รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2561

โครงการ การยืดอายุผักแกะสลักด้วยนวัตกรรมเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหาร

(Treatments Prolong Vegetable Carving Machine with Innovative Acidity of Vegetable under Controlled Temperature and Pressure to Create Added Value in Food Industry)

คณะผู้วิจัย

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์
พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์
นิธิยา รัตนาปนนท์
ศันสนีย์ ทิมทอง
อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
สังกัดคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2561

โครงการ การยืดอายุผักแกะสลักด้วยนวัตกรรมเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหาร

(Treatments Prolong Vegetable Carving Machine with Innovative Acidity of Vegetable under Controlled Temperature and Pressure to Create Added Value in Food Industry)

คณะผู้วิจัย

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์
พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์
นิธิยา รัตนาปนนท์
ศันสนีย์ ทิมทอง
อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
สังกัดคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การยืดอายุผักแกะสลักด้วยนวัตกรรมเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหาร

นักวิจัย จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ นิธิยา รัตนาปนนท์
ศันสนีย์ ทิมทอง อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter ; TT) หรืออาร์ทีดีชนิด PT100 (Platinum ความต้านทาน 100 โอห์ม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส) ทำการวัดอุณหภูมิภายในถังดองและถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนและเป็นส่วนช่วยในการทำ Auto tuning ค่า PID ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังเฟสแองเกิล (phase angle) เพื่อเพิ่มลดสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบคลื่นรูปซายน์ในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน ต่อมาจะมีการนำค่า PID มาประมวลผลและแสดงกราฟในสกาดา และใช้ Modbus RTU มาช่วยในการสื่อสารกันระหว่าง Temperature Controller กับ PLC เพื่อนำค่า PID มาประมวลผล ระบบสุญญากาศใช้อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter; PT) ที่ติดตั้งบนถังดองเป็นอุปกรณ์วัดความดันภายในถังเพื่อทำการควบคุมแบบป้อนกลับให้ค่าความดันที่วัดได้จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ จากนั้นทำการทดลองปรับกรดผักแกะสลัก จากการทดลองพบว่าการปรับกรดในสภาวะปกติใช้เวลามากกว่าการปรับกรดในสภาวะสูญญากาศและการปรับกรดในสภาวะสุญญากาศแบบแช่ทั้งผักแกะสลักและน้ำดองพร้อมๆ กันเป็นวิธีที่ใช้เวลาสั้นที่สุด หลังจากผ่านการปรับกรด ทำการบรรจุลงผักแกะสลักลงในขวดแก้วพร้อมกับน้ำดอง ทำการปิดฝา จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที ลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักดองในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา *E. coli* ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Title Treatments Prolong Vegetable Carving Machine with Innovative Acidity of Vegetable under Controlled Temperature and Pressure to Create Added Value in Food Industry

Researcher Jomkwun Suwannarak Pimpen Pornchaloempong
Jetniphat Bunyasawat Nithiya Rattanapanone
Sansanee Thimthong Inteema Hiran a-karawong

Year 2018

Abstract

The objective of this research was to find the suitable processes of carved-vegetables which packed in hermetically sealed container. Two vegetables were composed of carrot and pumpkin. There were carved into rose or leaf shape. An optimum ratio of 2 recipes of pickle solution were studied. The first one was a recipe which acidified with lactic acid (acidified-recipe) to pH <4.6. Another one was a recipe supplemented with preservative (preservative-added recipe). The results showed that an optimum ratio for acidified-recipe was composed of 7.23% vinegar, 64.81% water, 0.81% salt, 27.00% sugar and 0.15% lactic acid which showed the final pH was 3.27. For preservative-added recipe, an optimum ratio was composed of 27.03% vinegar, 27.03% water, 0.9% salt, 45.05% sugar and 200 ppm sodium metabisulfite which showed the final pH was 3.39.

