# การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น

# Improvement of Standard Procedure in Beverage Concentrate Manufacturing Process

**พัชรี ภัทรธาดาเกียรติ และดาริชา สุธีวงศ์**

**Patcharee Pattharathadakiat and Daricha Sutivong**

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร 02-2186814-6 โทรสาร 0-2251-3969, 0-2218-6813

E-mail: pumi_p@hotmail.com, daricha.s@chula.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดเวลานำในการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นโดยยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้ตามมาตรฐาน แนวคิดและหลักการที่ใช้ในการประเมินกระบวนการ คือ แนวคิดลีน การวิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 ประการ การตั้งคำถาม 5W1H และการลดเวลาปฏิบัติการตามหลัก ECRS จากนั้นทดสอบแนวทางการปรับปรุงโดยอาศัยหลักการออกแบบการทดลองและการทดสอบทางสถิติร่วมกับหลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัสในงานควบคุมคุณภาพ ผลจากการทดสอบกระบวนการใหม่พบว่าสามารถลดเวลานำการผสมเครื่องดื่มต่อ 1 รอบการผสมลงจากเดิมได้ประมาณ 23.4 % ซึ่งแนวทางการปรับปรุงที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปสร้างเป็นขั้นตอนมาตรฐานในการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นต่อไป

## Abstract

This research aims to improve the standard procedure in beverage concentrate manufacturing in order to reduce lead time while maintaining the quality of finished products. The concepts of lean manufacturing, 7 wastes, 5W1H and ECRS were applied to obtain improvement actions. The improvement approaches were experimented using the concepts of design of experiment and statistical testing along with the sensory evaluation technique in order to control quality. The results showed that the production time per cycle could be reduced by 23.4%. The improvement approaches from this study could be used to establish the new standard procedures for the beverage concentrate manufacturing.

## 1. บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นเพื่อใช้ผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปภายใต้ยี่ห้อของบริษัทหลักและทำการผลิตเพื่อการส่งออก (OEM) ซึ่งการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นจากเดิมทางโรงงานจะทำการผลิตเพียง 1 รอบผสมต่อวันแต่เนื่องจากมียอดการสั่งซื้อมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มเข้มข้นในที่นี้จะขอเรียกว่าสูตร A เป็นสูตรที่มียอดสั่งซื้อมากที่สุดประมาณ 80 % ของการผลิตทั้งหมดทำให้ต้องมีการปรับแผนการผลิตโดยให้ผลิต 2 รอบผสมต่อวันส่งผลให้ใช้เวลาในการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นสำหรับการผลิต 2 รอบผสมเกินเวลาทำงานปกติออกไปมากประกอบกับสายการผลิตมีการติดตั้งใหม่การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานยังไม่เหมาะสมส่งผลให้เวลาการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆไม่สม่ำเสมอ

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้มีจุดประสงค์เพื่อลดเวลานำในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นโดยการปรับขั้นตอนการผลิตและนำเสนอการปรับปรุงวิธีการทำงานของคนและเครื่องจักร โดยยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้ตามมาตรฐานและนำเสนอเพื่อเป็นแนวทางกำหนดขั้นตอนมาตรฐานในการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นต่อไป

RECEIVED 19 September, 2011

ACCEPTED 1 March, 2012

## 2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การผลิตแบบลีน และหลักการวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ

มุมมองของการผลิตแบบลีน[1], [7] ได้การจำแนกกิจกรรมออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า (Value Added Activity; VA) กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า (Non Value Added Activity; NVA) กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า (Necessary Non Value Added; NVA-N) แนวคิดลีนพยายามสร้างมุมมองที่ให้เห็นถึงกิจกรรมที่ทำตลอดกระบวนการและจำแนกคุณค่าให้เห็นถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแล้วประเมินลักษณะของกิจกรรมเพื่อให้ทราบถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นตามความสูญเปล่าทั้ง 7 ชนิดและกำจัดออกไปให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งแนวคิดลีนและการวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ [15] มักถูกนำมาใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่น งานวิจัยของ Jannes Slomp และคณะ [13] ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีนในสายการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) เพื่อนำเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อปรับปรุงและลดเวลาในกระบวนการผลิต ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดเวลาการไหล (Flow Time) ของกระบวนการโดยรวมลงได้และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการจัดส่งได้ตรงเวลาจาก 55 % เป็น 80 % นอกจากนั้นมีงานวิจัยของ Seth และ Gupta [6] ประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อกำหนดผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดเวลานำในขั้นตอนต่างๆรวมทั้งลดระดับจำนวนสินค้าคงคลังและจำนวนชิ้นงานที่อยู่ระหว่างการผลิตลงได้

### 2.2 เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และ หลักการ ECRS

การตั้งคำถาม 5W1H [5] ประกอบด้วย What Why When Where Who และ How ใช้ถามเพื่อการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบครอบตามความเหมาะสมของคนทำงาน สถานที่ทำงาน ลำดับขั้นตอนการทำงาน และวิธีการในแต่ละขั้นตอนการทำงาน เป็นต้น ซึ่งเทคนิคดังกล่าวช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนการทำงานอันนำไปสู่การกำหนดแนวทางการปรับปรุงวิธีการทำงานอย่างได้ผล

ECRS [14] ย่อมาจากภาษาอังกฤษ 4 ตัวเป็นแนวทางที่นิยมใช้ในการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงาน ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

1. การตัดขั้นตอน (Eliminate) คือการพิจารณาว่ากิจกรรมใดวิธีการทำงานเป็นกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่นงานประเภทเวลาไร้ประสิทธิภาพ หรือเวลาส่วนเกิน

2. การรวมขั้นตอน (Combine) เนื่องจากงานในบางกลุ่มเมื่อไม่สามารถตัดขั้นตอนได้ การนำมารวมกันอาจช่วยปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

3. การจัดขั้นตอนใหม่ (Rearrange) หมายถึงการสลับขั้นตอนกิจกรรมการปฏิบัติงาน ตรวจสอบ และขนย้าย ซึ่งอาจช่วยให้วิธีการทำงานคล่องตัวขึ้น

4. การทำกระบวนการให้เรียบง่ายขึ้น (Simplify) คือการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ให้มีความซับซ้อนและยุ่งยากน้อยลงเพื่อความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตัวอย่างเช่น Peter Hines and Nick Rich [12] ได้ศึกษาความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการเพื่อลดกิจกรรมที่ไม่เป็นประโยชน์ในกระบวนการและเพิ่มคุณค่าของสินค้าสำเร็จรูปหรือการบริการให้กับผู้บริโภคโดยใช้เทคนิค 5W1H วิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการและใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงกระบวนการ

### 2.3 หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส

การทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ [2] จัดเป็นการทดสอบที่อาศัยความรู้สึกเบื้องต้น (Primary sensation) ของมนุษย์ในแง่การมองเห็น การรับกลิ่น การรับรสชาติและการสัมผัส เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพอาหารจะช่วยบ่งชี้ลักษณะคุณภาพอาหารที่ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นได้โดยตรงนอกจากอาศัยความรู้สึกของมนุษย์ เช่น กลิ่นที่จมูกรู้สึกได้ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากการดื่มหรือกิน [10-11] ด้วยปัจจัยเหล่านี้การวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัสจึงค่อนข้างแพร่หลายใน

งานพัฒนาผลิตภัณฑ์และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสูตรและกระบวนการผลิต เช่น Capistrano [8] ได้ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสในการยืนยันคุณภาพการผลิตน้ำมะม่วงภายหลังการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต นอกจากนั้นข้อมูลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคและช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทอย่างต่อเนื่องได้อีกด้วย [4]

## 3. แนวความคิดของงานวิจัย

การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นในงานวิจัยนี้ ได้นำแนวคิดและหลักการทางวิศวกรรมมาใช้วิเคราะห์เพื่อกำหนดปัญหาและหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการดังนี้

แนวคิดและหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน ได้แก่ แนวคิดลีนซึ่งใช้ในการจำแนกคุณค่าของกิจกรรมในขั้นตอนต่างๆ และทำการประเมินลักษณะของกิจกรรมโดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการเพื่อให้เห็นถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและไม่ก่อให้เกิดคุณค่าก่อนปรับปรุง

การกำหนดแนวทางการปรับปรุงกระบวนการจะพิจารณาโดยอาศัยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อวิเคราะห์หาเหตุผลในการทำงานตามวิธีการแบบเดิม และพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลาสูญเปล่าของแต่ละขั้นตอนตามหลักปฏิบัติการ ECRS ซึ่งในการปรับปรุงกระบวนการจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณภาพด้านต่างๆก่อนการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ เช่น การทดสอบการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ การทดสอบทางกายภาพ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อยืนยันคุณภาพของเครื่องดื่มเข้มข้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองและการทดสอบทางสถิติร่วมกับหลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัสในการทดสอบกระบวนการและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเข้มข้นโดยที่ยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้ตามมาตรฐาน

หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส [2], [9] ที่นำมาประยุกต์ใช้ได้แก่

1. รูปแบบการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Different from control test) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับงานควบคุมคุณภาพและเหมาะสำหรับตัวอย่างทดสอบที่ไม่มีความแตกต่างจากการมองเห็น

2. การทดสอบแบบสามเหลี่ยม (Triangle Test) เพื่อใช้ทดสอบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัส

3. การทดสอบเชิงพรรณนาด้วยวิธีการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis, QDA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง

ภายหลังจากทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเลือกแนวทางการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิตที่สามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้ตามมาตรฐานนำเสนอฝ่ายโรงงานเพื่อทดสอบในการผลิตจริงและพิจารณาเวลานำที่สามารถลดได้ภายหลังปรับปรุงกระบวนการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนมาตรฐานการผลิตใหม่ต่อไป

## 4. การดำเนินงานวิจัย

### 4.1 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น

การบันทึกวิธีการทำงานจะใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 แบบดังนี้ ○ แทนการทำงาน, ⇨ แทนการขนส่ง, D แทนการรอคอย, □ แทนการตรวจสอบและ ▽ แทนการจัดเก็บ การบันทึกการทำงานดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงหน้าที่ที่แท้จริงของแต่ละกิจกรรมได้ดีขึ้น แต่ละขั้นตอนของกิจกรรมจะถูกประเมินลักษณะของกิจกรรมตามแนวคิดลีนและตามหลักความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการจนครบทุกกิจกรรมดังแสดงตัวอย่างของ 1 ขั้นตอนในรูปที่ 1 และสรุปผลการประเมินกิจกรรมแสดงในแผนผังรูปที่ 2

**ขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานจะเติมน้ำร้อน 90 °C ลงในถังผสม 2 จนท่วมใบพัดล่างประมาณ 1500 ลิตร และเติมส่วนผสมที่เป็นของแข็งลงไปในถังผสมตามลำดับ ใช้น้ำชำระส่วนผสมที่ตกค้างในภาชนะบรรจุแล้วใส่ลงถังผสม

เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากัน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 35 นาที (ทำงานพร้อมกับการเคลื่อนย้ายส่วนผสมโดยอาศัยลิฟท์ยกเพื่อนำส่วนผสมขึ้นมาเทด้านบน)

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการมีกระบวนการที่เกินจำเป็นและความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวมาก

ลักษณะของความสูญเปล่า: ความสูญเปล่าจากการมีกระบวนการที่เกินจำเป็นคือการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปในการละลายวัตถุดิบและความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมาก

1. เกิดการเคลื่อนไหวในการลากและยกถังบรรจุต่างๆ
2. ถังบรรจุส่วนผสมมีน้ำหนักมากต้องอาศัยพนักงาน 2 คน ช่วยกันยกเท
3. ส่วนผสมที่ตกค้างในภาชนะบางครั้งเป็นก้อนแข็งต้องเสียเวลาล้างหลายครั้ง

**รูปที่ 1** ตัวอย่างการประเมินลักษณะของกิจกรรม

### 4.2 การปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS

หลังจากการประเมินกิจกรรมเพื่อวิเคราะห์ถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากการทำงานผู้วิจัยได้ระดมสมองร่วมกับฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งฝ่ายผลิตและฝ่ายพัฒนาสินค้า

