P-ES14

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติ

Semiautomatic Juice Pasteurization Machine

ณฐพรภัทร์ อินทร์ศิริพงษ์[1*] ครองศักดา ภัคธนกนก[2] และเจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์[3]

[1, 2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 70150

[3]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

อีเมล์: Nattapornpash@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้หรือผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่น ที่มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตรอบละไม่เกิน 20 ลิตร ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบควบคุม โครงสร้างของเครื่องและอุปกรณ์ประกอบทำจากสแตนเลสเพื่อความแข็งแรงและง่ายต่อการทำความสะอาด เครื่องถูกออกแบบให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์โดยใช้วิธีความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) โดยจัดวางองค์ประกอบของเครื่องให้มีระดับสูงต่ำเรียงลำดับกันเพื่อให้วัตถุดิบที่นำมาพาสเจอร์ไรซ์เคลื่อนที่จากบนลงล่างได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และสามารถไหลผ่านส่วนให้ความร้อนและส่วนทำความเย็นได้ตามเวลาที่ต้องการ โดยสามารถควบคุมอัตราการไหลได้จากวาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถัง จากผลการทดลองพบว่าเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอสามารถสร้างเงื่อนไขของอุณหภูมิและเวลาในการรับความร้อนของวัตถุดิบ ได้ตามข้อกำหนดของการทำพาสเจอร์ไรซ์

คำสำคัญ: เครื่องพาสเจอร์ไรซ์, ความร้อนสูง-เวลาสั้น, กึ่งอัตโนมัติ

1. บทนำ

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปนั้นเป็นการช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ช่วยยกระดับราคาผลิตผลไม่ให้ตกต่ำ ช่วยให้ผลผลิตมีอายุยาวนานขึ้นสามารถเก็บรักษาไว้จำหน่ายได้เป็นเวลานานก่อนจะเน่าเสีย ทั้งนี้การแปรรูปสินค้าเกษตรยังสามารถสร้างเป็นอาชีพหลักหรือเสริมให้กับเกษตรกรได้ขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณในการผลิต การแปรรูปสินค้าเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารนั้นต้องมีการวางแผนผลิตสินค้านั้นล่วงหน้า และเหมาะสมกับฤดูกาล เพื่อสินค้านั้นจะมีต้นทุนต่ำขายได้ ราคาสูง ต้องมีความสนใจ และตั้งใจต่อการทำผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อให้มีความสม่ำเสมอของรสชาติและคุณภาพที่ดี ต้องคำนึงถึงความสะอาดความปลอดภัยเสมอ ต้องมีความรู้ในสารปรุงแต่งอาหารที่ใช้อย่างแม่นยำ การแปรรูปผลิตผลการเกษตร ถ้าต้องการให้ ผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพดี และการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปจะต้องมีลักษณะและคุณภาพตรงตามชนิดของอาหาร และต้องคำนึง ถึงเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบด้วย [1]

ปัจจุบันการแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรประเภทของเหลว เช่น น้ำผลไม้ หรือนม เพื่อการถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้เป็นเวลานานนั้นจะใช้วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ หรือการสเตอริไลซ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิตแต่ทั้งสองวิธีการนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตโดยเฉพาะเข้าช่วย ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงการและสร้างและทดสอบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติที่มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายง่าย และมีราคาถูก เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถนำไปใช้แปรรูปผลผลิตของตนเองเพื่อเป็นอาชีพเสริมได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและทดสอบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้หรือผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่นที่ทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตรอบละไม่เกิน 20 ลิตร ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบควบคุม

3. ทฤษฎี

การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) คือ การทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารบูดเน่า เป็นวิธีการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยโดยที่ไม่ทำให้กลิ่นรส ส่วนประกอบของอาหารเปลี่ยนแปลง ทั้งยังคงคุณภาพของอาหารให้ไม่แตกต่างจากอาหารดิบมากนัก การพาสเจอร์ไรซ์อาหารสามารถทำลายเซลล์ ยีสต์ ราและแบคทีเรีย ที่ไม่ทนร้อน แต่ยังไม่เพียงพอที่จะทำลายแบคทีเรียที่ทนความร้อนสูง (thermophillic bacteria) และไม่สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสปอร์ จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การพาสเจอร์ไรซ์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าจุลชีพที่แปลกปลอมอยู่ในเหล้าไวน์ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการผลิตเครื่องดื่มที่ต้องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ แต่ใช้อุณหภูมิสูงมากไม่ได้ เพราะจะทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลง โดยหลักการ ก็คือความร้อนจากการให้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะส่งผลทำให้สารโปรตีนที่มีอยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ และเอนไซม์แข็งตัวจับกันเป็นก้อนและเสื่อมสภาพ โดยการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีจากความร้อนจึงทำลายเอนไซม์และสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ วิธีการพาสเจอร์ไรซ์มี 2 วิธีคือ

1. วิธีใช้ความร้อนต่ำ-เวลานาน (LTLT: Low Temperature - Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย

2. วิธีใช้ความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรกแต่ใช้เวลาน้อยกว่า คืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียสคงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลง กล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส [2]

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอในบทความนี้ ถูกออกแบบให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยวิธีความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) เราสามารถแบ่งย่อยชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ได้อีกหลายชนิดตามเวลาและอุณหภูมิที่ให้กับวัตถุดิบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ตามเวลาและอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	เวลา	ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์
63 °C (145 °F)*	30 นาที	Vat Pasteurization
72 °C (161 °F)*	15 วินาที	High temperature short time Pasteurization (HTST)
89 °C (191 °F)	1.0 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
90 °C (194 °F)	0.5 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
94 °C (201 °F)	0.1 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
96 °C (204 °F)	0.05 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
100 °C (212 °F)	0.01 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
138 °C (280 °F)	2.0 วินาที	Ultra Pasteurization (UP)

* ในกรณีที่มีไขมันในนมเกินกว่าร้อยละ 10 หรือมีการเพิ่มความหวานลงในวัตถุดิบที่ใช้ หรือวัตถุดิบมีความเข้มข้นสูง อุณหภูมิจำเพาะที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์จะต้องเพิ่มขึ้นอีก 3 องศาเซลเซียส (5 องศาฟาเรนไฮต์) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ตามเวลาและอุณหภูมิเมื่อวัตถุดิบมีไขมันเกินร้อยละ 10 หรือมีการเพิ่มความหวาน

อุณหภูมิ	เวลา	ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์
69 °C (155 °F)	30 minutes	Vat Pasteurization
80 °C (175 °F)	25 seconds	High temperature short time Pasteurization (HTST)
83 °C (180 °F)	15 seconds	High temperature short time Pasteurization (HTST)