Carrot, pumpkin, green papaya and cucumber were sanitized in peroxyacetic acid (80 mg/L, 3 min). Radish was dipped in tap water for 3 min. Then, all carved-vegetables were immersed in calcium chloride solution (0.5%, 2 min) before preserved in acidified-recipe solution in plastic box with a lid and then stored at room temperature for 4 days. Equilibrium time, pH and °Brix were studied. The results showed that pH and °Brix were decrease during 4 days storage, and showed obviously tended to equilibrium. However, carved-radish and cucumber were spoiled by microorganisms as a film on the surface of pickle solution, and gas bubble was

occurred inside a container on 4 days of the storage. Hence, three carved-vegetables including carrot, pumpkin and radish were used in the next experiment which preserved in preservative-added recipe. Treatment was compared with the same recipe without preservative as the control. All types of carved-vegetables had an equilibrium time for 7 days. Three parts of samples, e.g., pickle solution, carved-vegetables and mixed-sample, showed pH lower than 4.6 and °Brix were gradually decreased during the storage. Shelf-life of all carved-vegetables stored in hermetically sealed container was up to 7 days. Total bacteria count, *E. coli*, yeast-mold were not exceeded than the standard limited by Ministry of Public Health and *Staphylococcus aureus* was not detected throughout 7 days of the storage.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร **และ**ศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม ที่อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2561

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพประกอบ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	5
2.1 ชนิดของผักที่ใช้ในงานแกะสลัก	5
2.2 การยืดอายุการเก็บรักษาผักแกะสลัก	6
2.3 อาหารปรับกรด (acidified foods)	8
2.4 เครื่องปรับสภาพความเป็นกรด	9
2.5 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)	11
2.6 การทำแห้งด้วยวิธีการออสโมติก	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	16
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	16
การทดลองที่ 1 พัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ	16

การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท 29
สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย 31

บทที่ 4 ผลการวิจัย 32
4.1 การพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ 32
4.1.1 การควบคุมอุณหภูมิ 32
4.1.2 การควบคุมความดัน 33
4.1.3 การเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงาน 35
4.1.4 การแสดงผลในระบบสกาดา 37
4.1.5 วางแผนการทำงานและระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดในงานวิจัย 37
4.1.6 เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ 39
4.1.7 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ 56
4.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท 68
4.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ 68
4.2.2 อายุการเก็บรักษาของผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท 70
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 72
บรรณานุกรม 75
ประวัติย่อผู้วิจัย 80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1	19
3.2	ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1	19
3.3	รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1	19
3.4	การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1	21
3.5	ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2	22
3.6	ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2	22
3.7	รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2	23
3.8	การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2	24
3.9	ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3	26
3.10	ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3	26
3.11	รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3	27
3.12	การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3	28
4.1	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	57
4.2	วิธีการวิเคราะห์พีเอช	58
4.3	วิธีการวิเคราะห์ความชื้น	59
4.4	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น	60
4.5	วิธีการวิเคราะห์วอเตอร์แอคทีวิตี้	61
4.6	การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบTPA	62
4.7	ค่าพีเอช (pH) หลังการปรับกรดที่เวลาต่างๆ	64
4.8	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) หลังการปรับกรดที่เวลาต่างๆ	66
4.9	จำนวนจุลินทรีย์ของแครอทแกะสลักดอกกุหลาบปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง	69
4.10	จำนวนจุลินทรีย์ของฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดัน	70

บรรยากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
2.1	ลักษณะทั่วไปฟักทอง	4
2.2	ลักษณะทั่วไปของแครอท	5
2.3	แนวคิดต้นแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการแช่อิ่มผลไม้คุณภาพพรีเมียม	9
3.1	แผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1	18
3.2	ล้าง ปอกเปลือก (1A)	20
3.3	ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)	20
3.4	ปรับกรด (4A*)	20
3.5	แผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2	22
3.6	ล้าง ปอกเปลือก (1A)	23
3.7	ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)	24
3.8	ปรับกรดด้วยเครื่องปรับสภาพกรด (4A*)	24
3.9	กาแผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3	25
3.10	ล้าง ปอกเปลือก (1A)	27
3.11	ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)	28
3.12	ปรับกรดด้วยเครื่องปรับสภาพกรด (4A*)	28
3.13	การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท	29
3.14	การบรรจุผักแกะสลักด้วยกรรมวิธีการบรรจุร้อน (hot fill) และนำไปฆ่าเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	30
3.15	ผักแกะสลักดองในขวดแก้วที่ผ่านกรรมวิธีการบรรจุร้อน	30
4.1	การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์พืช	32
4.2	การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการดอง	33
4.3	การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการดอง	34
4.4	การควบคุมความดันในถังดอง	34
4.5	การทำงานทั้งหมดของกระบวนการดอง	35

4.6	ค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้ Modbus จาก Temperature controller ตัวที่ 1	36
4.7	ค่าที่วัดได้จาก Temperature controller ตัวที่ 2	36