1. การเตรียมต้มน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 °C เพื่อใช้ในกระบวนการ (NVA-N)
2. เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ (NVA)
3. ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบตามสูตร(NVA-N)
4. ฆ่าเชื้อระบบผสม(น้ำร้อน 90 °C) (NVA-N)
5. การผสมครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 90 °C (VA)
6. เพิ่มอุณหภูมิการละลายจนถึง 90 °C (VA)
7. ปั่นทิ้งไว้ 30 นาที (VA)
8. ลดอุณหภูมิในถังผสม 2 เหลือ 60 °C (VA)
9. เติมน้ำ 90 °C ในถังผสม 1 และลดอุณหภูมิน้ำเหลือ 55 °C (VA)
10. การผสมครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 55 °C (VA)
11. ส่งส่วนผสมจากถังผสม 2 ไปถังผสม 3 และล้างส่วนผสมที่ตกค้างด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ (NVA-N)
12. ส่งส่วนผสมจากถังผสม 1 ไปถังผสม 3และล้างส่วนผสมที่ตกค้างด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ (NVA-N)
13. ตรวจสอบค่าบริกซ์และ pH ของส่วนผสมในถังผสม 3 (VA)
14. การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 40 °C (VA)
15. การปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นภายหลังผสมเสร็จ (VA)
16. ตรวจสอบค่าบริกซ์ และ pH ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายและทดสอบทางประสาทสัมผัส (VA)
17. เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์เซอร์ (NVA)
18. ส่งเครื่องดื่มเข้มข้นผ่านระบบพาสเจอร์ไรซ์เพื่อฆ่าเชื้อและชะท่อบรรจุไม่ให้มีน้ำตกค้างตรวจ สอบค่าบริกซ์และน้ำหนักก่อนการบรรจุ (VA)
19. เตรียมภาชนะสำหรับบรรจุ (NVA)
20. บรรจุเครื่องดื่มเข้มข้นลงถังขนาด 20 ลิตรพร้อมทยอยเก็บผลิตภัณฑ์ไปห้องจัดเก็บ (VA)
21. ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ (NVA)
22. ล้างระบบทั้งหมด (NVA-N)

**รูปที่ 2** การประเมินกิจกรรมการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น

เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงวิธีการทำงานที่สามารถลดเวลาปฏิบัติการลงได้โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ควบคู่กับการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการตามหลัก ECRS โดยพิจารณาทุกขั้นตอนย่อยตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 22 ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการพิจารณาโดยใช้การตั้งคำถามและแนวทางตามหลัก ECRS ของขั้นตอนที่ 5 การผสมครั้งที่ 1

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างการใช้เทคนิค 5W1H และ ECRS ในขั้นตอนที่ 5 (การผสมครั้งที่ 1)

| 5W 1H | คำอธิบาย | แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS |
|---|---|---|
| What | เติมน้ำอุณหภูมิ 90 °C ลงในถังผสมและเติมส่วนผสมชุดที่ 1 | พิจารณาใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 °C ในการละลายส่วนผสมชุดที่ 1 |
| Why | เพื่อใส่วัตถุดิบลงในถังผสม | |

**ตารางที่ 1** (ต่อ) ตัวอย่างการใช้เทคนิค 5W1H และ ECRSในขั้นตอนที่ 5 (การผสมครั้งที่ 1)

| 5W 1H | คำอธิบาย | แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS |
|---|---|---|
| Where | ห้องผสม, ถังผสม 2 | - |
| When | ขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 | พิจารณาว่าสามารถสลับขั้นตอนให้อยู่ภายหลังการเติมน้ำลงในถังผสม 1 ได้หรือไม่ |
| Who | พนักงานห้องผสม ถังผสม กรรไกร มีดคัทเตอร์ | เพิ่มพนักงานช่วยในการผสม |
| How | พนักงาน: แกะบรรจุภัณฑ์ และเทส่วนผสมลงไปตามลำดับ ล้างวัตถุดิบที่ตกค้างจากภาชนะบรรจุแล้วเทลงถังผสม<br>เครื่องจักร:เปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมให้เข้ากัน | ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงาน<br>เพิ่มพนักงานในส่วนของการใส่ส่วนผสมเพื่อช่วยยกวัตถุดิบน้ำหนักมากและคอยช่วยในส่วนอื่น เช่นล้างส่วนผสมตกค้างในภาชนะ |

### 4.3 การพิจารณาขั้นตอนเพื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

จากการระดมสมองเพื่อหาแนวทางตามตารางที่ 1 จนครบทุกขั้นตอนทางผู้วิจัยได้พิจารณาแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนว่าส่งผลถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือไม่ โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองและการทดสอบทางสถิติร่วมกับหลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัสในการทดสอบกระบวนการและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเข้มข้นดังสรุปในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** การปรับปรุงกระบวนการทำงานและทดสอบด้านคุณภาพว่าไม่ลดลง

| ขั้นตอน | แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS | การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็น |
|---|---|---|
| 1. การฆ่าเชื้อถังผสมและระบบระบบบรรจุ | ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 $^{o}$C วนในระบบเป็นเวลา 10 นาทีได้หรือไม่ | ทดสอบการอยู่รอดของเชื้อ จุลินทรีย์ |
| 2. ทดสอบการเปลี่ยนกระบวนการผลิตในขั้นเตรียมส่วนผสมชุดที่ 1 | 1.ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 - 85 $^{o}$C เพื่อละลายวัตถุดิบชุดที่ 1 ได้หรือไม่<br>2. พิจารณาตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น | 1. การทดสอบการละลายวัตถุ ดิบ<br>2. ทดสอบค่า pH<br>3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส |
| 3. ทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 55 $^{o}$C ละลายวัตถุดิบชุดที่ 2 | ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 - 75 $^{o}$C ในการละลายวัตถุดิบชุดที่ 2 ได้หรือไม่ | 1. ทดสอบการละลายของวัตถุดิบ<br>2. การทดสอบปริมาณวัตถุดิบหลงเหลือ |
| 4. การล้างส่วนผสมตกค้างในถังผสม 1และ 2 | พิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการล้างส่วนผสมตกค้าง | วัดค่าบริกซ์ และ pH ของน้ำจากท่อส่งจากถังผสม 1 และ 2 |
| 5. การปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นขั้นสุดท้าย | พิจารณาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปั่นเครื่องดื่ม | 1.วัดค่าบริกซ์ และ pH ของเครื่องดื่ม<br>2. ทดสอบทางประสาทสัมผัส |

### 5. ผลการทดสอบคุณภาพของแนวทางการปรับปรุง

จากการพิจารณาการทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนการปรับปรุงกระบวนการตามตารางที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในระดับการผลิตจริงซึ่งให้ผลดังนี้

**5.1 การทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 ° C ในการฆ่าเชื้อถังผสมระบบท่อและระบบบรรจุเป็นเวลา 10 นาที**

รูปแบบการทดสอบ: ตรวจสอบการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์โดยการป้ายจุดต่างๆบนพื้นผิวที่สัมผัสอาหาร (Swab Test) ที่ประเมินแล้วว่าเป็นจุดวิกฤตคือ จุดที่1ภายในถังผสมและใต้ฝาถังผสม 1, 2 และ 3 จุดที่ 2 ภายในถังและใต้ฝาถังสำรองเก็บเครื่องดื่มเข้มข้นก่อนการบรรจุ (Balance Tank) และจุดที่ 3 บริเวณหัวบรรจุทั้ง 3 หัว

