บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ในบทนี้จะเป็นส่วนของการสรุปผลของ 2 เรื่อง รวมถึงข้อจำกัดและอุปสรรค ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ ซึ่งได้สรุปขั้นตอนตามวิธีซิกซ์ ซิกมา ดังนี้

1. การปรับปรุงความแข็งของแยม (Jam Hardness Improvement)
2. การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม (Wasted Time Reduction Of Jam Manufacturing Process)

5.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. **ระยะนิยามปัญหา** (Define Phase)

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานแล้วจึงได้กำหนดปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การปรับปรุงค่าเฉลี่ยให้ได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวนค่าความแข็งของแยมโดยกำหนดตัวชี้วัดเป็นค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p, C_{pk}) ซึ่งกำหนดเป้าหมายให้ได้ค่าความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมตามมาตรฐาน AIAG (1995) คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และลดจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

2. **ระยะวัดสาเหตุของปัญหา** (Measurement Phase)

ในขั้นแรกของระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดความแข็ง โดยใช้มาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบด้านแรงเพื่อบอกความน่าเชื่อถือ โดยทำการทดสอบตามวิธีขั้นตอนด้วยการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด โดยเกณฑ์การวัดคิดจากค่าความผิดพลาดของความถูกต้องที่กำหนดตามมาตรฐานไว้ที่ไม่เกิน ± 1% ซึ่งจากผลของการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด ถือว่าผ่านเกณฑ์ และเกณฑ์การยอมรับที่ช่วงความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบซึ่งทางโรงงานต้องเป็นผู้กำหนดเอง โดยการสอบเทียบแรงดึงได้

กำหนดไว้ไม่เกิน ± 1N ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ และการสอบเทียบแรงกดได้กำหนดไว้ไม่เกิน ± 2.5 N ซึ่งก็ถือว่าผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องวัดความแข็งนั้นเชื่อถือได้

จากนั้นทำการหาขีดข้อกำหนดความแข็งของแยมของโรงงาน โดยทำการพิจารณาความสามารถของกระบวนการ(Process Capability, C_p, C_{pk}) ในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยม ซึ่งถ้าความสามารถของกระบวนการน้อยกว่า 1.33 ก็จะทำการปรับปรุงต่อไป และต้องสามารถสัมพันธ์กับจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

จากนั้นทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมก่อนจากวิธีประเมินการทดสอบ Just About Right (JAR) กับผู้บริโภคภายนอก 100 คน เพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดเอามาเป็นมาตรฐานของค่าความแข็งของแยม โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์การทดสอบปาดแยมแล้วรู้สึกพอดีด้วยเกณฑ์การยอมรับที่ 85 ใน 100 คน ซึ่งจากการวิเคราะห์ออกมาพบว่าขีดจำกัดข้อกำหนดแยมอยู่ที่ช่วง 2.5 นิวตัน ถึง 5.5 นิวตัน

จากนั้นพิจารณาความสามารถของกระบวนการของค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันมาเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด โดยได้ค่า C_p เท่ากับ 1.39 ซึ่งถือว่ามากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 นั่นแสดงว่าปัญหาในปัจจุบันไม่ได้เป็นที่ความแปรปรวนเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด แต่ค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งถือว่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของความแข็งของแยมก็จะพบว่าค่าเฉลี่ยนั้นเลื่อนไปทางขวามือของขีดจำกัดข้อกำหนด ซึ่งนั่นก็หมายถึงค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันนั้นยังแข็งเกินไป

จากนั้นพิจารณาดูถึงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกรณีต่างแบชกันพบว่าหลังจากทำการทดสอบความแปรปรวน เพื่อวิเคราะห์ดูว่าการกระจายทั้ง 3 แบช ทดสอบความแตกต่างด้วยค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบแล้วก็พบว่าค่า P-Value นั้นมากกว่า 0.05 ซึ่งนั่นหมายความถึงการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัญหาไม่ได้มีความแปรปรวนในระหว่างแบช แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานนี้ก็คือค่าเฉลี่ยของแยมภายในแบชเองที่เกิดการเลื่อนไปทางด้านขวาของขีดจำกัดข้อกำหนด