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	บล็อคของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID การทำงานของ Loop ความดันและสถานการณ์ใช้งานของปั๊ม	36
4.9	(ON/OFF)	37
4.10	การทำงานในระบบควบคุมความดัน	39
4.11	การทำงานในระบบควบคุมอุณหภูมิขณะที่มีการควบคุมความดันร่วมด้วย	39
4.12	ส่วนแสดงผลของกระบวนการดอง	40
4.13	เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่ได้จากการพัฒนา	40
4.14	เครื่อง Refractometer	57
4.15	การเตรียมตัวอย่างก่อนการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของผักแกะสลัก (a) และ สารละลายออสโมติก (b)	57
4.16	เครื่อง pH meter	58
4.17	การเตรียมตัวอย่างก่อนการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของผักแกะสลัก (a) และ สารละลายออสโมติก (b)	58
4.18	เครื่อง Moisture Analyser	59
4.19	ตัวอย่างผักแกะสลักปั่นละเอียด	59
4.20	เครื่อง วัดวอเตอร์แอคติวิตี้ Aqua lab LITE	61
4.21	ตัวอย่างผักแกะสลักปั่นหยาบ	61
4.22	เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA.XT2i, Stable Micro Systems, UK) (a.) และหัวกดทรงกระบอกแบน p/100 (b.)	62
4.23	ตัวอย่างผักแกะสลักชิ้นสมบูรณ์	62
4.24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าพี่เอช (pH) และเวลาในการปรับกรด	65
4.25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) และเวลาในการปรับกรด	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาคอุตสาหกรรมการเกษตรของไทยมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถสร้างงาน และสร้างรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับต้น แต่ถ้าพิจารณาการส่งออกที่ลดลง ส่วนมากเป็นกลุ่มสินค้าเกษตรขั้นพื้นฐาน (Primary Products) ที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป ดังนั้น ประเทศไทย ซึ่งมีความพร้อมทั้งด้านวัตถุดิบ ด้านทรัพยากรบุคคลในสายวิชาการและแรงงานที่มีฝีมือ ตลอดจนเอกลักษณ์ที่โดดเด่นในด้านอาหารไทย อีกทั้งนโยบายของรัฐบาลที่สนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อต่อยอดและสร้างคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารของไทยให้แข็งแกร่งในเวทีโลกต่อไป โดยพิจารณาถึงความต้องการของตลาดผู้บริโภคและแนวโน้มการใช้ชีวิตของคนรุ่นใหม่เป็นหลัก ซึ่งเป็นการจุดประกายแนวคิดในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์สินค้าทางการเกษตรแปรรูปให้เกิดแก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตร (กรมส่งเสริมการส่งออก, 2556) ปี 2560 มีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าว่า มูลค่าการส่งออกอาหารไทยน่าจะแตะที่ตัวเลข 2 ล้านล้านบาท อาหารไทยส่งออกไปยัง 6 ทวีป รวม 222 ประเทศทั่วโลก ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศผู้ส่งออกอาหารติดอันดับหนึ่งของโลกหลายรายการ นอกจากนี้ ภาครัฐได้มีนโยบายผลักดันอาหารไทยสู่ครัวโลก ทำให้สินค้าอาหารไทยได้รับการพัฒนาให้สอดคล้องกับตลาดในยุคปัจจุบัน ประกอบกับการรวมตัวเป็นตลาดเดียวของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรืออาอีซี ยิ่งทำให้อาหารไทยมีความโดดเด่นมากขึ้น เพราะอาหารไทยมีศักยภาพสูงในการแข่งขันในตลาดอาเซียน และปัจจัยที่ทำให้อาหารไทยมีศักยภาพสูงเป็นเพราะปริมาณวัตถุดิบมีเพียงพอและมีคุณภาพดี มีทักษะของผู้ผลิต มีเทคโนโลยีที่ทันสมัย และราคาแข่งขันได้ ประเทศไทยจะเป็นครัวเอกที่ผลิตและสร้างสรรค์สินค้าอาหารที่ได้มาตรฐานระดับโลก และยกระดับอาหารไทยให้เป็นอาหารจานโปรดของคนทั้งโลก ความได้เปรียบในเรื่องรสชาติอาหารที่ได้รับการยอมรับในเวทีโลกเป็นปัจจัยสำคัญ ประกอบกับหากมีการดำเนินนโยบายและโครงการสนับสนุนเพื่อขับเคลื่อนให้อาหารไทยกลายเป็นอาหารจานโปรดของคนทั่วโลก จึงเป็นสิ่งที่สามารถจะเป็นจริงได้ในอนาคตอันใกล้นี้ (อุตสาหกรรมสาร, มี.ค.-เม.ย.2557) ซึ่งในการให้บริการอาหารของไทยได้มีการนำเอางานแกะสลักผักและผลไม้มาตกแต่งและประดับในจานอาหาร นำมาเป็นภาชนะใส่อาหารคาว หวาน การจัดตกแต่งบนโต๊ะอาหารหรือสถานที่รับประทานอาหาร และได้กลายเป็นเอกลักษณ์ของร้านอาหารไทยแท้ ที่ต้องมีงานแกะสลักผักและผลไม้ตกแต่งบนจานอาหารหรือในสถานที่ให้บริการ และผักและผลไม้แกะสลักทั่วไป มักถูกใช้สำหรับเป็นผักประดับตกแต่งจาน แต่หากเลือกรับประทานสดอาจจะมีรสชาติที่รับประทานยาก รวมทั้งการใช้เชิงพาณิชย์ทำได้ยากเนื่องจากเป็นงานฝีมือที่ต้องผลิตแล้วใช้เลย ทำให้การนำไปใช้ประโยชน์ยังอยู่ในวงจำกัด