ผลการทดสอบ: การฆ่าเชื้อโดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 °C และวนในระบบเป็นเวลา 10 นาที สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดของมาตรฐาน GMP ของโรงงานไม่ต่างกับผลการฆ่าเชื้อในระบบการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นเทียบกับวิธีการแบบเก่า (ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 90 °C วนในระบบ 30 นาที)

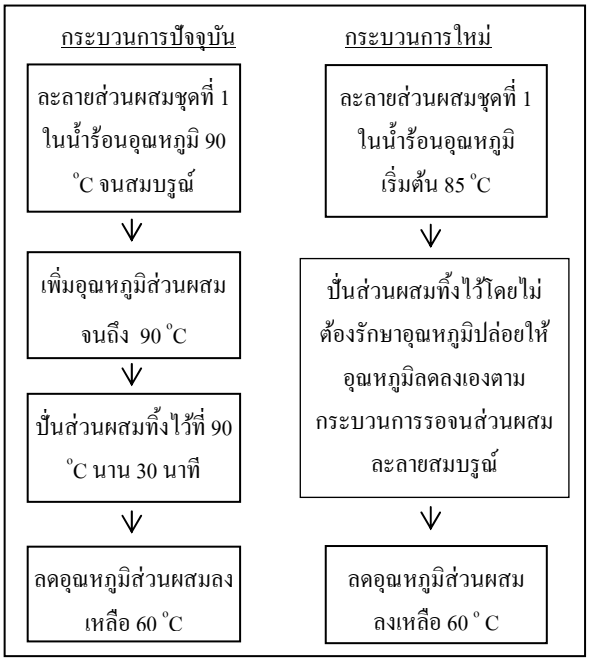
สรุปผลการทดสอบ: การฆ่าเชื้อระบบการผลิตด้วยการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 °C วนในระบบเวลา 10 นาทีสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ภายในเกณฑ์ข้อกำหนดและสามารถใช้แทนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีแบบเก่าได้

**5.2 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตในขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมชุดที่ 1**

จากการประเมินความสูญเปล่าพบว่าในขั้นตอนนี้เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอยและความสูญเปล่าจากการมีกระบวนการที่ไม่จำเป็น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีการยืนยันคุณภาพสำหรับการปรับปรุงกระบวนการดังนี้

**5.2.1 การทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิต่ำกว่า 90 °C ในการละลายส่วนผสมชุดที่ 1**

รูปแบบการทดสอบ: ทดสอบการละลายของวัตถุดิบโดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 70, 75, 80 และ 85 °C ในการละลายวัตถุดิบ จากนั้นกรองผลิตภัณฑ์จากการทดสอบด้วยกระดาษกรองขนาด 50 ไมครอน




**รูปที่ 3** กระบวนการในปัจจุบันและกระบวนการใหม่ในขั้นตอนการเตรียมส่วนผสม

ผลการทดสอบ**:**

1. พบการจับตัวเป็นก้อนของส่วนผสมค้างบนกระดาษกรองเล็กน้อยเมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 และ 75 °C ในการละลายวัตถุดิบ
2. ไม่พบตะกอนของส่วนผสมชุดที่ 1 ตกค้างบนกระดาษกรองเมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80 และ 85 °C ในการละลายวัตถุดิบ

สรุปผลการทดสอบ สามารถใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80 และ 85 °C ในการละลายวัตถุดิบชุดที่ 1 ได้

**5.2.2 การทดสอบความเป็นกรดด่างของตัวอย่างทดสอบ**

รูปแบบการทดสอบ: เตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการแล้ววัดค่าความเป็นกรดด่างจำนวน 10 ค่าต่อ 1 การทดลอง ทำการทดลองละ 2 ครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล: ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลและทดสอบสมมติฐานโดยอาศัยสถิติ 2-Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ว่าค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กระบวนการต่างกัน

ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล: ค่า P-value > 0.05 ($\alpha$) แสดงว่าผลการทดสอบค่าความเป็นกรดด่างมีการแจกแจงเป็นปกติ

ผลการทดสอบสมมติฐาน: ค่า P-value = 0.129 > $\alpha$ (0.05) แสดงว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเป็นกรดด่างเมื่อใช้กระบวนการต่างกัน

**5.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเปรี้ยว**

รูปแบบการทดสอบ: ทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสโดยใช้รูปแบบการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference from control test) เป็นเกณฑ์ [2], [9] ซึ่งรูปแบบการทดสอบนี้ควรใช้ผู้ทดสอบจำนวนมากตั้งแต่ 20-50 คน ให้คะแนนความแตกต่างด้านความเปรี้ยวของตัวอย่างที่เตรียมได้จากกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการใหม่เทียบกับตัวอย่างควบคุม

การวิเคราะห์ข้อมูล: ข้อมูลจากการทดลองได้จากการออกแบบการทดลองแบบบล็อก (RBD: Randomized Block Design) โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือตัวอย่างทดสอบที่ได้จากกระบวนการแตกต่างกันและผู้ทดสอบ (Judge) คือบล็อก เนื่องจากผู้วิจัยต้องการลดความแปรปรวนของกลุ่มผู้ทดสอบ ซึ่งการออกแบบการทดลองแบบบล็อกทำให้หน่วยทดลองเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากขึ้น [3] และมีการประมวลผลการทดสอบโดยวิเคราะห์ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunnett's Test [9] ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สมมติฐานสำหรับการทดสอบ

การทดสอบความแตกต่างของตัวอย่าง (Treatment)

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis): ค่าเฉลี่ยของคะแนนความแตกต่างทางด้านรสเปรี้ยวของตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กระบวนการต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างผู้ทดสอบ (Block)

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis): ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบ: จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ของตัวอย่างทดสอบ (sample) พบว่าค่า P-value = 0.013 < 0.05 ($\alpha$) นั่นคือค่าเฉลี่ยของคะแนนความแตกต่างทางด้านรสเปรี้ยวของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่เมื่อใช้กระบวนการที่ต่างกันและเมื่อวิเคราะห์ ANOVA ของผู้ทดสอบพบว่า P-Value = 0.226 > 0.05 ($\alpha$) นั่นคือไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Dunnett's Test ตัวอย่างที่เตรียมได้จากกระบวนการ ปัจจุบันมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับตัวอย่างจากกระบวนการใหม่พบว่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

สรุปผลการทดสอบ: สามารถใช้ขั้นตอนการผสมตามกระบวนการใหม่ในการผสมส่วนผสมชุดที่ 1 แทนกระบวนการในปัจจุบันได้เนื่องจากให้ผลทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

