ขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม ขั้นตอนการอบไส้กรอก ขั้นตอนการลดอุณหภูมิไส้กรอก ขั้นตอนการปอกไส้ และขั้นตอนการบรรจุไส้กรอก โดยระดมความคิดร่วมกับทีมงานเพื่อวิเคราะห์แผนภาพการไหลของกระบวนการ ซึ่งระบุตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่ส่งผลต่อตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำออก (KPOV) โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้าและปัจจัยนำออกของแต่ละขั้นตอน

กระบวนการ (Process)	**ตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำเข้า (KPIV)**	**ตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำออก (KPOV)**
1. การบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing)	1.ความหนืดของเนื้อบดผสม	น้ำหนักไส้กรอกหลังบรรจุ
	2.อุณหภูมิเนื้อบดผสม	
	3.ปริมาณของเนื้อบดผสมต่อชิ้น	
	4.คุณภาพของไส้บรรจุ	
	5.ความยาวของไส้บรรจุ	
	6.อายุการใช้งานของไส้บรรจุ	
	7.เส้นผ่านศูนย์กลางภายในไส้บรรจุ	
	8.แท่งบรรจุเนื้อบดผสม	
	9.อายุการใช้งานของแท่งบรรจุเนื้อผสม	
	10.อายุการใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยง	
	11.ขนาดของแท่งเหวี่ยงแยกชิ้น	
	12.จำนวนรอบของการหมุนเหวี่ยง	
	13.อายุการใช้งานแท่งกำหนดความยาว	
	14.ขนาดแรงดันอากาศในการบรรจุเนื้อ	
2. การอบ (Cooking)	15.ปริมาณไส้กรอกในการอบต่อครั้ง	น้ำหนักไส้กรอกหลังอบ
	16.การล้างไส้บรรจุหลังการบรรจุ	
	17.ตำแหน่งการอบในตู้	
	18.โปรแกรมการอบ	
	19.เวลาในการอบ	
	20.การระบายความร้อนภายในตู้อบ	
	21.การรมควัน	
	22.การไหลเวียนของควันภายในตู้	
	23.เวลาการรมควัน	
	24.ความชื้นของเนื้อไม้	
	25.อายุของเนื้อไม้	

ตารางที่ 8 ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้าและปัจจัยนำออกของแต่ละขั้นตอน (ต่อ)

กระบวนการ (Process)	**ตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำเข้า (KPIV)**	**ตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยนำออก (KPOV)**
3. การลดอุณหภูมิ (Cooling)	26.อุณหภูมิน้ำที่ใช้ลดอุณหภูมิ	น้ำหนักไส้กรอกหลังอบ
4. การปอกไส้ (Peeling)	27.อุณหภูมิน้ำร้อนในการปอกไส้ 28.ปริมาณน้ำที่ใช้ก่อนการปอกไส้ 29.ปริมาณไอน้ำร้อนในการปอกไส้ 30.แรงดันอากาศในการปอกไส้ 31.อายุการใช้งานของใบมีด 32.การติดตั้งใบมีดปอกไส้	น้ำหนักไส้กรอกหลังอบ
5. การบรรจุ (Packing)	33.อายุการใช้งานของสายพาน 34.การขนย้ายไส้กรอกโดยสายพาน 35.ความเร็วของสายพาน 36.คุณภาพน้ำมันใช้หล่อลื่น 37.ความเร็วของใบพัด 38.ชนิดของใบพัดเครื่องจัดเรียง 39.ตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียง 40.ความเร็วของหัวบรรจุไส้กรอก 41.การทำความสะอาดเครื่องบรรจุ	น้ำหนักไส้กรอกหลังอบ

2.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและการลำดับค่าคะแนนความเสี่ยง

หลังการศึกษาการไหลของกระบวนการทำงานและระบุปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากข้อบกพร่องเพื่อใช้ในการศึกษาปัญหาที่เป็นไปได้และป้องกันไม่ให้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้น และมีการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ข้อบกพร่องโดยการนำคะแนนความเสี่ยง (Risk Priority Number; RPN) ที่คำนวณได้มาเรียงลำดับจากมากไปน้อยโดยอาศัยหลักการพาเรโต จากนั้นดำเนินการตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่ต้องการแก้ไข ซึ่งจะเลือกข้อบกพร่องเฉพาะที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไขเท่านั้น โดยลำดับของการปฏิบัติงานจะพิจารณาโดยใช้ตัวเลข 80:20 โดยประมาณหรือเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN มากกว่าหรือเท่ากับ 100 เพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเป็นอันดับแรกดังแสดงตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
1.การบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing)	1.ความหนืดเนื้อบดผสม	เนื้อบดผสมมีความหนืดสูง	น้ำหนักไส้กรอกแต่ละชิ้นไม่คงที่	ไส้กรอกใช้สัดส่วนของเนื้อไม่ตรงตามสูตร	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	4	1	1	4
	2.อุณหภูมิเนื้อบดผสมต่ำมาก	เนื้อบดผสมมีความแข็งเป็นก้อน	เนื้อบดไม่สามารถบรรจุลงไส้ได้	เนื้อบดผสมเก็บในที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	1	1	1	1
	3.ปริมาณเนื้อบดผสมในการบรรจุ	เนื้อบดผสมปริมาณการบรรจุไม่คงที่	น้ำหนักไส้กรอกแต่ละชิ้นไม่คงที่	จำนวนครั้งการบรรจุที่ไม่เหมาะสม	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	5	2	4	40
	4.คุณภาพของไส้บรรจุ	ไส้บรรจุไม่ได้มาตรฐานที่กำหนด	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการอบ	ไส้บรรจุมีความยืดหยุ่นไม่เพียงพอในขั้นตอนการอบ	ไม่มีการตรวจสอบและแก้ไข	5	5	5	125

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
1.การบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing) (ต่อ)	5.ความยาวของไส้บรรจุ	ไส้บรรจุมีความยาวไม่เหมาะสม	ทำให้น้ำหนักไส้กรอกต่อไม้เกินมาตรฐานกำหนด	ความผิดพลาดจากกระบวนการผลิตไส้บรรจุ	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของไส้	5	5	1	25
	6.อายุการใช้งานของไส้	ไส้บรรจุเก็บนานเกินอายุการใช้งาน	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการบรรจุ	การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่เป็นระบบ	โปรแกรมควบคุมสินค้าคงคลัง	1	1	1	1
	7.เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของไส้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการบรรจุเนื้อบด	ความผิดพลาดจากกระบวนการผลิตไส้บรรจุ	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของไส้	3	4	2	24
	8.แท่งบรรจุเนื้อบดผสม	แท่งบรรจุขนาดใหญ่เกินไป	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการบรรจุเนื้อบด	เกิดจากความผิดพลาดในการติดตั้งของพนักงาน	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะผลิตภัณฑ์	4	3	2	24

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
1.การบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing) (ต่อ)	9.อายุการใช้งานของแท่งบรรจุเนื้อบดผสม	การใช้งานนานเกินกำหนด	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการบรรจุเนื้อบด	แท่งบรรจุมีความโค้งงอ	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	1	3	2	6
	10.อายุการใช้งานแท่งเหวี่ยงแยกชิ้น	การใช้งานนานเกินกำหนด	ไส้แตกหรือฉีกขาดในระหว่างการบรรจุเนื้อบด	แท่งเหวี่ยงแยกชิ้นชำรุดผิวไม่สม่ำเสมอ	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	1	3	2	6
	11.ขนาดของแท่งเหวี่ยงแยกชิ้น	ขนาดเครื่องแยกชิ้นไม่เป็นไปตามที่กำหนด	น้ำหนักไส้กรอกแต่ละชิ้นไม่คงที่	เกิดจากความผิดพลาดในการติดตั้งของพนักงาน	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะผลิตภัณฑ์	1	1	2	2
	12.จำนวนรอบในการหมุนเหวี่ยงแยกชิ้น	จำนวนการเหวี่ยงแยกชิ้นที่ไม่เหมาะสม	เกิดการหมุนกลับในหว่างการอบ	เกิดจากความผิดพลาดในการติดตั้งของพนักงาน	พนักงานที่มีความสามารถในการติดตั้งจำนวนรอบ	5	3	4	60
	13.อายุการใช้งานแท่งแยกชิ้นไส้กรอก	การใช้งานนานเกินที่กำหนด	ไส้กรอกยาวหรือสั้นกว่ามาตรฐาน	โซ่แท่งกำหนดความยาวไส้กรอกชำรุดจากการใช้งาน	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	1	2	2	4