สุดท้ายทำการกำหนดปัจจัยนำเข้าทดลองด้วยวิธีระดมสมองเพื่อคิดหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมใส่ลงในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยสรุปได้ 2 ปัจจัยนำเข้าทดลอง คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก

3. **ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา** (Analysis Phase)

พิจาณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อเฉลี่ยความแข็งของแยมด้วยตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จึงได้สรุปออกมาเป็น 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณ กรดซิตริก และจึงทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล แบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Full Factorial Design with Center Point)(2_v^2) โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย และเป็นปัจจัยแปรผันทั้งหมด จึงได้ทำการทดลอง 8 ลำดับการทดลอง ด้วยขนาดตัวอย่างเท่ากับ 11 ขวด/การทดลอง

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้น ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด

4. **ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ** (Improvement Phase)

ในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบการทดลองเพิ่มจากการออกแบบการทดลองในขั้นตอนก่อนหน้า โดยทำการทดลองที่ 2 ปัจจัย จึงเลือกใช้วิธี Central Composite design (CCD) เพราะเป็นวิธีที่ทำการศึกษาตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป คือปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก โดยหลังจากทำการทดลองไปแล้ว จึงได้ผลเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าทำนายของตัวแปรตอบสนองจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าทั้ง 2 ปัจจัย โดยการคำนวณปรับค่าระดับของปัจจัยเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 4 นิวตัน โดยค่าจริงของปัจจัยคือ ปริมาณเพคตินที่ 17.5 กรัม และปริมาณกรดซิตริกที่ 32.5 กรัม หลังจากนั้นนำค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลองเพิ่มเติมอีก 92 ขวด บนสายการผลิตจริงเพื่อยืนยันผลของระดับปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ได้ประมาณ 4.144 นิวตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3218 นิวตัน โดยค่า C_p เท่ากับ 1.6 และค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 1.45 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 และจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง 100% แต่หลังจากปรับปรุงลดลงเหลือ 0%

5. **ระยะติดตามควบคุม** (Control Phase)

ระยะติดตามควบคุม ได้ทำการออกแบบการรักษาระดับคุณภาพหลังการปรับปรุง โดยจัดทำการรักษาระดับคุณภาพการหลังการปรับปรุง แบ่งออกเป็น 3 ข้อ ดังนี้

1. จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ

2. จัดทำการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) สำหรับควบคุมการผสมเพคตินและกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามสูตร เพื่อการป้องกันการผสมไม่ให้ผิดพลาด ด้วยการผสมปริมาณน้ำร้อน อุณหภูมิน้ำร้อน และระยะเวลาในการผสมให้ถูกต้องตามสูตร

3. จัดทำแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจจับปัญหา โดยใช้ Control Chart ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยทำให้ทราบสภาพของกระบวนการผลิตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร โดยเลือกใช้ Control Chart ประเภท $\overline{X}$ and R chart โดยทำการสุ่มแยมทุกแบช ที่ขนาดตัวอย่างแบชละ 15 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ในเบื้องต้นของอาการผิดปกติประเภทต่างๆ จากกฎของการควบคุมกระบวนการโดยหลักสถิติ SPC ทั้ง 8 ข้อ เพื่อแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดความผิดปกติกับแผนควบคุม $\overline{X}$ and R chart

5.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. **ระยะนิยามปัญหา**

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานพบว่าปัญหาของทางโรงงานคือการผลิตแยมชนิดขวดไม่ได้ปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ โดยการผลิตแยมชนิดขวดของทางโรงงานน้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ยเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์ และสูญเสียพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตไป 15 ตารางเมตร