สรุปรวมผลการทดสอบ: จากผลการทดสอบในขั้นตอน 5.2.1-5.2.3 สามารถใช้กระบวนการใหม่ในขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมชุดที่ 1 แทนกระบวนการเดิมได้

**5.3 การทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 55 $^{o}$C ในการใช้ละลายส่วนผสมชุดที่ 2**

เนื่องจากส่วนผสมชุดที่ 2 คือส่วนผสมที่ไม่ทนต่อความร้อนสูงอาจจะสูญสลายหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เช่นสี ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทดสอบที่อุณหภูมิในช่วง 55 ถึง 75 $^{o}$C เท่านั้น

รูปแบบการทดสอบ: ใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55, 60, 65, 70 และ 75 $^{o}$C ในการละลายส่วนผสมและนำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 50 ไมครอนเพื่อทดสอบการละลายและส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์หาปริมาณส่วนผสมคงเหลือที่ห้องปฏิบัติการเคมี โดยอาศัยเทคนิค HPLC (high performance liquid chromatography) ในการวิเคราะห์

ผลการทดสอบ:

1. ไม่พบตะกอนของส่วนผสมชุดที่ 2 ตกค้างบนกระดาษกรองเมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิดังกล่าวในการละลาย
2. พบการเปลี่ยนสีของส่วนผสมเมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 และ 75 $^{o}$C ในการละลายซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ยอมรับ

3. ผลการตรวจวิเคราะห์ส่วนผสมคงเหลือพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผลการทดสอบ: สามารถเลือกใช้อุณหภูมิ 60 °C และ 65 °C ในการละลายส่วนผสมชุดที่ 2 แทนการใช้อุณหภูมิ 55 °C ตามกระบวนการเดิมได้

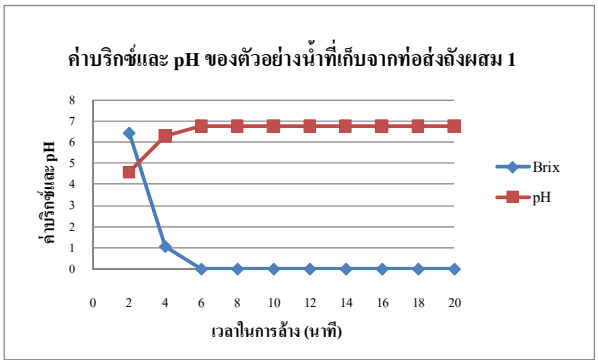
### 5.4 การทดสอบเพื่อกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการล้างถังผสม 1 และ 2 เพื่อไม่ให้ เหลือส่วนผสมตกค้าง

ปัจจุบันทางโรงงานไม่มีเกณฑ์กำหนดที่ชัดเจนสำหรับเวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างจากถังผสม 1 (1000 ลิตร) และ ถังผสม 2 (4000 ลิตร) ภายหลังส่งไปถังผสม 3 (5000 ลิตร) ส่งผลให้บางรอบผสมอาจมีส่วนผสมตกค้างเหลืออยู่ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีค่าบริกซ์ไม่ตรงตามมาตรฐาน เนื่องจากการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นการสูญเสียเพียงเล็กน้อยจะส่งผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์หาเวลาที่เหมาะสมในการล้างส่วนผสมตกค้างเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน

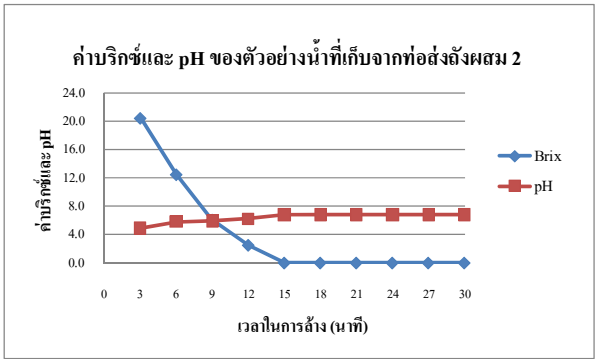
การทดสอบ: สุ่มตัวอย่างน้ำจากการผลิตจริงบริเวณท่อปล่อยตัวอย่างลงถังผสม 3 และทำการตรวจสอบค่าบริกซ์และค่าความเป็นกรดด่างเทียบกับน้ำ RO ที่ใช้ในกระบวนการโดยทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง

ผลการทดสอบ: ค่าบริกซ์และค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างน้ำที่สุ่มจากการกระบวนการผลิตจริงทุก 2 นาทีของถังผสม 1 และทุก 3 นาทีสำหรับถังผสม 2 แสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5

จากรูปที่ 4 เมื่อล้างส่วนผสมตกค้างจากถังผสม1 เป็นเวลาอย่างน้อย 6 นาทีขึ้นไป พบว่าวัดค่าบริกซ์และค่า pH อยู่ในเกณฑ์คงที่แสดงว่าไม่มีส่วนผสมตกค้างเหลืออยู่แล้วและจากรูปที่ 5 เมื่อล้างส่วนผสมตกค้างจากถังผสม 2 เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีขึ้นไป พบว่าวัดค่าบริกซ์และค่า pH อยู่ในเกณฑ์คงที่แสดงว่าไม่มีส่วนผสมตกค้างเหลืออยู่แล้วและค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เท่ากับน้ำ RO ที่ใช้ในกระบวนการผลิต




**รูปที่ 4** ค่าบริกซ์และ pH ของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากท่อส่งถังผสม 1 ที่เวลาการล้างต่างๆ (นาที)




**รูปที่ 5** ค่าบริกซ์และ pH ของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากท่อส่งถังผสม 2 ที่เวลาการล้างต่างๆ (นาที)

สรุปผลการทดสอบ: ควรใช้เวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างในถังผสม 1 ประมาณ 6 นาที และใช้เวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างในถังผสม 2 ประมาณ 15 นาที

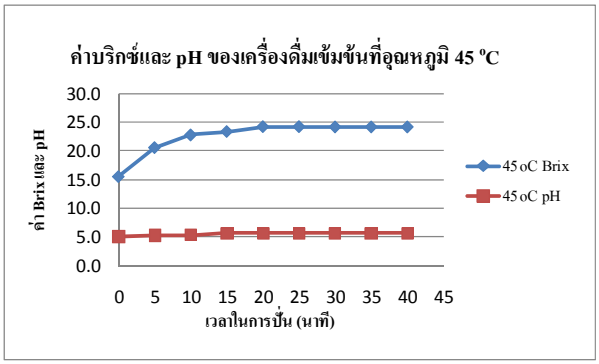
### 5.5 ทดสอบการผสมขั้นสุดท้ายที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 °C