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
1.การบรรจุเนื้อบดผสม (Stuffing) (ต่อ)	14.แรงดันอากาศในการบรรจุเนื้อบดผสม	แรงดันอากาศไม่เพียงพอต่อการบรรจุเนื้อบดผสม	น้ำหนักไส้กรอกแต่ละชิ้นไม่คงที่	ท่อแรงดันอากาศรั่วหรือสึกกร่อน	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	4	3	2	24
2.การอบ (Cooking)	15.ปริมาณไส้กรอกในการอบต่อครั้ง	ไส้กรอกมากเกินในการอบต่อครั้ง	ไส้กรอกไม่สุก	พนักงานแขวนไส้กรอกเกินจำนวนที่กำหนด	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	3	2	1	6
	16.การล้างไส้บรรจุภายหลังการบรรจุเนื้อบดผสม	เศษเนื้อบดเปื้อนไส้บรรจุหลังการบรรจุ	ไส้กรอกแต่ละรถสีไม่เท่ากัน	พนักงานไม่มีการล้างไส้บรรจุก่อนการอบ	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	3	4	1	12
	17.ตำแหน่งการอบในตู้	ไส้กรอกไม่สุกบางตำแหน่งในตู้	ไส้กรอกน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ภายหลังเพิ่มเวลาการอบ	การไหลเวียนความร้อนภายในตู้อบไม่เหมาะสม	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	4	3	2	24
	18.โปรแกรมการอบ	เวลาในการ Drying มากเกินไป	ไส้บรรจุแตกในระหว่างการอบ	ไส้บรรจุแห้งจนเกินไป	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	4	2	1	8

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
2.การอบ (Cooking) (ต่อ)	19.เวลาในการอบ	เวลาในการอบไส้กรอกมากเกินไป	ไส้บรรจุแตกในระหว่างการอบ	ไส้บรรจุแตกเมื่ออุณหภูมิสูงมาก	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	4	3	1	12
	20.การระบายความร้อนภายในตู้อบ	เวลาในการระบายความร้อนมากหรือน้อยเกินไป	ไส้บรรจุแตกในระหว่างการระบายความร้อนภายในตู้	เวลาการระบายความร้อนไม่เหมาะสม	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	4	3	1	12
	21.การรมควัน	ใช้ชนิดไม้รมควันที่ไม่เหมาะสม	สีและกลิ่นไส้กรอกไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	พนักงานเกิดความสับสนชนิดไม้รมควันในการใช้งาน	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	2	1	2	4
	22.การไหลเวียนของควันภายในตู้	การไหลเวียนของควันไม่ทั่วทั้งตู้อบ	สีของไส้กรอกในตู้อบไม่สม่ำเสมอ	เครื่องเป่าควันไม่ทำงาน	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	3	3	2	18
	23.เวลาการรมควัน	เวลาการรมควันน้อย/เกินมาตรฐาน	สีไส้กรอกไม่เป็นไปตามกำหนด	เกิดจากความผิดปกติของโปรแกรมการอบ	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	2	2	1	4

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
2.การอบ (Cooking) (ต่อ)	24.ความชื้นของไม้ใช้รมควัน	ไม้ไม่สามารถเกิดควันได้	ไม่มีสีและกลิ่นบนไส้กรอก	ไม้รมควันเก็บในที่มีความชื้นสูง	การตรวจสอบด้วยสายตา	2	4	3	24
	25.อายุการใช้งานของไม้สำหรับรมควัน	อายุไม้นานเกินมาตรฐานที่กำหนด	ไส้กรอกมีสีและกลิ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	จากสั่งซื้อในปริมาณที่มากเกินไปเพื่อเก็บสินค้าคงคลัง	แผนการผลิตรายเดือน	1	1	1	1
3.การลดอุณหภูมิ (Cooling)	26.อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ	ใช้อุณหภูมิน้ำที่ไม่เหมาะสม	ไส้กรอกยากต่อการปอกไส้	อุณหภูมิน้ำไม่ได้มาตรฐานที่กำหนด	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์	4	2	1	8
4.การปอกไส้ (Peeling)	27.ปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการ พ่นไอน้ำไม่เพียงพอ	เกิดไส้กรอกผิวถลอกในระหว่างการปอกไส้	ผิวของไส้บรรจุแห้งและยากต่อการปอกไส้	ไม่มีการตรวจสอบและแก้ไข	5	5	4	100
	28.ปริมาณไอน้ำร้อนในการปอกไส้	ปริมาณไอน้ำร้อนไม่คงที่	เกิดไส้กรอกผิวถลอกในระหว่างการปอกไส้	ท่อไอน้ำร้อนรั่ว	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	4	3	1	12

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
4.การปอกไส้ (Peeling) (ต่อ)	29.แรงดันอากาศที่ใช้ในการปอกไส้	แรงดันอากาศไม่เพียงพอต่อการปอกไส้	ไส้กรอกติดในเครื่องปอกไส้และไส้กรอกหัก	มอเตอร์แรงดันไม่เพียงพอ	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	4	2	2	16
	30.ใบมีดใช้ปอกไส้	ใบมีดปอกไส้ไม่คม	การปอกไส้กรอกไม่สมบูรณ์	ใบมีดใช้งานเป็นเวลานานไม่มีการเปลี่ยน	พนักงานจะเปลี่ยนใบมีดเมื่อมีไส้กรอกหักเป็นจำนวนมาก	3	4	3	36
	31.การติดตั้งใบมีดปอก	การติดตั้งใบมีดไม่เหมาะสม	ไส้กรอกติดในเครื่องปอกไส้และไส้กรอกหัก	ใบมีดไม่สามารถตัดไส้บบรรจุได้	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	3	3	1	9
5.การบรรจุไส้กรอก (Packing)	32.อายุการใช้งานของสายพานเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	สายพานเครื่องจัดเรียงไส้กรอกแตกหัก	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการจัดเรียง	ไม่มีสายพานเส้นใหม่สำรองสำหรับเปลี่ยน	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	2	4	2	16
	33.ความเร็วของสายพานเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	ใช้ความเร็วสายพานเกินมาตรฐานที่กำหนด	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการจัดเรียง	พนักงานมีการปรับเปลี่ยนความเร็วระหว่างการผลิต	พนักงานที่มีประสบการณ์จะปรับเปลี่ยนความเร็วสายพาน	3	4	3	36

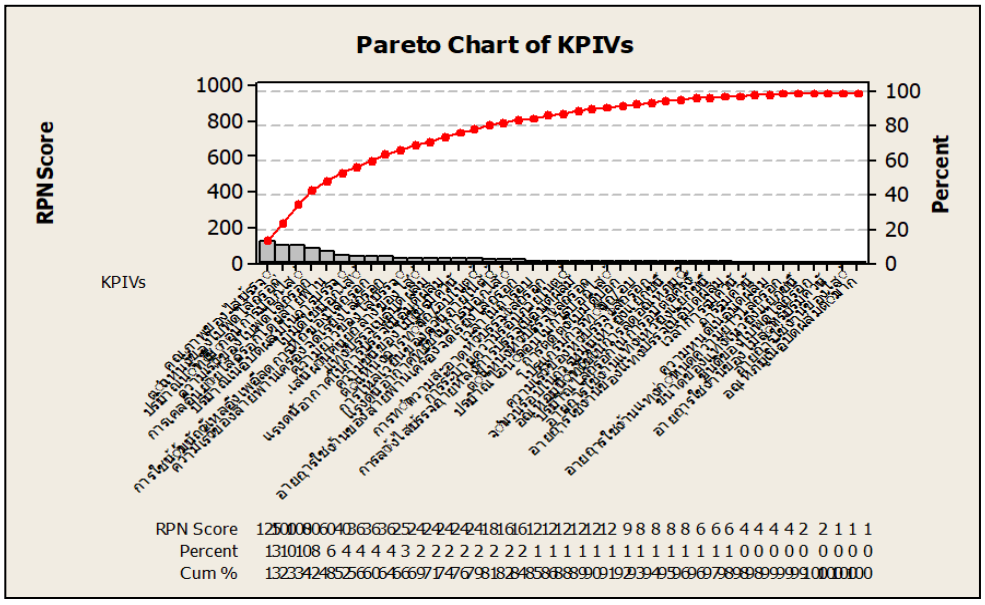
ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
5.การบรรจุไส้กรอก (Packing) (ต่อ)	34.การเคลื่อนย้ายไส้กรอกโดยสายพาน	การเคลื่อนย้ายไส้กรอกครั้งละจำนวนมาก	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการเคลื่อนย้าย	พนักงานไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน	พนักงานที่มีประสบการณ์ในการควบคุมการเคลื่อนย้ายไส้กรอก	4	4	4	64
	35.การใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพื่อลดการหักของไส้กรอก	ใช้น้ำมันในปริมาณที่น้อยเกินไป	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการเคลื่อนย้าย	พนักงานไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน	ควบคุมปริมาณการใช้น้ำมันโดยพนักงานที่มีประสบการณ์	3	4	3	36
	36.ความเร็วของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	ใบพัดใช้ความเร็วไม่เหมาะสม	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการจัดเรียง	ใบพัดไม่สามารถปรับระดับความเร็วได้	มาตรฐานการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องจักร	5	4	4	80
	37.ชนิดของใบพัดไส้กรอก	ใช้ใบพัดเหล็กในการจัดเรียงไส้กรอก	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการจัดเรียง	มีเพียงใบพัดชนิดเดียวใช้ได้กับเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	มาตรฐานของเครื่องจักร	2	1	1	2