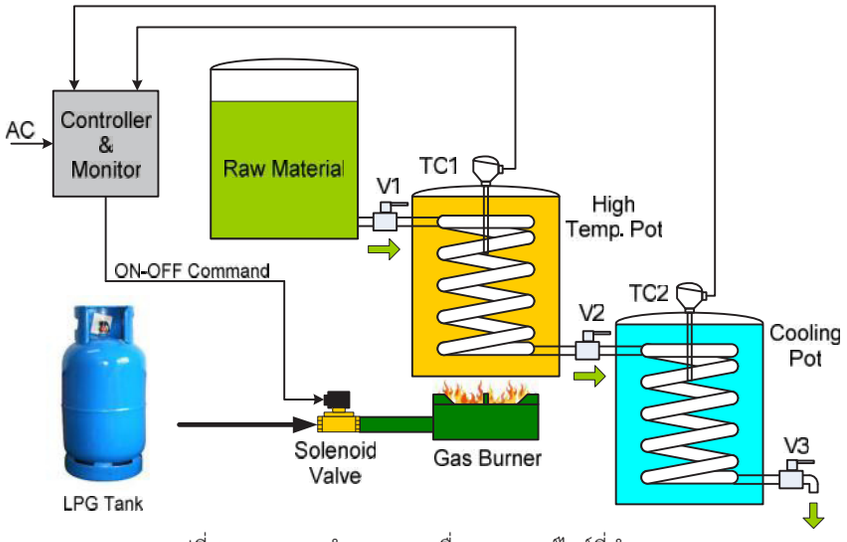
4. การออกแบบและสร้าง

โครงสร้างของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่ออกแบบขึ้นแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนของการเก็บพักวัตถุดิบ ส่วนการให้ความร้อน ส่วนของการทำความเย็น และส่วนของการตรวจวัดและระบบควบ โดยวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจะทำจากสแตนเลสเพื่อความแข็งแรงง่ายต่อการทำความสะอาดและปราศจากสนิม ติดตั้งล้อ 4 ล้อ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย รายละเอียดของอุปกรณ์และการทำงานขององค์ประกอบแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

4.1 ส่วนของการเก็บและพักวัตถุดิบ

ส่วนของการเก็บวัตถุดิบทำขึ้นจากหม้อสแตนเลส จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 จะเห็นว่าถังสำหรับเก็บวัตถุดิบนั้นถูกวางอยู่ในตำแหน่งบนสุด เนื่องจากออกแบบให้เครื่องทำงานโดยอาศัยหลักการแรงโน้มถ่วงของโลก โดยเมื่อผู้ใช้เปิดวาล์ว V1 วัตถุดิบจะไหลจากถังเก็บลงสู่ส่วนของการให้ความ

ร้อนเองตามแรงโน้มถ่วงโดยไม่ต้องใช้กำลังจากปั๊ม เนื่องจากถังสำหรับเก็บวัตถุดิบมีขนาด 20 ลิตร ซึ่งการเติมวัตถุดิบจะทำได้อยากเพราะต้องยกวัตถุดิบที่มีน้ำหนักมากขึ้นที่สูง จึงออกแบบให้ใช้รอกไฟฟ้าทำเป็นลิฟต์ยกของขนาดเล็กเพื่อช่วยผ่อนแรง (ดูรูปที่ 2) ทำให้คนสูงอายุหรือผู้หญิงสามารถใช้งานเครื่องนี้คนเดียวได้



รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอ

รูปที่ 2 เครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบกึ่งอัตโนมัติที่นำเสนอ

4.2 ส่วนของการให้ความร้อน

ส่วนของการให้ความร้อนทำขึ้นจากหม้อสแตนเลสขนาดเดียวกันกับที่ใช้เก็บวัตถุดิบ วางอยู่บนเตาแก๊สโดยภายในติดตั้งท่อสแตนเลสขนาด ½ นิ้ว ขดเป็นวงเพื่อทำเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) โดยใช้หลักการให้ความร้อนทางอ้อม คือ การให้ความร้อนกับวัตถุดิบที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการรับความร้อนจากเตาแก๊สแล้วถ่ายเทให้กับวัตถุดิบที่ไหลอยู่ในท่อขด ทำให้วัตถุดิบได้รับความร้อนได้โดยไม่ต้องสัมผัสหรือเจือปนกับสารทำงานตัวกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 ส่วนของการเก็บและพักวัตถุดิบและส่วนของการให้ความร้อน