เนื่องจากวัตถุดิบชุดที่ 3 เป็นสารช่วยปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavor) ที่ใส่เพิ่มเข้ามาในผลิตภัณฑ์ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวไม่ทนต่อความร้อนสูง ระเหยหรือสูญสลายได้ง่ายหรือกลิ่นรสอาจเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมที่เหมาะสมในการปั่นจึงมีความสำคัญผู้วิจัยจึงเลือกใช้การทดสอบการปั่นส่วนผสมที่อุณหภูมิ 45 และ 50 °C โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอนคือทดสอบวัดค่าบริกซ์และค่า pH ของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดเวลาในการปั่นที่ทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีและการทดสอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

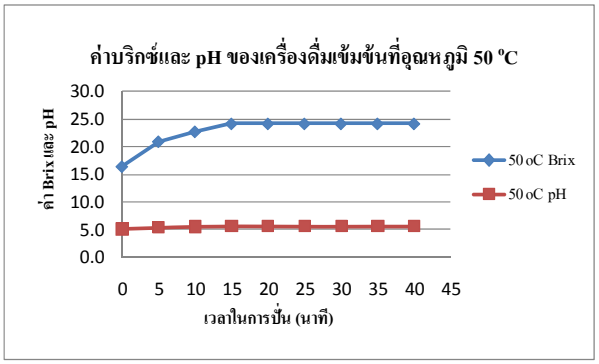
**5.5.1 การทดสอบค่าบริกซ์และค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์สุดท้าย**

การทดสอบ: สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากการใช้อุณหภูมิการปั่นส่วนผสมที่ 45 และ 50 °C จากการผลิตจริงมาวัดค่าบริกซ์และค่า pH ทุกๆ 5 นาทีจนครบ 40 นาที

ผลการทดสอบ: ค่าบริกซ์และค่า pH ของผลิตภัณฑ์จากการใช้อุณหภูมิการปั่นส่วนผสมที่ 45 และ 50 °C แสดงในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ตามลำดับ




**รูปที่ 6** ค่าบริกซ์และ pH ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปั่นส่วนผสมที่อุณหภูมิ 45 °C ณ เวลาต่างๆ (นาที)




**รูปที่ 7** ค่าบริกซ์และ pH ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปั่นส่วนผสมที่อุณหภูมิ 50 °C ณ เวลาต่างๆ (นาที)

จากรูปที่ 6 ที่อุณหภูมิ 45 °C การปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นทิ้งไว้อย่างน้อย 20 นาทีและ จากรูปที่ 7 การปั่นที่อุณหภูมิ 50 °C ทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาทีส่วนผสมต่างๆจึงเข้ากันได้ดีโดยพิจารณาได้จากค่าบริกซ์และค่า pH ที่มีค่าคงที่

สรุปผลการทดสอบ: เวลาที่เหมาะสมในการปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นขั้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 45 และ 50 °C คืออย่างน้อย 20 นาทีและ15 นาที ตามลำดับ

**5.5.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส**

รูปแบบการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบ 32 คนทำการทดสอบแบบสามเหลี่ยม (Triangle Test) โดยเลือกตัวอย่างที่แตกต่าง 1 ตัวอย่างออกจากตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง เพื่อทดสอบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาในการปั่นส่วนผสมไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัส

ตัวอย่างการทดสอบ ชุดที่ 1 ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิในการปั่นส่วนผสมที่ 45 °C เทียบกับตัวอย่างจากกระบวนการปกติและชุดที่ 2 ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิในการปั่นส่วนผสมที่ 50 °C เทียบกับตัวอย่างจากกระบวนการปกติ โดยกำหนดให้ใช้เวลาในการปั่นส่วนผสมทั้ง 2 ชุด 20 นาทีเพื่อเป็นการยืนยันว่าส่วนผสมจะเข้ากันได้อย่างสมบูรณ์

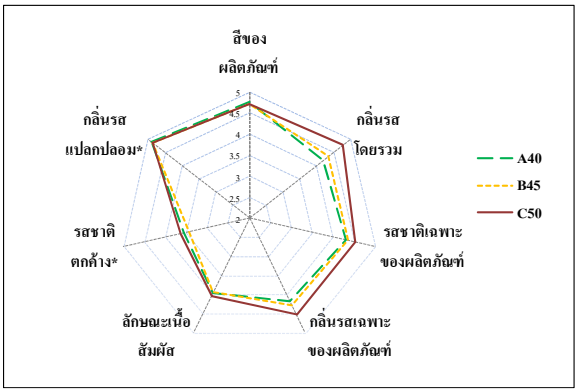
ผลการทดสอบ: จากตารางสถิติของการทดสอบแบบสามเหลี่ยม [9] กำหนดว่าจากจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 32 คนต้องมีผู้ทดสอบที่ตอบถูกอย่างน้อยที่สุด 16 คนจึงสามารถบอกได้ว่าตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างชุดที่ 1 มีผู้ทดสอบที่ตอบถูกจำนวน 14 คนซึ่งน้อยกว่า 16 คนนั่นคือตัวอย่างทดสอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้อุณหภูมิในการปั่นส่วนผสมต่างกัน และในตัวอย่างชุดที่ 2 มีผู้ทดสอบที่ตอบถูกจำนวน 22 คนซึ่งมากกว่า 16 คน นั่นคือตัวอย่างทดสอบจึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้อุณหภูมิในการปั่นส่วนผสม

สรุปผลการทดสอบ: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมเครื่องดื่มเข้มข้นในขั้นตอนสุดท้ายจาก 40 °C เป็น 45 °C ไม่ส่งผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 50 °C ส่งผลกระทบต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

**5.5.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ**

จากผลการทดสอบหัวข้อ 5.5.2 เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการผสมขั้นสุดท้ายพบว่าที่อุณหภูมิ 50 °C

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเพื่อประเมินว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นไปในทิศทางใดและผู้ทดสอบยอมรับตัวอย่างจากกระบวนการไหนมากกว่า การทดสอบขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะอาศัยการทดสอบประสาทสัมผัสแบบ QDA [1] และรวบรวมคะแนนจากผู้ทดสอบมาวิเคราะห์และทำข้อมูลโปรไฟล์แบบใยแมงมุมแสดงลักษณะคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ดังในรูปที่ 8




**รูปที่ 8** ข้อมูลโปรไฟล์แบบใยแมงมุมของลักษณะคุณภาพของเครื่องดื่มเข้มข้นสูตรจากการใช้อุณหภูมิผสมต่างกัน

จากข้อมูลโปรไฟล์แบบใยแมงมุมดังรูปที่ 8 ตัวอย่างจากการผสมที่อุณหภูมิ 50 °C (C50) ได้คะแนนการยอมรับด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการมากกว่าตัวอย่างที่ได้จากการผสมด้วยอุณหภูมิ 40 และ 45 °C