แต่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผักแกะสลัก เป็นตลาดเฉพาะซึ่งยังมีช่องว่างทางการตลาดอีกมากสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ออกมาจำหน่ายเพราะ ผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าที่หลากหลายมากขึ้นเป็นลำดับ

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท โดยกระบวนการผลิตแบบการปรับกรดในอาหาร เพื่อช่วยลดระดับความรุนแรงของการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจากระดับ สภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า (commercial sterilization) ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ลงเป็นแค่ระดับการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) ซึ่งใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่งผลดีต่อคุณภาพอาหารภายหลังการฆ่าเชื้อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) เพราะการฆ่าเชื้อให้ปลอดภัยเพื่อการค้าด้วยอุณหภูมิสูง มีผลต่อคุณภาพอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส โดยเฉพาะอาหารบางอย่างซึ่งไวต่อความร้อน เช่น ผลไม้ (fruit) ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งพบว่าค่าพีเอ็ชสมดุล (equilibrium pH) ของแครอทและฟักทองแกะสลักลายดอกกุหลาบ ต้องใช้เวลา 7 วัน ทำให้จำเป็นต้องแช่เย็นในระหว่างนั้นเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียคลอสทริเดียมโบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) หรือแบคทีเรียก่อโรคอื่นๆ (จอมขวัญ และคณะ ,2559) การเลือกกรรมวิธีในการดองเพื่อปรับรสชาติของผักและผลไม้ดองให้มีรสชาติที่น่ารับประทานมากขึ้น ทั้งยังสามารถตัดรสชาติเลี่ยนของอาหารจานหลัก นอกจากนี้การดองยังเป็นหนึ่งในกรรมวิธีในการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น แต่ด้วยวิธีการดองมาตรฐานจะต้องใช้ระยะเวลาในการดองนาน เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างเนื้อผักหรือผลไม้ที่ทำการดองและน้ำดอง ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างก่อนการดองของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ การดองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและใช้เวลารวดเร็วทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพที่เกิดจากการผลิต ผักและผลไม้แกะสลักดองได้ วิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยระบบสูญญากาศเป็นการดึงอากาศออกจากผลิตภัณฑ์ ภายใต้แรงดันสูญญากาศ จากนั้นปล่อยน้ำดองเข้าสู่ระบบแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำดองเข้าไปแทนที่ อากาศที่ถูกดูดออกทำให้การดองเป็นไปได้รวดเร็วกว่าวิธีการดองแบบปกติทั่วไป การเตรียมตัวอย่างสำหรับดองหรือแช่อิ่มด้วยวิธีการสูญญากาศโดยเครื่องทั่วไปนั้นจะใช้สำหรับการดองที่ระดับความเข้มข้นระดับเดียว ควบคุมอุณหภูมิได้ยาก และไม่สามารถที่จะควบคุมคุณภาพขณะที่ทำการดองได้ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องต้นแบบกระบวนการดองระบบสูญญากาศจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อลดระยะเวลาในการดองหรือแช่อิ่ม ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามความต้องการได้ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษานวัตกรรมเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักแกะสลักที่จะช่วยย่นระยะเวลาในกระบวนการผลิตให้สั้นลง เพื่อลดความเสี่ยงจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) และยับยั้งการงอกของสปอร์แบคทีเรีย (bacteria spore) ซึ่งสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตผักแกะสลัก และส่งเสริมให้สถานประกอบการด้าน