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบและคะแนนความเสี่ยง (RPN) (ต่อ)

กระบวนการ	ตัวแปรสำคัญของปัจจัยนำเข้า	ความผิดพลาดของตัวแปรที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	ระบบการควบคุมความผิดพลาดในปัจจุบัน	ความรุนแรง (S)	โอกาสที่เกิดขึ้น (O)	การตรวจพบ (D)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
5.การบรรจุไส้กรอก (Packing) (ต่อ)	38.ตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	ติดตั้งใบพัดในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการจัดเรียง	พนักงานไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน	พนักงานที่มีประสบการณ์จะติดตั้งใบพัดก่อนการเปิดเครื่องจักร	5	5	4	100
	39.ตำแหน่งหัวบรรจุไส้กรอก	การติดตั้งหัวบรรจุไม่เหมาะสม	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการบรรจุ	มีการปรับแต่งเครื่องในระหว่างการทำงาน	มาตรฐานของเครื่องจักร	4	3	1	12
	40.ความเร็วของหัวบรรจุไส้กรอก	ใช้ความเร็วที่ไม่เหมาะสม	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการบรรจุ	มีการปรับแต่งเครื่องในระหว่างการทำงาน	มาตรฐานของเครื่องจักร	2	4	1	8
	41.การทำความสะอาดหัวบรรจุไส้กรอก	มีชิ้นส่วนไส้กรอกอุตตันบริเวณหัวบรรจุ	ไส้กรอกฉีกขาดในระหว่างการบรรจุ	การทำความสะอาดเครื่องจักรที่ไม่ทั่วถึง	มาตรฐานการทำความสะอาดเครื่องบรรจุไส้กรอก	3	4	1	12

จากนั้นนำคะแนน RPN ของแต่ละ KPIV ที่แสดงดังตารางที่ 9 จัดเรียงคะแนนด้วยแผนภาพพาเรโตเพื่อคัดเลือก KPIV ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องและมีสัดส่วนร้อยละ 80 ของ KPIV ทั้งหมด ผลจากการจัดเรียงคะแนนด้วยแผนภาพพาเรโตแสดงดังภาพที่ 17 พบว่า มี KPIV เพียง 18 ปัจจัยเท่านั้น ที่อยู่ในสัดส่วนร้อยละ 80 และจากการระดมสมองกับทีมผู้บริหารของสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้คัดเลือกปัจจัยจากปัจจัยหลักทั้งหมด 18 ปัจจัย โดยให้คัดเลือกปัจจัยที่มีคะแนน RPN มากกว่าหรือเท่ากับ 100 มาดำเนินการแก้ไขเนื่องจากปัจจัยเหล่านั้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตและไม่มีข้อจำกัดหรือข้อขัดข้องกับระบบมาตรฐานการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษา ซึ่งสามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที



ภาพที่ 19 แผนภาพพาเรโตลำดับคะแนนความเสี่ยงของปัจจัยนำเข้า KPIV

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่ามีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยดังแสดงตารางที่ 10 ที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงมากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนนได้แก่ ปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก ปัจจัยปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ และปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก

ตารางที่ 10 สรุปปัจจัยนำเข้า KPIV ที่คัดเลือก

ลำดับที่	ตัวแปรหลักที่สำคัญของแต่ละปัจจัยนำเข้า (KPIV)	คะแนนความเสี่ยง (RPN)
1	คุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก	125
2	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้	100
3	ตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	100

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากข้อมูลในส่วนขั้นตอนมีเพียง 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก ปัจจัยปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ และปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่คัดเลือกเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยนำทั้ง 3 ปัจจัยมาทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละปัจจัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติของแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก

ในการดำเนินการทดลองโดยใช้ไส้บรรจุไส้กรอกชนิดแตกต่างกัน 2 ชนิดได้แก่ ไส้บรรจุ ไส้กรอกที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน (Type A) และ ไส้บรรจุไส้กรอกชนิดใหม่ (Type B) ทำการบรรจุเนื้อบดผสมและไส้กรอกเข้าสู่ขั้นตอนการอบ จากนั้นเก็บข้อมูลไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานจำนวนชนิดละ 5 ชุดการผลิต (ชุดการผลิตละ 650 กิโลกรัม) โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี T-Test ในการวิเคราะห์ผล ซึ่งผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

สมมติฐานของการทดลอง คือ

H_0: $\mu_{Type\ A} = \mu_{Type\ B}$

H_1: $\mu_{Type\ A} \neq \mu_{Type\ B}$

ภาพที่ 20 ลักษณะทางกายภาพของไส้บรรจุไส้กรอกชนิด (Type A) และ (Type B)

ตารางที่ 11 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างไส้บรรจุ (Type A) และไส้บรรจุชนิด (Type B) ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน

ชุดการผลิต	ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน (กิโลกรัม)	
	ไส้บรรจุชนิด A	ไส้บรรจุชนิด B
1	9.07	0.66
2	10.08	0.54
3	9.11	0.34
4	8.67	0.41
5	8.96	0.49
ค่าเฉลี่ย	**9.18**	**0.49**

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ ก1 ในภาคผนวก ก พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) จึงสรุปได้ว่าชนิดไส้บรรจุไส้กรอกที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานหลังการอบอย่างมีนัยสำคัญ และจากภาพที่ 20 แสดงลักษณะทางกายภาพของไส้บรรจุไส้กรอกทั้ง 2 ชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกันคือ Type A มีสีเหลืองทองและ สีของไส้บรรจุ Type B มีสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากไส้บรรจุทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีของไส้ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานหลังการอบ

3.2 ปัจจัยปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้

ในการดำเนินการทดลองโดยเตรียมไส้กรอก 2 ชุด จำนวนชุดละ 7 ไม้ไส้กรอก จากนั้นทดลองระหว่างการพ่นไอน้ำและไม่พ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้เพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี Chi-square test ในการวิเคราะห์ผลซึ่งผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

สมมติฐานของการทดลอง คือ

H_0: $\mu_{Showering} = \mu_{Not\ showering}$

H_1: $\mu_{Showering} \neq \mu_{Not\ showering}$

ตารางที่ 12 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการพ่นไอน้ำและไม่พ่นไอน้ำไส้กรอกต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก

ชุดการทดลอง	จำนวนตัวอย่าง (ไม้ไส้กรอก)	ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก (ชิ้น)
พ่นไอน้ำ (Showering)	7	7
ไม่พ่นไอน้ำ (Not showering)	7	18

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 12 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังตารางที่ ก2 ในภาคผนวก ก พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.026 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) และสามารถสรุปได้ว่าการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้มีผลต่อปริมาณไส้กรอกผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก

ดำเนินการทดลองโดยเตรียมไส้กรอก 2 ชุด และติดตั้งใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับแตกต่างกันคือระดับ 2 และ 4 จากนั้นลำเลียงไส้กรอกเข้าสู่เครื่องจัดเรียงไส้กรอกเพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดรอยหั่น โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี Chi-square test ในการวิเคราะห์ผล ซึ่งผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

สมมติฐานของการทดลอง คือ

H_0: $\mu_{Level2} = \mu_{Level4}$

H_1: $\mu_{Level2} \neq \mu_{Level4}$

ตารางที่ 13 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งใบพัดที่ระดับ 2 และระดับ 4 ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดหัวท้ายรอยหั่น

ชุดการทดลอง	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก (ชิ้น)
ใบพัดระดับ 2 (Level 2)	1,782	7
ใบพัดระดับ 4 (Level 4)	1,769	1

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 13 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงตารางที่ ก3 ในภาคผนวก ก ดังพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.035 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) จึงสามารถสรุปได้ว่าตำแหน่งใบพัดที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวรอยหั่น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