<u>สรุปผลการทดสอบ:</u> สามารถปรับกระบวนการผสมเครื่องดื่มขั้นสุดท้ายโดยใช้อุณหภูมิ 50 °C ปั่นส่วนผสมเป็นเวลา 20 นาทีแทนกระบวนการปัจจุบันได้ เนื่องจากได้ตัวอย่างที่มีลักษณะคุณภาพเป็นที่ยอมรับมากกว่า

## 6. สรุปแนวทางการปรับปรุงกระบวนการ

จากผลการทดสอบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการในห้องปฏิบัติการและระดับการผลิต ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการปรับปรุงกระบวนการในแต่ละขั้นตอนต่างๆตามรูปที่ 2 และนำเสนอต่อฝ่ายโรงงานเพื่อพิจารณาปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** แนวทางการปรับปรุงกระบวนการ

| ขั้นตอน | สิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน | แนวทางใหม่ที่นำเสนอ |
|---|---|---|
| ขั้นตอนที่ 1 | ก่อนเริ่มการผลิตต้องเตรียมน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 °C เพื่อใช้ในกระบวนการ เกิดความสูญเปล่าในการรอคอย | ลดอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ในกระบวน การลงเหลือ 85 °C เพื่อลดเวลาการเตรียมการ |
| ขั้นตอนที่ 4 | ฆ่าเชื้อระบบผสมจนถึงระบบบรรจุโดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 90 °C วนในระบบเวลา 30 นาที | ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 85 °C วนในระบบเวลา 10 นาทีแทนกระบวนการเก่า |
| ขั้นตอนที่ 5-8 | การเตรียมส่วนผสมชุดที่ 1 เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า แต่เกิดความสูญเปล่าจากการมีกระบวนการเกินจำเป็น | ให้เปลี่ยนแปลงขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมชุดที่ 1 ตามที่นำเสนอในรูปที่ 3 |
| ขั้นตอนที่ 9-10 | การเตรียมส่วนผสมชุดที่ 2 เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอยการลดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลายวัตถุดิบ | ให้ใช้อุณหภูมิ 65 °C ในการละลายส่วนผสมชุดที่ 2 แทนอุณหภูมิ 55 °C เพื่อลดเวลาการรอคอย |
| ขั้นตอนที่ 11-12 | ไม่มีกำหนดเวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างส่งผลให้ทำให้เกิดของที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน | กำหนดเวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างในถังผสม 1 คือ 6 นาทีและเวลาในการล้างส่วนผสมตกค้างในถังผสม 2 คือ 15 นาที |
| ขั้นตอนที่ 13,16 | การวัดค่าบริกซ์และ pH ต้องเก็บตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอย | ซื้อเครื่องมือวัดค่า pH แบบพกพาเพื่อวัดค่าหน้างานได้ทันที |

**ตารางที่ 6** (ต่อ) แนวทางการปรับปรุงกระบวนการ

| ขั้นตอน | สิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน | แนวทางใหม่ที่นำเสนอ |
|---|---|---|
| ขั้นตอนที่ 14-15 | ปั่นส่วนผสมขั้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 40 °C ทำให้ต้องเสียเวลาในการรอคอยเพื่อลดอุณหภูมิก่อนการผสมครั้งที่ 3 | เสนอให้ปั่นส่วน ผสมที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 20 นาทีแทนกระบวนการเดิม |
| ขั้นตอนที่ 20 | ไม่มีเครื่องมือช่วยในการยกถังบรรจุเครื่องดื่มเข้มข้นใช้พนักงานยกเกิดความล้าและใช้เวลานานในการขนย้าย | เสนอให้มีการติดตั้งระบบยกถังบรรจุเพื่อช่วยในการยกและปรับผังโรงงานใหม่ |

จากแนวทางที่นำเสนอในตารางที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบในระดับการผลิตจริงภายใต้ข้อจำกัดของโรงงาน โดยเก็บข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนทำการบันทึกเวลาเพื่อนำมากำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานในขั้นตอนต่างๆและสรุปผลการทดสอบเพื่อนำเสนอเป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนมาตรฐานการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นต่อไป

## 7. สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการ

จากการทดสอบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการในระดับการผลิตจริงภายใต้ข้อจำกัดของโรงงานผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นสำหรับการผสม 1 รอบ เปรียบเทียบกระบวนการปัจจุบันกับกระบวนการใหม่ดังแสดงในตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น 1 รอบการผสมปรียบเทียบกระบวนการปัจจุบันกับกระบวนการใหม่

| กระบวนการปัจจุบัน | | | | กระบวนการใหม่ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขั้นตอน | การทำงาน | | เวลา | ขั้นตอน | การทำงาน | | เวลา |
| | คน | m/c | (นาที) | | คน | m/c | (นาที) |
| 1. การตรวจสอบระบบไอความร้อน การล้างระบบผสมและต้มน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 °C | ○ | ○ | 80 | 1. การตรวจสอบระบบไอความร้อน การล้างระบบผสมและต้มน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 °C | ○ | ○ | 65 |
| 2. เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ | ⇨ | | 10 | 2. เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ | ⇨ | | 10 |
| 3. ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบตามสูตรผสม | □ | | 5 | 3. ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบตามสูตรผสม | □ | | 5 |
| 4. ฆ่าเชื้อระบบผสม (ด้วยน้ำร้อน 95 °C) | | ○ | 30 | 4. ฆ่าเชื้อระบบผสม (ด้วยน้ำร้อน 85 °C) | | ○ | 10 |
| 5. การผสมครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 90 °C | ○ | ○ | 35 | 5. การผสมครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 85 °C | ○ | ○ | 45 |
| 6. เพิ่มอุณหภูมิการละลายจนถึง 90 °C | | ○ | 20 | 6. ลดอุณหภูมิในถังผสม 2 เหลือ 60° C | ○ | ○ | 15 |
| 7. ปั่นทิ้งไว้ 30 นาที | | ○ | 30 | 7. เติมน้ำ90 °C ในถังผสม1 และลดอุณหภูมิน้ำเหลือ 60 °C | ○ | ○ | 15 |
| 8. ลดอุณหภูมิในถังผสม 2 เหลือ 60° C | ○ | ○ | 25 | 8. การผสมครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60 ° C | ○ | ○ | 15 |
| 9. เติมน้ำ 90 ° C ในถังผสม 1 และลดอุณหภูมิน้ำเหลือ 55 ° C | ○ | ○ | 20 | 9. ส่งส่วนผสมจากถังผสม 2 ไปถังผสม 3 จนหมดและล้างส่วนผสมที่ตกค้างด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ | | ⇨ | 35 |
| 10.การผสมครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 55 ° C | ○ | | 15 | | | | |
| 11.ส่งส่วนผสมจากถังผสม 2 ไปถังผสม 3 จนหมด | | ⇨ | 30 | 10. ส่งส่วนผสมจากถังผสม 1 ไปถังผสม 3 จนหมดและล้างส่วนผสมที่ตกค้างด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ | | ⇨ | 15 |
| 12.ส่งส่วนผสมจากถังผสม 1 ไปถังผสม 3 จนหมด | | ⇨ | 15 | | | | |
| 13.ตรวจสอบค่าบริกซ์และ pH ของส่วนผสมในถังผสม 3 | □ | | 10 | 11. ตรวจสอบค่าบริกซ์และ pH ของส่วนผสม ในถังผสม 3 | □ | | 10 |
| 14.การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 40 ° C | ○ | ○ | 20 | 12. การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 50 ° C | | ○ | 20 |