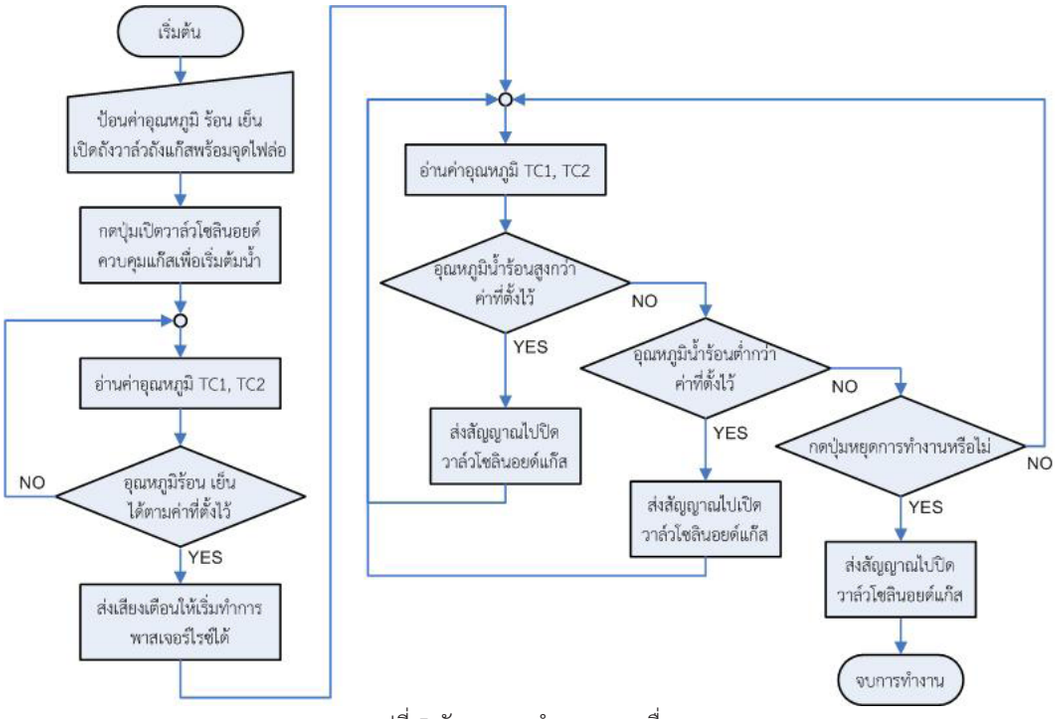
4.3 ส่วนของการทำความเย็น

ส่วนของการทำความเย็นทำขึ้นจากหม้อสแตนเลสขนาดเดียวกันกับทั้งสองส่วนแรก ภายในติดตั้งท่อสแตนเลสขนาด ½ นิ้ว ขดเป็นวงเพื่อทำเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเช่นเดียวกับส่วนให้ความร้อน ในขณะใช้งานต้องใส่น้ำแข็งให้เต็มหม้อเพื่อลดความร้อนของวัตถุดิบที่ไหลผ่านในท่อลงอย่างรวดเร็ว

4.4 ส่วนของการตรวจวัดและระบบควบคุม

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอในบทความนี้ควบคุมการทำงานด้วย PLC (Programmable Logic Controller) ขนาดเล็ก และมีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (user interface) เป็นหน้าจอสัมผัส ใช้เซนเซอร์แบบเทอร์โมคัปเปิลตรวจจับอุณหภูมิที่ส่วนของการทำความร้อน (TC1) และที่ส่วนของการทำความเย็น (TC2) ส่งข้อมูลให้กับ PLC เพื่อเป็นข้อมูลในการปิด-เปิด หัวเตาแก๊สด้วยโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมอุณหภูมิของส่วนทำความร้อนให้ได้ตามที่ตั้งค่าไว้ และสามารถแสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้ที่หน้าจอสัมผัสของเครื่อง ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 เทอร์โมคับเปิลและโซลินอยด์วาล์วปิด-เปิดแก๊ส



รูปที่ 5 ผังงานการทำงานของเครื่อง

4.5 วิธีการใช้งานเครื่อง

ก่อนทำการพาสเจอร์ไรซ์ควรล้างเครื่องและภาชนะที่จะใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำร้อน การใช้งานเครื่องเริ่มต้นจากเทวัตถุดิบลงในถังเก็บแล้วยกขึ้นด้วยลิฟท์ไฟฟ้าให้ได้ระดับจากนั้นต่อสายยางจากถังเก็บเข้ากับถังให้ความร้อนต่อสายยางจากถังให้ความร้อนเข้ากับถังทำความเย็น เติมน้ำใส่ถังให้ความร้อนจนเต็ม เตรียมน้ำแข็งสำหรับใส่ถังทำความเย็น ตั้งอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเครื่อง เปิดวาล์วที่ถังแก๊ส จุดไฟล่อที่หัวเตาแก๊สแล้วกดปุ่มแก๊ส ON ที่หน้าจอเพื่อเริ่มทำงาน เครื่องจะส่งสัญญาณไปเปิดโซลินอยด์วาล์วที่ควบคุมหัวเตาแก๊สและเริ่มต้มน้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเริ่มเพิ่มขึ้นระดับหนึ่งให้เติมน้ำแข็งลงในถังทำความเย็น เมื่ออุณหภูมิในส่วนร้อน และอุณหภูมิในส่วนเย็นได้ตามที่ตั้งค่าไว้ เครื่องจะส่งสัญญาณเตือนให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์ได้ การพาสเจอร์ไรซทำได้โดยการเปิดวาล์ว V1 ให้วัตถุดิบไหลผ่านความร้อน และเปิดวาล์ว V2 ให้วัตถุดิบไหลลงผ่านความเย็นและไหลลงภาชนะสำหรับบรรจุ โดยการทำงาน 1 รอบจะสามารถบรรจุวัตุดิบได้ประมาณ 20 ลิตร