ดังนั้นจึงได้กำหนดสภาพปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยมให้เวลาการทำงานลดลงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ผลิตได้อย่างน้อยเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ต้องการเฉลี่ย 61 แบช/เดือน และเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บแยม โดยทำการลดพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตให้เหลือ 0 ตารางเมตร

2. ระยะวัดสาเหตุของปัญหา

จากการศึกษากระบวนการผลิตว่ามีกระบวนการใดที่สูญเปล่า โดยพิจารณาปรับปรุงที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายเป็นหลัก เพราะเป็นกระบวนการที่สูญเปล่าและสามารถปรับปรุงได้ โดยสามารถพิจารณากระบวนการทั้ง 2 ประเภทนี้จากแผนผังการไหลของกระบวนการ และพิจารณาดูเวลาการทำงานจากมากไปน้อยจากกราฟพาเรโต โดยกระบวนการประเภทล่าช้ามีอยู่ 1 กระบวนการ คือกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาไป 43.85% ต่อการผลิต/แบช และกระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการพนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก, พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต, และพนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใส โดยคิดรวมเวลาทั้งหมดเป็น 8.04% ต่อการผลิต/แบช จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไปถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุง

3. ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแยมที่สูญเปล่า โดยพิจารณาไปที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายซึ่งพบว่ากระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาการทำงาน 240 นาที/แบช เกินกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าต้องการหรือเป้าหมายการผลิตของโรงงานที่ 63.41 นาที/แบช อยู่กระบวนการเดียว และพบว่าสายการผลิตนั้นมีการกระบวนการทำงานที่ไม่ต่อเนื่องทำให้ต้องเสียเวลาเคลื่อนย้ายคิดเป็นเวลาที่ใช้ไป 8.04%ของเวลาผลิตทั้งหมด/แบช ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลาก และทำการปรับปรุงสายการผลิตในปัจจุบันโดยใช้โดยใช้เครื่องเป่าแห้ง, เครื่องติดฉลาก และการต่อสายพานถึงกันให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากที่ทำการลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วนั้น ได้ทำให้สายการผลิตแยมมีเวลาในการทำงานทั้งหมดน้อยลง และทำงานได้รวดเร็วมีความต่อเนื่องมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลของการปรับปรุงทั้งหมด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลลัพธ์ของการปรับปรุง

ผลลัพธ์	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
รอบเวลาการทำงานทั้งหมด	9.12 ชั่วโมง	4.39 ชั่วโมง
กำลังการผลิต/เดือน	52 แบช	180 แบช
พื้นที่ใช้วางแยมรอคนติดฉลาก	15 ตารางเมตร	0 ตารางเมตร
ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน/แบช	6.76 ชั่วโมง	2.03 ชั่วโมง
ของเสียจากคนติดฉลาก/เดือน	3.79%	1.12%

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าหลังจากการลดเวลาสูญเปล่าและทำการปรับปรุงสายการผลิตุแยมแล้วนั้น ทำให้ผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่ 61 แบช/เดือน และยังสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เป็น 180 แบช/เดือน ดังนั้นการปรับปรุงครั้งนี้สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการได้

ระยะติดตามควบคุม

หลังจากที่ทำการปรับปรุงลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและปรับสายการผลิตให้เป็นแบบต่อเนื่องแล้ว และได้จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม และจัดทำแผนควบคุมในกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงานของพนักงาน จากนั้นจัดทำกราฟติดตามผลผลิตที่ผลิตได้จริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้า เพื่อเป็นการติดตามยอดการผลิตในแต่ละเดือน และสามารถทำการผลิตชดเชยในกรณีที่เดือนก่อนหน้าผลิตไม่ได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

5.3 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย

5.3.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. การฝึกฝนผู้ทดสอบในวิธีทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive Sensory Test) นั้นใช้เวลานานถึง 3 เดือน ทำให้ระหว่างช่วงเวลานั้น ไม่สามารถดำเนินการทดลองอะไรต่อได้ เพราะต้องรอผลของการฝึกฝนผู้ทดสอบ