**ตารางที่ 7** (ต่อ) ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น 1 รอบการผสมปรียบเทียบกระบวนการปัจจุบันกับกระบวนการใหม่

| กระบวนการปัจจุบัน | | | | กระบวนการใหม่ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ขั้นตอน | การทำงาน | | เวลา (นาที) | ขั้นตอน | การทำงาน | | เวลา (นาที) |
| | คน | m/c | | | คน | m/c | |
| 15.การปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นภายหลังผสมเสร็จ | | ○ | 40 | 13. การปั่นเครื่องดื่มเข้มข้นภายหลังผสมเสร็จ | | ○ | 20 |
| 16.ตรวจสอบค่าบริกซ์ และ pH ของผลิตภัณฑ์และทดสอบทางประสาทสัมผัส | □ | | 30 | 14. ตรวจสอบค่าบริกซ์ และ pH ของผลิตภัณฑ์และทดสอบทางประสาทสัมผัส | □ | | 30 |
| 17.*เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์เซอร์ | | ○ | 60 | 15. *เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์เซอร์ | | ○ | 60 |
| 18.ฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์และชะท่อบรรจุไม่ให้มีน้ำตกค้างตรวจสอบค่าบริกซ์และน้ำหนักก่อนการบรรจุ | ○ | ○ | 25 | 16. ฆ่าเชื้อและชะท่อบรรจุไม่ให้มีน้ำตกค้าง ตรวจสอบค่าบริกซ์และน้ำหนักก่อนบรรจุ | ○ | ○ | 25 |
| 19.*เตรียมภาชนะบรรจุ | ○ | | 40 | 17. *เตรียมภาชนะสำหรับบรรจุ | ○ | | 40 |
| 20.บรรจุเครื่องดื่มเข้มข้นลงถังขนาด 20 ลิตรพร้อมทยอยส่งผลิตภัณฑ์ไปห้องจัดเก็บ | ○ | ○ | 150 | 18. บรรจุเครื่องดื่มเข้มข้นลงถังขนาด 20 ลิตรพร้อมทยอยเก็บส่งผลิตภัณฑ์ไปห้องจัดเก็บ | ○ | ○ | 110 |
| 21.*ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ | ○ | | 10 | 19. *ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ | ○ | | 10 |
| 22.ล้างระบบทั้งหมด | ○ | ○ | 30 | 20. ล้างระบบทั้งหมด | ○ | ○ | 30 |
| **เวลารวมที่ใช้ใน 1 รอบการผสม** | | | **620** | **เวลารวมที่ใช้ใน 1 รอบการผสม** | | | **475** |

ขั้นตอนที่มี (*) ไม่ใช่ขั้นตอนบนเส้นทางวิกฤตจะไม่นำมาคิดเวลาในการผลิตสำหรับ 1 รอบผสม

จากผลการทดสอบกระบวนการใหม่ที่ระดับการผลิตจริงพบว่าสามารถลดรอบเวลาการผสมเครื่องดื่มเข้มข้นจำนวน 1 รอบการผสมลงได้ โดยกระบวนการเดิมใช้เวลาการผสมเท่ากับ 620 นาที (10.33 ชั่วโมง) เหลือ 475 นาที (7.92 ชั่วโมง) นั่นคือสามารถลดเวลาในการผสมลงได้ 145 นาที (2.41 ชั่วโมง) คิดเป็น 23.4 % ซึ่งแนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปสร้างเป็นขั้นตอนมาตรฐานในการผลิตเพื่อช่วยในการควบคุมกระบวนการและควบคุมเวลาในการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้นต่อไป

อนึ่งแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มโดยมีกระบวนการทดสอบคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติร่วมด้วยนั้นสามารถนำไปใช้เป็นกรอบความคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยรักษาระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานได้

## 8. เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ บัวแก้ว. รู้จักระบบการผลิตแบบลีน (Introduction to Lean Manufacturing) กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2547.

[2] ปราณี อ่านเปรื่อง. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[3] ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

[4] ไพโรจน์ วิริยจารี. การประเมินทางประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

[5] วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[6] D. Seth, and V. Gupta, "Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study," Production Planning & Control. Vol. 16, No. 1, 1 January, 2005: 44–59

[7] J.P. Womack and D.T. Jones, Lean Thinking. New York: Simon & Schuster, 1996.

[8] M. Capistrano, "Product improvement: mango (puree) juice", B.S.F.T. Thesis, Philippine, 1978.

[9] M.C. Meilgaard, G.V. Civille and B.T. Carr, Sensory Evaluation Techniques. Fourth Edition, Taylor and Francis group, 2006.

[10] M.M. Gatchalian, "Sensory evaluation as a tool for quality control", Diploma paper, Bouwcentrum Int'l. Educ. Rotterdam, Holland, 1976.

[11] M.M. Gatchalian, and S.Y. de Leon, Introduction to Food Technology: Emphasis on Production and Quality Control.Vol.1, U.P. College of Home Economics, Diliman, Philippines, 1975.

[12] P. Hines, and N. Rich, "The seven value stream mapping tools", International Journal of Operations & Management, Vol.17, No. 1, 1997, pp. 46-64.

[13] S. Jannes, A.C. Jos, and G. Remco, "A lean production control system for high-variety /low- volume environments: case study implementation", Production Planning & Control, Vol. 20, No. 7, Oct. 2009, pp.586–595.

[14] S. Shigeo, A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Oregon: Productivity Press, 1989.

[15] T. Ohno, Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Productivity Press Inc., 2002.