5. การทดลองและผลการทดลอง

ผลการทดลองในตารางที่ 3 ได้ทำการทดลองโดยใช้วัตถุดิบที่จะพาสเจอร์ไรซ์เป็นน้ำอ้อย โดยเริ่มจากป้อนน้ำอ้อยคั้นสดบรรจุลงไปในถังวัตถุดิบ ซึ่งสามารถบรรจุน้ำอ้อยได้ปริมาตรสุทธิเท่ากับ 32 ลิตร อุณหภูมิวัตถุดิบเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 28 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5 เมื่อส่งน้ำอ้อยเข้าสู่ส่วนการถ่ายเทความร้อน (High Temp. Pot) อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการให้ความร้อนซึ่งวัดที่ตำแหน่ง V2 มีค่าเท่ากับ 73 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5 และเมื่อส่งน้ำอ้อยเข้าสู่ส่วนของการทำให้เย็น (Cooling Pot) อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการทำให้เย็นซึ่งวัดที่ตำแหน่ง V3 มีค่าเท่ากับ 2.5 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5

ตารางที่ 3 อุณหภูมิและ °Brix ที่วัดได้จากระบบการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์

รายการ	อุณหภูมิ (°C)	°Brix
อุณหภูมิของวัตถุดิบก่อนการทำพาสเจอร์ไรซ์	28	12.5
อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการให้ความร้อน	73	12.5
อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการทำให้เย็น	2.5	12.5

รูปที่ 6 การวัดอุณหภูมิของวัตถุดิบที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องที่ออกแบบขึ้นนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุดิบ ซึ่งต้องเติมน้ำลงในหม้อต้มจำนวน 30 ลิตร จึงจะท่วมคอยด์ร้อนได้ทั้งหมด การต้มน้ำในหม้อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำพาสเจอร์ไรซ์ (ประมาณ 72-73 °C) จะต้องใช้แก๊สประมาณ 0.7 กิโลกรัม เพื่อต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 78 °C (อ่านค่าจากตำแหน่ง TC1) และใช้เวลาในการให้ความร้อนประมาณ 20 นาทีด้วยไฟแรงสุด และเมื่อทำการทดลองพาสเจอร์ไรซ์น้ำอ้อยจำนวน 32 ลิตร จะต้องใช้แก๊สประมาณ 0.3 กิโลกรัม โดยมีการจุดไฟและดับไฟเป็นระยะเพื่อควบคุมให้อุณหภูมิของการทำความร้อนให้อยู่ในช่วง 72-73 °C ใช้เวลาในการทำพาสเจอร์ไรซ์ทั้งสิ้น 40 นาที ดังนั้นอัตราการผลิตน้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์จึงมีค่าเท่ากับ 0.8 ลิตรต่อนาที ใช้แก๊สไป 1 กิโลกรัม

7. เอกสารอ้างอิง

[1] KU eMagazine. (2547), **การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร**, ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2557, จาก http://www.ku.ac.th/e-magazine/january47/agri.html

[2] ปัถย์ สำเภาเงิน (2556), นมพาสเจอร์ไรซ์ คืออะไร, สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2557, จาก http://www.vs.mahidol.ac.th/jerse/index.php?option=com_content&view=article&id=7

[3] Guha, E. (2000). **Basic thermodynamics**. Pangbourne: Alpha Science.

[4] Pitts, R. D. & Sissom, E. L. (1983). Heat transfer. Schaum's outline series.New York: McGraw-Hill.