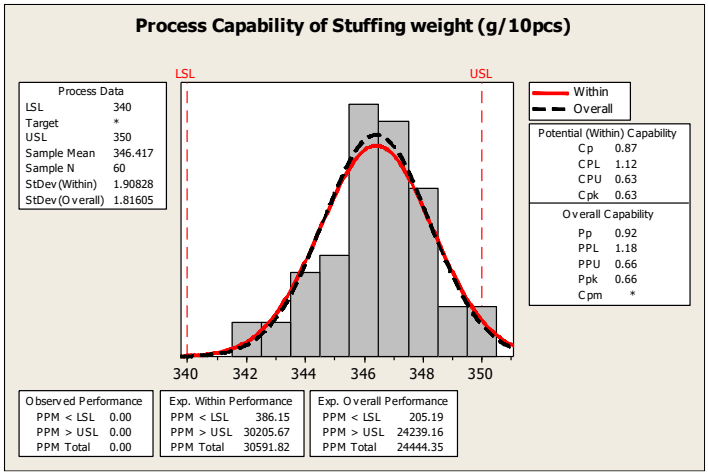
ดังนั้นสรุปได้ว่าปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก ปัจจัยการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้และปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก มีผลต่อร้อยละผลผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่สถานประกอบการกรณีศึกษากำหนด

4. ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

ขั้นตอนนี้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยนำปัจจัยที่วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติจากขั้นตอนการวิเคราะห์ เข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก ปัจจัยการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้และ ปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

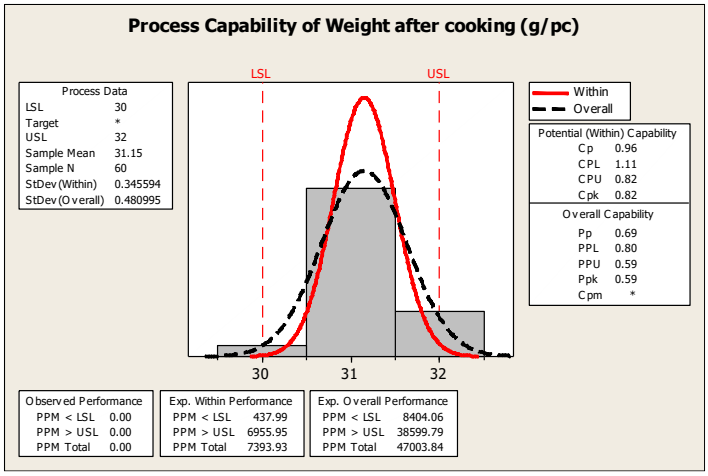
(1) การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ทำการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการโดยควบคุมน้ำหนักของไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมให้น้ำหนักบรรจุอยู่ในมาตรฐานตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษากำหนดจากนั้นตรวจสอบน้ำหนักไส้กรอกภายหลังการอบเพื่อยืนยันผลของการปรับปรุง



ภาพที่ 21 ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนบรรจุเนื้อบดผสมหลังการปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 21 จะเห็นได้ว่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 0.63 ซึ่งมีค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับค่าก่อนปรับปรุง และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไส้กรอกเท่ากับ 346.417 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 340-350 กรัมตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษาได้กำหนด



ภาพที่ 22 ความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนอบหลังการปรับปรุง

จากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 22 จะเห็นได้ว่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในขั้นตอนการอบ หลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งมีค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับค่าก่อนปรับปรุง และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไส้กรอกหลังการอบเท่ากับ 31.15 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30-32 กรัม ตามที่สถานประกอบการกรณีศึกษาได้กำหนด

4.1 การปรับปรุงคุณภาพไส้สำหรับบรรจุเนื้อบดผสม

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบไส้บรรจุไส้กรอกชนิดต่างกันแสดงดังภาพที่ ก1 ในภาคผนวกพบว่าไส้บรรจุ (Type B) ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานน้อยว่าไส้บรรจุ (Type A) เพื่อยืนยันผลการทดลองก่อนการปรับเปลี่ยนและสั่งซื้อไส้บรรจุชนิดใหม่ (Type B) เพื่อใช้ในสายการผลิตจึงต้องทำการทดลองและเก็บข้อมูลปริมาณน้ำหนักไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 วันและวิเคราะห์ผลโดยผลการดำเนินงานมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 14 ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างไส้บรรจุ (Type A) และไส้บรรจุชนิด (Type B) ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน

ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐาน (กิโลกรัม/ชุดการผลิต)					
ไส้บรรจุชนิด A			**ไส้บรรจุชนิด B**		
4.80	8.40	9.20	1.90	1.50	1.70
8.50	7.70	8.60	0.60	0.70	0.70
14.70	15.60	12.40	0.30	1.10	0.90
10.30	14.60	8.80	0.70	0.60	1.00
6.10	9.80	6.90	1.80	0.70	0.70
16.80	8.30	8.20	0.80	0.80	0.80
12.70	5.40	9.10	0.90	0.60	1.50
11.10	10.90	10.10	0.20	0.40	1.60
12.80	9.50	13.80	0.80	1.60	1.30
10.50	8.70	10.30	1.10	0.80	0.90
ค่าเฉลี่ย 10.15 กิโลกรัม/ชุดการผลิต			**ค่าเฉลี่ย** 0.97 กิโลกรัม/ชุดการผลิต		

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 14 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ ก4 ในภาคผนวก ก พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าไส้บรรจุไส้กรอก (Type B) สามารถลดปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานได้ดีกว่าไส้บรรจุไส้กรอก (Type A) อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ ก4 ในภาคผนวก ก ทางสถานประกอบการกรณีศึกษาได้เห็นถึงความจำเป็นและความสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุเนื่องจากไส้บรรจุชนิดใหม่ Type B สามารถลดปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจคุ้มค่าต่อการลงทุน จึงมีข้อสรุปอนุมัติให้มีการสั่งซื้อไส้บรรจุชนิดใหม่ (Type B) เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต ไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ และจากการศึกษาคุณสมบัติของไส้บรรจุระหว่างชนิดที่ได้ใช้อยู่ในปัจจุบัน Type A เปรียบเทียบกับไส้บรรจุชนิดใหม่ (Type B) พบว่าไส้บรรจุทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันในด้านคุณสมบัติทางเคมีคือ ไส้บรรจุชนิดใหม่ (Type B) มีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีในขั้นตอนการอบทำให้ช่วยลดการแตกของไส้บรรจุหรือช่วยลดปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินมาตรฐานหลังการอบได้ดีกว่าไส้บรรจุ (Type A)

4.2 การปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้

จากผลการดำเนินงานในขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ ก2 ในภาคผนวก ก พบว่าการพ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้สามารถลดปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวถลอกลงได้อย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นนำเข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงโดยการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของ 2 ปัจจัยได้แก่ เวลาและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำ และแสดงผลการวิเคราะห์ของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวถลอก โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 4 X 3 กำหนดให้

- เวลาการพ่นไอน้ำ มี 4 ระดับ คือ 20 40 60 และ 80 วินาที
- จำนวนไม้ไส้กรอก มี 3 ระดับ คือ 3 6 และ 9 ไม้ไส้กรอก

สมมติฐานของการทดสอบสำหรับแผนการทดลองแบบ 4 X 3 แฟคทอเรียลมี 3 สมมติฐานได้แก่

สมมติฐานอิทธิพลของปัจจัยเวลาการพ่นไอน้ำ (τ_i)

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$

$H_1:$ อย่างน้อยหนึ่งค่า $\tau_i \neq 0$

สมมติฐานอิทธิพลของปัจจัยจำนวนไม้ไส้กรอก (β_j)

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

$H_1:$ อย่างน้อยหนึ่งค่า $\beta_j \neq 0$

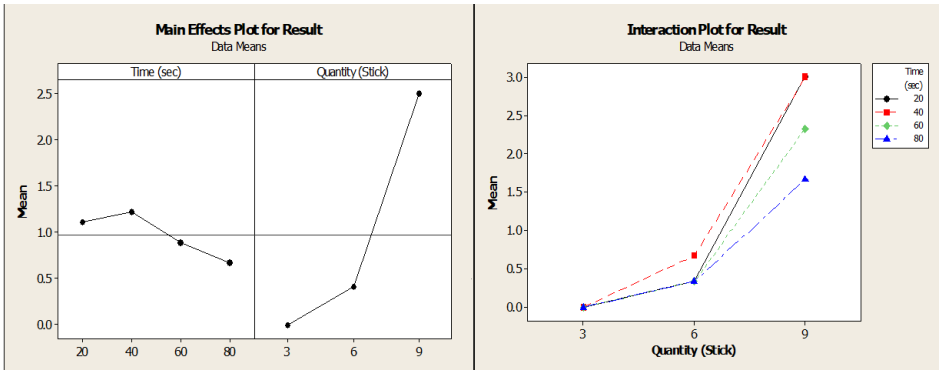
สมมติฐานอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอก (β_{ij})

$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุกค่า i, j

จากการออกแบบการทดลองแบบแฟกเทอเรียล 4 X 3 ของ 2 ปัจจัยได้แก่เวลาและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำจะมีชุดการทดลองทั้งหมด 12 ชุดการทดลองและทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นเก็บข้อมูลปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกของแต่ละชุดการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 15 ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างปัจจัยเวลาการพ่นไอน้ำและปัจจัยจำนวนไม้ไส้กรอกต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก

เวลาการพ่นไอน้ำ (วินาที)	**ปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก (กิโลกรัม/ชุดการทดลอง)**								
	3 ไม้ไส้กรอก			**6 ไม้ไส้กรอก**			**9 ไม้ไส้กรอก**		
20	0.0	0.0	0.3	0.3	0.4	0.3	3.0	2.9	3.1
40	0.3	0.0	0.0	0.6	0.6	0.5	3.0	3.2	2.8
60	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.2	2.5	2.1	2.6
80	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.4	1.6	1.4	1.6
ค่าเฉลี่ย		0.1			0.6			2.5	



ภาพที่ 23 กราฟแสดงผลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมระหว่างเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกก่อนการปอกไส้

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 15 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ ก5 ในภาคผนวก ก พบว่าอิทธิพลปัจจัยหลักของเวลาการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้มีค่า P-Value เท่ากับ 0.294 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) จึงสรุปได้ว่าระยะเวลาการพ่นไอน้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญและ พบว่าอิทธิปัจจัยหลักของจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน (H_0) จึงสรุปได้ว่าจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 15 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ ก5 ในภาคผนวก ก และภาพที่ 23 พบว่าอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำมีค่า P-Value เท่ากับ 0.504 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นสรุปได้ว่าปัจจัยการพ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้อิทธิพลหลักของจำนวนไม้ไส้กรอกมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญและจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ 23 ได้ระดมสมองและคัดเลือกปัจจัยที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตโดยปัจจัยที่คัดเลือกคือ เวลา 40 วินาทีจำนวน 6 ไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ และมีหลักเกณฑ์ที่พิจารณาควบคู่กัน 3 ประการคือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำ

ประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานปอกไส้และ ปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอกในขั้นตอนการปอกไส้

4.3 การติดตั้งใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก

จากผลการดำเนินงานในขั้นตอนการวิเคราะห์ พบว่าระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญ จากขั้นตอนการวิเคราะห์จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงโดยการทดลองเพื่อหาตำแหน่งใบพัดที่เหมาะสม โดยทดลองเปรียบเทียบตำแหน่งใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับ 2 และ 3 และแสดงผลการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

สมมติฐานการทดลอง คือ

H_0: $\mu_{Level2} = \mu_{Level3}$

H_1: $\mu_{Level2} \neq \mu_{Level3}$

ตารางที่ 16 ข้อมูลการวิเคราะห์ระหว่างตำแหน่งใบพัดที่ระดับ 2 และระดับ 3 ต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดหัวท้ายรอยหั่น

ชุดการทดลอง	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	ไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวถลอก (ชิ้น)
ใบพัดระดับ 2 (Level 2)	1,891	8
ใบพัดระดับ 3 (Level 3)	1,775	1

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 16 และจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติแสดงดังภาพที่ ก6 ในภาคผนวก ก พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.025 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) จึงสามารถสรุปได้ว่าตำแหน่งใบพัดที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวรอยหั่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ดังนั้นสรุปได้ว่าระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวรอยหั่นและส่งผลต่อร้อยละผลผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่สถานประกอบการกรณีศึกษากำหนด ซึ่งจากผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ ก6 ในภาคผนวก ก ที่ระดับใบพัดที่ 3 เป็นระดับที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตเนื่องจากการปรับระดับใบพัดที่สูงเกินกว่าที่ระดับ 3 จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรลดลงและหากปรับระดับใบพัดต่ำกว่าระดับ 3 ก็จะส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวรอยหั่นที่เพิ่มมากขึ้น

5. การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนนี้ได้ระบุแนวทางที่เหมาะสมสำหรับใช้ควบคุมปัจจัยที่ดำเนินการแก้ไขจากขั้นตอนการปรับปรุง จากนั้นนำทุกปัจจัยที่ได้ปรับปรุงเข้าสู่ขั้นตอนการควบคุม โดยได้เก็บข้อมูลปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิดในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2564 (ระยะเวลารวม5 เดือน) ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

5.1 แนวทางการควบคุมปัจจัย

แนวทางการควบคุมปัจจัยที่ปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 17ประกอบด้วย 3 ปัจจัยดังนี้

ตารางที่ 17 แนวทางการควบคุมปัจจัยที่ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ปัจจัยที่ได้ดำเนินการปรับปรุง	แนวทางการควบคุม
1. เปลี่ยนชนิดไส้บรรจุไส้กรอกจาก (Type A) เปลี่ยนเป็น (Type B) เนื่องจากไส้บรรจุชนิด (Type A) คุณสมบัติของไส้บรรจุไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตไส้กรอกของทางสถานประกอบการกรณีศึกษา	ไส้บรรจุไส้กรอก (Type B) จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพก่อนการส่งมอบสินค้าทุกครั้งโดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากฝ่ายควบคุมคุณภาพและไส้บรรจุไส้กรอกไม่ควรเก็บนานเกิน 2 ปี
2. ควบคุมการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้โดยควบคุมปัจจัยเวลาการพ่นไอน้ำและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำ	จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเฉพาะจุดงานควบคุมเวลาการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ 40 วินาทีครั้งละ 6 ไม้ไส้กรอก
3. กำหนดระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก	ติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับ 3 เพื่อความสะดวกของพนักงานก่อนการเปิดเครื่องจักรใช้งาน

5.2 แนวทางการควบคุมความสามารถของกระบวนการ

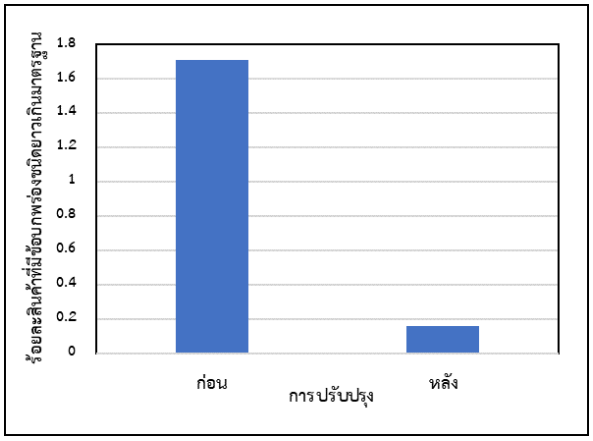
จากผลการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการแสดงดังภาพที่ 21 และภาพที่ 22 พบว่ากระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ของสถานประกอบการกรณีศึกษาจำเป็นต้องกำหนดแนวทางการควบคุมน้ำหนักไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสมให้อยู่ในช่วง 340-350 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักไส้กรอกภายหลังการอบในช่วง 300-320 กรัมต่อแพ็ค หรือ 30-32 กรัม/ชิ้น โดยการควบคุมความสามารถของกระบวนการมีปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยได้แก่ เครื่องจักร พนักงาน วิธีการและวัตถุดิบ ซึ่งแนวทางการควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 18 แนวทางการควบคุมความสามารถของกระบวนการ

ปัจจัยควบคุม	แนวทางการควบคุม
1. เครื่องจักร	ควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตได้ตามปกติพร้อมทั้งทำการบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ โดยมีการทวนสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจากทั้งองค์กรภายในและภายนอกอยู่สม่ำเสมอ ซึ่งรอบการบำรุงรักษาและการทวนสอบให้เป็นไปตามแผนตามที่สถานประกอบการได้กำหนดไว้
2. พนักงาน	การควบคุมพนักงานในกระบวนการผลิตโดยการจัดการอบรมประจำปี และการอบรมระยะสั้นในตอนเช้าของทุกวันก่อนเริ่มทำงาน เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติงานขั้นพื้นฐาน
3. วิธีการ	ควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัดและการตรวจสอบคุณภาพของการผลิตในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตอบสนองความต้องการลูกค้า
4. วัตถุดิบ	เนื่องจากความหลากหลายของวัตถุดิบในแต่ละฤดูกาล ทางสถานประกอบการ ควรควบคุมวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตให้มีความคล้ายคลึงกันเพื่อลดปัญหาความแปรปรวนในกระบวนการผลิตไส้กรอก

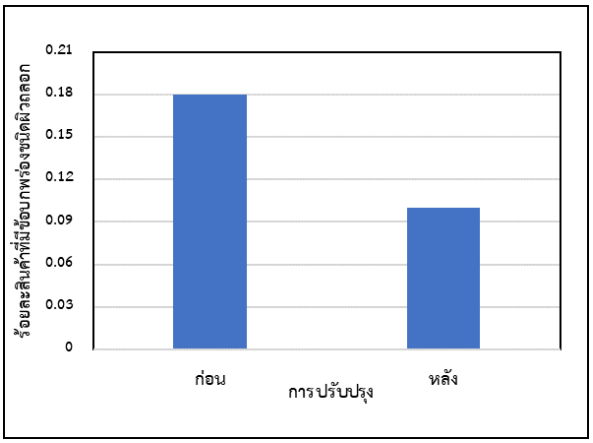
5.3 สรุปผลการดำเนินงานของแต่ละปัจจัยจากแนวทางการควบคุม

จากผลการควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอก การปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ และการติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก ส่งผลต่อปริมาณร้อยละไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องแต่ละชนิด โดยมีรายละเอียดสรุปผลการดำเนินงานดังนี้



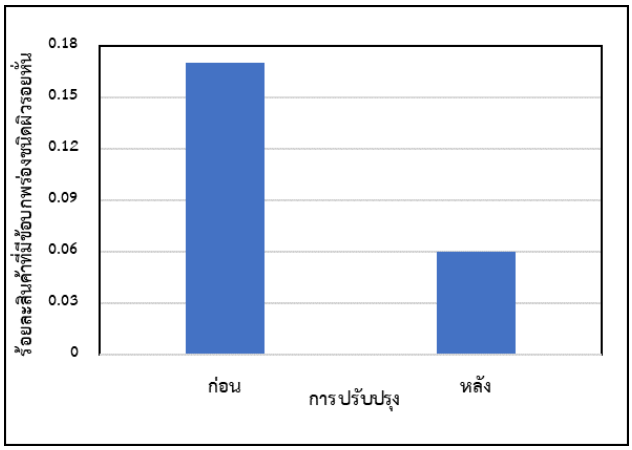
ภาพที่ 24 ผลการดำเนินงานการปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอก

ผลการดำเนินการปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอกจาก (Type A) เปลี่ยนเป็น (Type B) แสดงดังภาพที่ 24 พบว่าปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกความยาวเกินมาตรฐานมีปริมาณลดลงจากเดิมร้อยละ 1.71 เป็น 0.16 คิดเป็นการลดลงของไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกความยาวเกินมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 1.55 คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 2,997,933.1 บาทต่อปี



ภาพที่ 25 ผลการดำเนินงานการปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้

ผลการดำเนินงานปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้บรรจุแสดงดังภาพที่ 25 พบว่าปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวถลอกมีปริมาณลดลงจากเดิมร้อยละ 0.18 เป็น 0.10 คิดเป็นการลดลงของไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวถลอกเท่ากับร้อยละ 0.08 คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 154,732 บาทต่อปี

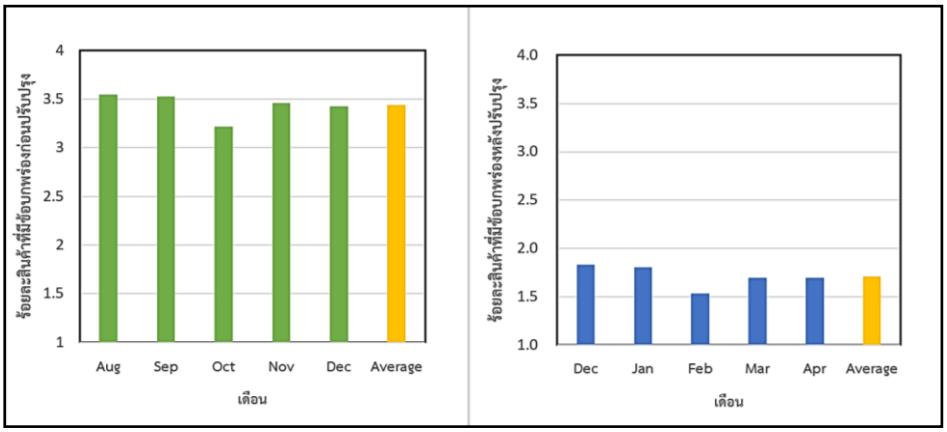


ภาพที่ 26 ผลการดำเนินงานการติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก

ผลการดำเนินงานติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกแสดงดังภาพที่ 26 พบว่าปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดไส้กรอกผิวรอยหั่นมีปริมาณลดลงจากเดิมร้อยละ 0.17 เป็น 0.06 คิดเป็นการลดลงของไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดผิวรอยหั่นเท่ากับร้อยละ 0.11 คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 212,756.5 บาทต่อปี

5.4 สรุปผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

จากผลการควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอก การปรับปรุงการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้ และการติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก ส่งผลต่อปริมาณร้อยละไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตโดยมีรายละเอียดสรุปผลการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 27 ร้อยละค่าเฉลี่ยไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องก่อนและหลังปรับปรุง

ผลการดำเนินงานแก้ไขปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการร้อยละค่าเฉลี่ยไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องเท่ากับ 3.44 และภายหลังการปรับปรุงกระบวนการร้อยละค่าเฉลี่ยไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องลดลงเป็น 1.74 หรือสามารถลดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องลงได้ร้อยละ 50.6 คิดเป็นมูลค่า 3,365,421.7 บาทต่อปี แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การประเมินมูลค่าไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต

พารามิเตอร์	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	มูลค่าสินค้าที่มีข้อบกพร่อง
1.สินค้าไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง (เปอร์เซนต์)	3.44	1.70	1.74
2.ปริมาณสินค้าไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง (กิโลกรัม/วัน)	444.3	219.6	224.7
3.ปริมาณสินค้าไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง (กิโลกรัม/ปี)	138,614.1	68,501.2	70,113.0
4.มูลค่าสินค้าไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีข้อบกพร่อง (บาท/ปี)	6,653,477.4	3,288,055.7	3,365,421.7

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากประเด็นปัญหาของสถานประกอบการกรณีศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ผลิตมีจำนวนไส้กรอกที่ไม่ผ่านเกณฑ์สูงกว่าเป้าหมายที่สถานประกอบการกำหนดไว้คือน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 3.0 นำไปสู่การประยุกต์ใช้เทคนิคซิก ซิกซ์ม่าเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ

ผลจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าประเภทของจำนวนไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องประกอบด้วย 4 กลุ่มหลักได้แก่ ไส้กรอกความยาวเกินมาตรฐาน ไส้กรอกผิวถลอก ไส้กรอกหัวท้ายฉีกขาด และ ไส้กรอกประเภทอื่นๆโดยไส้กรอกทั้ง 4 ประเภท เกิดขึ้นในขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันและนำมาซึ่งสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่แตกต่างกัน

จากขั้นตอนย่อย 17 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตไส้กรอกพบว่ามีเพียง 5 ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องโดยได้จัดทำแผนภาพการไหลของกระบวนการเพื่อระบุปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของแต่ละขั้นตอนจากนั้นวิเคราะห์ ตัวแปรหลักที่สำคัญของแต่ละปัจจัยนำเข้า (KPIV) พบว่ามีปัจจัยทั้งหมด 41 ปัจจัย เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง KPIV ของแต่ละขั้นตอนกับสาเหตุการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องด้วยเทคนิควิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบและจัดลำดับคะแนนความสำคัญของค่าความเสี่ยงของแต่ละ KPIV ด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่ามี KPIV ที่สัมพันธ์กันเพียง 18 ปัจจัย ที่สัมพันธ์กับการเกิดไส้กรอกที่มีข้อบกพร่อง และจากการพิจารณาร่วมกับทีมผู้บริหารทางสถานประกอบการกรณีศึกษาถึงความพร้อมในการดำเนินงานความเป็นไปได้ทางเทคนิคแผนการผลิตและผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและผลกระทบในด้านต่างๆ ทำให้ตัดสินใจเลือกปัจจัย KPIV ที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงมากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนนเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงเป็นอันดับแรก ซึ่งจากผลการคัดเลือกพบว่ามีเพียง 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยคุณภาพของไส้บรรจุไส้กรอก ปัจจัยปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้และ ปัจจัยตำแหน่งของใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอก จากนั้นทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติของทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าว มีผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าเชื่อถือ 0.05

จากนั้นได้ดำเนินการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตของทั้ง 3 ปัจจัย โดย ได้เปลี่ยนชนิดของไส้บรรจุไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม ปรับปรุงการพ่นไอน้ำไส้กรอกในขั้นตอนการปอกไส้ โดยหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างเวลากับจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำและทำติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุไส้กรอกเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้สามารถทำงานได้ปกติ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงได้กำหนดแนวทางการปฏิบัติงานสำหรับใช้ในการควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษาดังนี้

(1) ควบคุมเครื่องจักรในกระบวนผลิตให้สามารถผลิตได้ตามปกติและพร้อมทั้งทำการบำรุงรักษา โดยรอบการบำรุงรักษาและการทวนสอบให้เป็นไปตามแผนตามที่สถานประกอบการได้กำหนดไว้