5.3.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. ทางโรงงานมีการปรับปรุงค่อนข้างช้า เพราะการเปลี่ยนแปลงสายการผลิตหรือนำเครื่องจักรใหม่มาใช้ในสายการผลิตต้องรอการอนุมัติจากการประชุมของของผู้บริหารทำให้ใช้ระยะเวลาพอสมควรต่อการปรับปรุงแต่ละครั้ง

2. การทดลองแต่ละครั้งต้องทำการหยุดสายการผลิตเพื่อทดสอบผลการปรับปรุง ทำให้ต้องใช้เวลานานในการกำหนดวันทดลองเพื่อไม่ให้กระทบต่อยอดผลผลิตของลูกค้า

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. ทางโรงงานต้องมีทำเอกสารมาตรฐานในขั้นตอนผสมวัตถุดิบหรือให้พนักงานปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และอธิบายถึงข้อดีข้อเสียและจุดประสงค์ของการปรับปรุง เพราะพนักงานส่วนมากจะอาศัยความชำนาญด้วยทักษะของตัวเองมากเกินไปจนบางครั้งเกิดความผิดพลาดได้

2. ในการทดลอง DOE ไม่ได้นำปัจจัยปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ผสมกับเพคตินและกรดซิตริกทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลต่อความแข็งของแยม เพราะงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ปริมาณน้ำร้อนเป็นปัจจัยคงที่ ดังนั้นจึงอาจสามารถนำปริมาณน้ำร้อนมาทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมและอาจส่งผลให้ค่าความแข็งแยมมีค่าตรงตามเป้าหมายมากขึ้น

3. ปริมาณเพคตินสำหรับการผสมที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ด้วยเช่นกัน

4. ในเฟสของการของการตรวจจับปัญหา (Detection) ที่ใช้ Control Chart แบบ $\overline{X}$ and R chart ควบคุมค่าความแข็งของแยมนั้นเพราะงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความแปรปรวนแล้วพบว่ามีความแปรปรวนภายในแบชเอง แต่ไม่มีความแปรปรวนในระหว่างแบชอย่างมีนัยสำคัญ

แต่ในบางกระบวนการที่ค่าความแปรปรวนภายในแบช (Variation within batch) ปกติแต่เกิดปัญหาที่ความแปรปรวนระหว่างแบช (Variation between batch) หรือคือการเปลี่ยนระดับในการควบคุม ซึ่งแผนภูมิควบคุมแบบ $\overline{X}$ and R chart อาจจะไม่เหมาะสมในการควบคุม ดังนั้นจึงเสนองานวิจัยที่ได้นำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมสำหรับการผลิตระยะสั้นของ Kubiak และ Benbow (2009) มาปรับใช้ โดยมีแผนภูมิ I-MR-R charts ทำการควบคุม โดย I-Chart ทำ

การควบคุมข้อมูลทุกตัวที่ทำการสุ่มภายในแบช MR-Chart ทำการควบคุมค่าพิสัย (Range) ของข้อมูลรายตัว และ R-Chart ทำการควบคุมความแปรผันภายในแบช

5.4.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. ทางโรงงานต้องมีการทำความเข้าใจกับพนักงานสายการผลิตทุกครั้งหรือจัดอบรมอธิบายถึงข้อดีข้อเสียและจุดประสงค์ของการปรับปรุงต่างๆที่เกิดขึ้นทุกครั้งหลังจากการทำการปรับปรุง เพื่อให้พนักงานได้เข้าใจถึงความเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น เพราะพนักงานส่วนมากจะเคยชินกับวัฒนธรรมการทำงานแบบเดิมจนไม่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงใหม่ๆที่เกิดขึ้น

2. ควรมีการประชุมเรื่องการวางแผนการผลิตให้เหมาะสมตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ต้องทำการผลิตในปริมาณที่มากเกินไปของแต่ละเดือนในกรณีที่มียอดความต้องการเข้ามามาก แต่ควรจะวางแผนล่วงหน้าเพื่อทำการผลิตให้เฉลี่ยๆเท่ากันทุกเดือน