(2) จัดอบรมพนักงานในกระบวนการผลิตโดยอบรมปีละครั้งและจัดอบรมระยะสั้นในตอนเช้าของทุกวันก่อนเริ่มทำงานเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติงานแก่พนักงาน

(3) ควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัดและการตรวจสอบคุณภาพของการผลิตในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตอบสนองความต้องการลูกค้า

(4) เนื่องด้วยความหลากหลายของวัตถุดิบในแต่ละแหล่งที่มาของวัตถุดิบ ทางสถานประกอบการจึงควรควบคุมวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตให้มีความคล้ายคลึงกันเพื่อลดปัญหาความแปรปรวนในกระบวนการผลิต

(5) ตรวจสอบคุณภาพไส้บรรจุชนิดใหม่ก่อนการส่งมอบสินค้าทุกครั้งโดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากฝ่ายควบคุมคุมภาพและควบคุมสินค้าคงคลังและอายุไส้บรรจุไม่ควรเก็บนานเกิน 2 ปี

(6) จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน โดยควบคุมเวลาการพ่นไอน้ำ 40 วินาทีและจำนวนไส้กรอก 6 ไม้ต่อครั้งการพ่นไอน้ำ

(7) ติดตั้งระดับใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับ 3 เพื่อความสะดวกของพนักงานก่อนการเปิดเครื่องจักรใช้งาน

ผลการดำเนินงานการแก้ไขปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าค่าเฉลี่ยไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องลดลงจากเดิมร้อยละ 3.44 เป็น 1.70 คิดเป็นการลดลงของไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตร้อยละ 1.74 หรือสามารถลดจำนวนไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องลงได้ร้อยละ 50.6 และคิดเป็นมูลค่า 3,365,421.7 บาทต่อปี

ข้อเสนอแนะ

(1) จากการปรับเปลี่ยนไส้บรรจุไส้กรอกในขั้นตอนการบรรจุเนื้อบดผสม พบว่าไส้บรรจุชนิดใหม่มีราคาต่อชิ้นที่สูงกว่าไส้บรรจุชนิดเดิม เพื่อทำการควบคุมราคาไส้บรรจุให้คงเดิม ทางสถานประกอบการกรณีศึกษาควรสั่งซื้อไส้บรรจุในปริมาณ 60,000 ชิ้นต่อครั้งการสั่งซื้อ

(2) สถานประกอบการกรณีศึกษา ควรใช้สูตรไส้กรอกเดียวกันในทุกวันของการผลิต คือ สูตรไส้กรอก F2A เนื่องจากการเปลี่ยนสูตรไส้กรอกจะส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งทางสถานประกอบกรณีศึกษาควรวางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบให้เพียงพอเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการผลิตในแต่ละเดือน

(3) กระบวนการผลิตไส้กรอกเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องจำเป็นที่ต้องมีการควบคุมและแก้ไขปัญหาหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยทันทีเนื่องจากปัจจัยขาออกของขั้นตอนหนึ่งจะเป็นปัจจัยนำเข้าของขั้นตอนถัดไป หากไม่ได้แก้ไขได้ทันท่วงทีจะเกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการถัดไปและส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องด้วย

(4) จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยอื่นๆ เช่น ปัจจัยความเร็วเครื่องจัดเรียงไส้กรอก การเคลื่อนย้านไส้กรอกบนสายพานและจำนวนรอบการเหวี่ยงแยกชิ้นไส้กรอก ที่อยู่ในกลุ่มปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องและยังไม่ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ดังนั้นทางสถานประกอบการกรณีศึกษาควรหาแนวทางที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงแก้ไขปัจจัยดังกล่าวในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ พลอยพานิช. 2551.การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.พิมพ์ครั้งที่ 3. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2551

กิตติศักดิ์ พลอยพานิช. 2551.การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ: FMEA. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ เบณจรัฐพงศ์. การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในกระบวนการผลิตไพวอต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2558.

จิรัชฐวี เวชวิทย์วรากุล. การลดเวลานำและการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตลูกชิ้นโดยใช้เทคนิคลีน ซิกซ์ ซิกซ์ม่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2559.

ติรัสกร เขมาสิทธิ์ และรณินทร์ กิจกล้า. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตไส้กรอกโดยการประยุกต์ใช้แนวคิด DMAIC กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารวิชาการวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2559.

นิธิยา รัตนาปานนท์. 2553. เคมีอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 4. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion Black belt. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์. กรุงเทพฯ.

สมอุษา วรรณฤมล. การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกซ์ม่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม บัญฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2547.

อนุวัตร หอมรสสุคนธ์ และเสมอจิตร หอมรสคนธ์. 2547. การปรับปรุงคุณภาพกับ Six Sigma Solution. ว.เพื่อคุณภาพ 85: 107-113.

อภิรดี ไชยชมภู. การลดน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกซ์ม่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัญฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม บัญฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2558.

Automotive Industry Action Group (AIAG). 2001. Protentail Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) อ้างอิงในกิติศักดิ์ พลอยพาณิช. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ. 2551

Breyfogle, F.W. 1999. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistic Methods. John Wiley & Sons. Canada, p. 1-406.

Das, P., Roy, S. and Antony, J. 2007. An Application of Six Sigma Methodology to reduce lot-to-lot Shade Variation of Linen Fabrics. J. Industrial Textiles. 36: 227-251.

Dougle C. Montgomery. (2005). Design and Analysis of Experiments. 6th Edition. The United Stated of America: John Wiley & Sons. INC.

Does, R. Comparing Nonmanufacturing with Traditional Application of Six Sigma Journal of Quality Engineering 15 (2002): 177-182.

Henny H., Andrana I, Latifah A.H. and Haryanto, H. 2019.The application lean six sigma method approach to minimize waste. In Conference of the 2nd International Conference on Informatics Engineering, Science and Technology. J. Depatiukur (Ed) University computer Indonesia. 19 December 2019. P.1-3.

Hyun Cho, J. Hoon Lee, J., Geun Ahn, D. and Soon Jang, J. (2011). Selection of Six Sigma key ingredients (KIs) in Korean companies. The TQM Journal, Vol 23, 611-628.

Idrissi I., Mesfioui A. and Benazzouz B. 2016. Food Processing Optimization using Lean Six Sigma Method – Case Study of a Mackerel Filets Production Company in Morocco. Vol.143. (Ed). Morrocco.

Pande, P.S. Neuman, R.P. and Cavanagh, R.R. 2000. The Six Sigma Way. How GE Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance. Mc Graw-Hill. New York. 235-324.

Park, S. H. 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Asian Productivity Organization. Tokyo.

S. H. Park. 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. 32th (Ed) Japan: The Asian Productivity Organization.

Satya, S. C. 2009. Six sigma programs: An implementation model. Int. J. Production Economics.119: 1-16.

Thomas, A. 2009. Applying lean six sigma in a small engineering company - a model for change. J. Manufacturing Technology Management. 20: 113-129.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์วิธีการทำงานของกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่รมควันแฟรงค์เฟอร์เตอร์ของสถานประกอบการกรณีศึกษา

Two-Sample T-Test and CI: Casing, Defect

Two-sample T for Defect

Casing	N	Mean	StDev	SE Mean	
Type A	5	9.18	2.00	0.90	(Existing casing)
Type B	5	0.450	0.304	0.14	(New casing)

Difference = mu (Type A) - mu (Type B)

Estimate for difference: 8.730

95% CI for difference: (6.214, 11.246)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 9.64 P-Value = 0.001 DF = 4

ภาพที่ ก1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไส้กรอกที่มีข้อบกพร่องชนิดความยาวเกินเกณฑ์หลังการอบ

Chi-Square Test: 1st grade, Defect

1st grade	Defect	Total		
1	1063	7	1070	(Showering)
	1057.48	12.52		
	0.029	2.432		
2	1049	18	1067	(No showering)
	1054.52	12.48		
	0.029	2.439		
Total	2112	25	2137	

Chi-Sq = 4.929, DF = 1, P-Value = 0.026

ภาพที่ ก2 ผลการวิเคราะห์การพ่นไอน้ำไส้กรอกก่อนการปอกไส้

Chi-Square Test: 1st grade, Defect

	1st grade	Defect	Total	
1	1782	7	1789	(Level 2)
	1784.98	4.02		
	0.005	2.206		
2	1769	1	1770	(Level 4)
	1766.02	3.98		
	0.005	2.230		
Total	3551	8	3559	

Chi-Sq = 4.446, DF = 1, P-Value = 0.035

ภาพที่ ก3 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับต่างกัน

Two-Sample T-Test and CI: Defect, Type

Two-sample T for Defect

Type	N	Mean	StDev	SE Mean
A	30	10.15	2.96	0.54
B	30	0.967	0.451	0.082

Difference = mu (A) - mu (B)

Estimate for difference: 9.187

95% CI for difference: (8.070, 10.303)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 16.81 P-Value = 0.000 DF = 30

ภาพที่ ก4 ผลการวิเคราะห์หลังการปรับปรุงเปรียบเทียบไส้บรรจุ (Type A) และ (Type B)

General Linear Model: Result versus Time (sec), Defect (stick)

Factor	Type	Levels	Values
Time (sec)	fixed	4	20, 40, 60, 80
Defect (stick)	fixed	3	3, 6, 9

Analysis of Variance for Result, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Time (sec)	3	1.6389	1.6389	0.5463	1.31	0.294
Defect (Stick)	2	43.0556	43.0556	21.5278	51.67	0.000
Time (sec)*Defect (Stick)	6	2.2778	2.2778	0.3796	0.91	0.504
Error	24	10.0000	10.0000	0.4167		
Total	35	56.9722				

S = 0.645497 R-Sq = 82.45% R-Sq(adj) = 74.40%

Unusual Observations for Result

Obs	Result	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
29	2.00000	0.66667	0.37268	1.33333	2.53 R

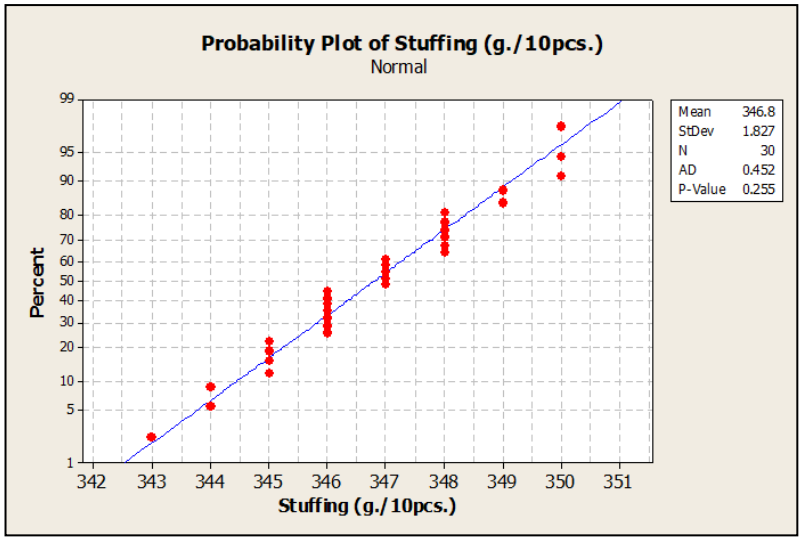
ภาพที่ ก5 ผลการวิเคราะห์เวลาและจำนวนไม้ไส้กรอกต่อครั้งการพ่นไอน้ำก่อนการปอกไส้

Chi-Square Test: 1st grade, Defect

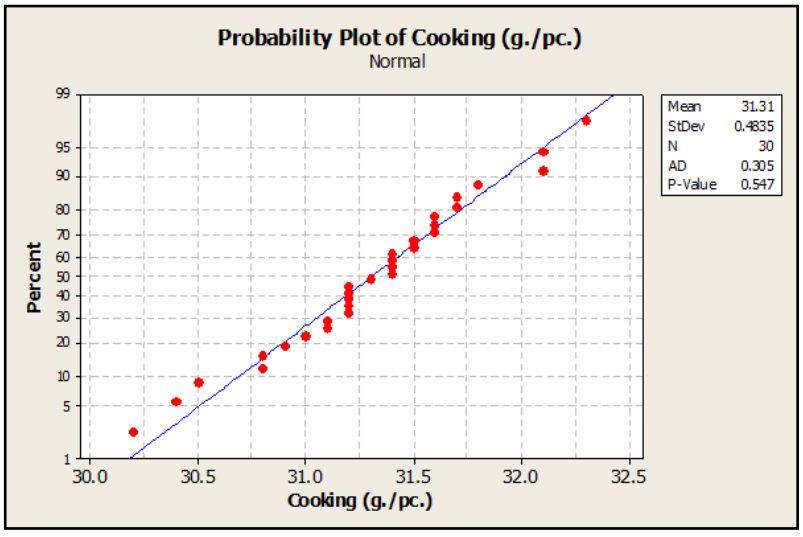
	1st grade	Defect	Total	
1	1891	8	1899	(Level 2)
	1894.35	4.65		
	0.006	2.412		
2	1775	1	1776	(Level 3)
	1771.65	4.35		
	0.006	2.579		
Total	3666	9	3675	

Chi-Sq = 5.004, DF = 1, P-Value = 0.025

ภาพที่ ก6 ผลการวิเคราะห์การติดตั้งใบพัดเครื่องจัดเรียงไส้กรอกที่ระดับ 2 และ 3



ภาพที่ ก7 แผนภาพทดสอบความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติขั้นตอนบรรจุเนื้อบดผสม



ภาพที่ ก8 แผนภาพทดสอบความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติขั้นตอนการอบ

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติผู้ประเมินและเกณฑ์การประเมินคะแนนความเสี่ยง (RPN) ของสถานประกอบการกรณีศึกษา

ตารางที่ ข1 เกณฑ์การประเมินคะแนนความเสี่ยงของสถานประกอบการกรณีศึกษา

เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (Severity)	
ระดับคะแนน	**เกณฑ์การให้คะแนน**
5	ด้วยความเสี่ยงด้านความปลอดภัยหรือปัญหาทางกฎหมายที่อาจเกิดขึ้น - การสูญเสียชีวิตหรือความไม่พอใจที่อาจเกิดขึ้น
4	ความไม่พึงพอใจของลูกค้าที่มีศักยภาพสูง - การบาดเจ็บสาหัสหรือการหยุดชะงักของภารกิจสำคัญ
3	ความไม่พึงพอใจของลูกค้าที่มีศักยภาพปานกลาง - อาจได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย ภารกิจไม่สะดวก / ล่าช้า
2	ลูกค้าอาจสังเกตเห็นความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นและอาจไม่พอใจเล็กน้อย - ความรำคาญ
1	ลูกค้าอาจตรวจไม่พบความล้มเหลว - ตรวจไม่พบ
เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (Occurrence)	
ระดับคะแนน	**เกณฑ์การให้คะแนน**
5	มีโอกาสเกิดขึ้นสูงมาก
4	ความเป็นไปได้สูงที่จะเกิดขึ้น
3	ความน่าจะเป็นปานกลางที่จะเกิดขึ้น
2	โอกาสเกิดต่ำ
1	ความน่าจะเป็นจากระยะไกลที่จะเกิดขึ้น
เกณฑ์การประเมินการตรวจจับของระบบควบคุม (Detection)	
ระดับคะแนน	**เกณฑ์การให้คะแนน**
5	ความน่าจะเป็นเป็นศูนย์ในการตรวจหาสาเหตุความล้มเหลว
4	ความน่าจะเป็นใกล้ศูนย์ในการตรวจหาสาเหตุความล้มเหลว
3	ไม่มีแนวโน้มที่จะตรวจพบสาเหตุความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น
2	โอกาสที่ดีในการตรวจหาสาเหตุความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น
1	เกือบจะแน่นอนเพื่อระบุสาเหตุความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น

ตารางที่ ข2 ผู้ประเมินและคุณสมบัติผู้ประเมินคะแนนความเสี่ยงของสถานประกอบการกรณีศึกษา

ผู้ประเมิน	คุณสมบัติผู้ประเมิน
1.ผู้จัดการทั่วไปฝ่ายผลิต	1.มีประสบกาณ์การทำงานอย่างน้อย 5 ปี ใน
2.ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง	กระบวนการผลิตไส้กรอก
3.ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ	2.มีทักษะและความสามารถในการแก้ไขปัญหาใน
4.หัวหน้าไลน์ผลิตไส้กรอกฝั่งดิบ	กระบวนการผลิตไส้กรอก
5.หัวหน้าไลน์ผลิตไส้กรอกฝั่งสุก	3.มีจิตสำนึกที่ดีต่อการปรับปรุงคุณภาพ
6.พนักงานไลน์ผลิตไส้กรอกฝั่งดิบ	4.เป็นผู้รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
7.พนักงานไลน์ผลิตไส้กรอกฝั่งสุก	5.กล้าแสดงความคิดเห็น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายภาณุเดช สุวรรณอัมพร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5911020026

วุฒิการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2557

ทุนการศึกษา

ทุนโครงการทักษะนักอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Panudat Suwanumporn. 2019. Application of Six Sigma Technique for Reducing Percentage of Internal Reworks (IR) in Smoked Chicken Frankfurter Processing. International Symposium on Manufacturing and Indudtrial Engineering (MIE2019). Faculty of Manufacturing Engineering, University Teknikal Malaysia, Malaka (UTeM), Malaysia, 8th July 2019.