อุตสาหกรรมการบริการอาหาร สามารถใช้ประโยชน์จากผักแกะสลักได้ง่ายขึ้น เกิดอุตสาหกรรมผักสดแกะสลักบรรจุภาชนะปิดสนิท เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผักสด และสามารถใช้เป็นของฝากของที่ระลึก เป็นการสร้างอาชีพให้กับชุมชนและช่วยให้ผู้บริโภคมีความประทับใจและซาบซึ้งถึงวัฒนธรรมอาหารไทยจากภูมิปัญญาท้องถิ่น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ใช้ชนิดของผัก ได้แก่ ฟักทอง กับแครอท และรูปแบบงานแกะสลัก ได้แก่ ลวดลายดอกกุหลาบ จากผลการวิจัย เรื่อง ความหลากหลายของพืชกับภูมิปัญญางานแกะสลักผัก ผลไม้ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ของ ผศ.จอมขวัญ สุวรรณรักษ์และคณะ

1.3.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดแกะสลัก โดยใช้บรรจุภัณฑ์ ประเภทขวดแก้วโดยพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผักแกะสลัก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

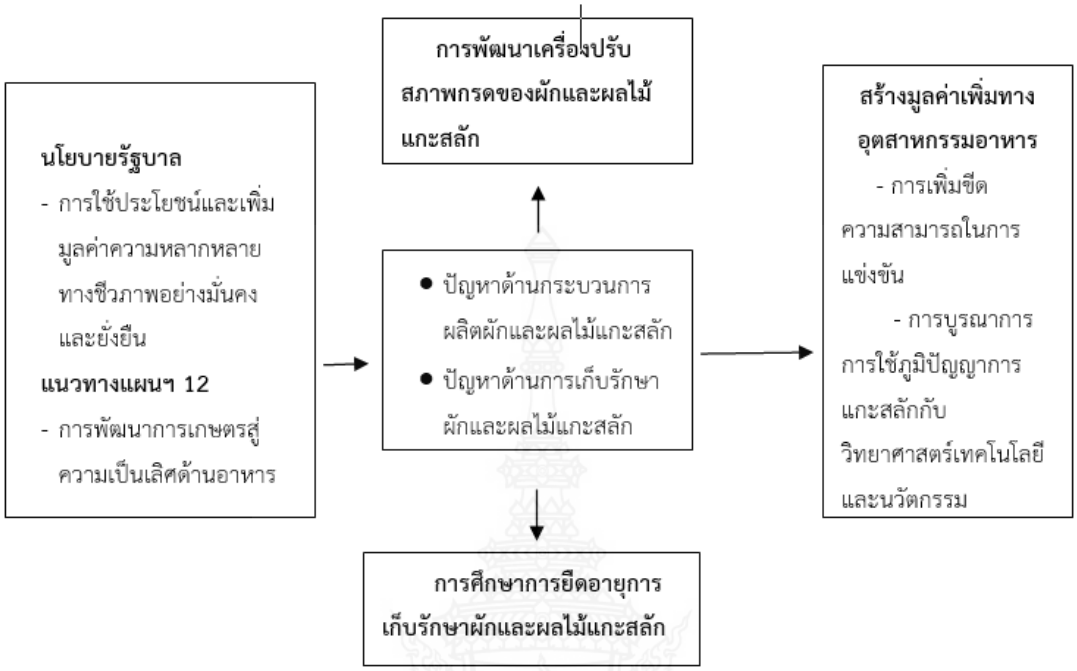
1.4.1 พัฒนาเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

1.4.2 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์

1.4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1.4.4 สรุปผลการวิจัย จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อนำเสนอต่อมหาวิทยาลัยและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ด้านวิชาการ

1.6.1.1 ได้เครื่องปรับสภาพความเป็นกรดที่เหมาะสมกับผักแกะสลัก

1.6.1.2 ทราบอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับภาคอุตสาหกรรมอาหาร

1.6.2 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

เกิดนวัตกรรมเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผลทางการเกษตร

1.6.3 ด้านการเผยแพร่

1.6.3.1 บทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือระดับนานาชาติ จำนวน 1 บทความ

1.6.3.2 การนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติ จำนวน 1 ครั้ง

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ชนิดของผักที่ใช้ในงานแกะสลัก

การแกะสลักผักและผลไม้เป็นการทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อเกิดบาดแผล ส่งผลกระทบทำให้ผักและผลไม้มีอัตราการหายใจสูงขึ้น สารอาหารที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อถูกใช้ไปรวดเร็วกว่าปกติ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง หากมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนร่วมด้วยจะยิ่งทำให้ผักและผลไม้แกะสลักเน่าเสียได้ง่าย จึงไม่สามารถแกะสลักและเก็บรักษาไว้ครั้งละเป็นจำนวนมากๆ ได้ ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของงานแกะสลักผักและผลไม้สดในเรื่องระยะเวลาในการเก็บรักษาและคุณภาพภายหลังการแกะสลักเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำให้การนำไปใช้ประโยชน์มีขีดจำกัด ดังนั้น การเลือกใช้ผักที่เหมาะสมกับการแกะสลัก มีการเน่าเสียช้า และสามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานได้อย่างคุ้มค่า ผลการวิจัย เรื่อง ความหลากหลายของพืชกับภูมิปัญญางานแกะสลักผัก ผลไม้ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ของ ผศ.จอมขวัญ สุวรรณรักษ์และคณะ 2559 พบว่า แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักดอกกุหลาบที่ดองและบรรจุในภาชนะปิดสนิท น่าจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 7 วัน จึงนำผักทั้ง 2 ชนิด มาใช้ในการทดลองในครั้งนี้

2.1.1 ฟักทอง

ฟักทอง *(C. moschata)* ถูกจัดให้อยู่ในพืชตระกูล *Cucurbita* วงศ์ *Cucurbitaceae* ฟักทองส่วนใหญ่ที่ถูกพบจะแบ่งออกเป็นสองตระกูลหลัก ตระกูลแรกคือ ฟักทองอเมริกัน มีผลขนาดใหญ่และเนื้อยุ่ย และตระกูลสควอช ถูกพบในประเทศไทยและญี่ปุ่น จะมี เปลือกแข็ง เนื้อแน่น (อมรินทร์, 2554) โดยองค์ประกอบหลักของฟักทองจะถูกประกอบไปด้วย วิตามินเอ 53% ตามมาด้วย เบต้าแคโรทีน 29% และอื่นๆ (ข้อมูลจาก: USDA Nutrient Database) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยกรดโปรไพโอนิค ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เซลล์มะเร็งอ่อนตัวลง (กฤษฎา ,2553)

รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปฟักทอง

2.1.2 แครอท

แครอท (*Daucus carota L.)* จัดอยู่ในวงศ์ผักชี (APIACEAE หรือ UMBELLIFERAE) แครอททั่วไปมีลักษณะหัวเรียวยาว ปลายแหลม มีหลายสี เช่นเหลือง ม่วง ส้มแต่โดยปกติจะมีสีส้ม แครอทเป็นเอเชียตะวันออกและเอเชียกลาง แครอทมีส่วนประกอบหลักคือ เบต้าแคโรทีน 77% ซึ่งเป็นหนึ่งในวิตตามินที่ช่วยในเรื่องการบำรุงสายตา ทั้งยังประกอบไปด้วย “ฟอลคารินอล” (falcarinol) ซึ่งช่วยต่อต้านเซลล์มะเร็ง (อ้างอิง : USDA Nutrient database)

รูปที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของแครอท

2.2 การยืดอายุการเก็บรักษาผักแกะสลัก

โดยปกติผักและผลไม้ตัดแต่งเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าผักและผลไม้ที่มีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็นโครงสร้างของพืชที่จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทกบริเวณส่วนที่เป็นรอยตัด ที่เกิดจากการปอกเปลือกการตัดแต่งและการหั่นให้เป็นชิ้น จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการแปรรูปผักและผลไม้ตัดแต่งจึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนั้นขั้นตอนเหล่านี้ควรจะเป็นกรรมวิธีที่ทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดการเสียหายน้อยที่สุด ดังนั้นอุปกรณ์และเทคนิคในการตัดแต่งจึงจำเป็นที่ต้องใช้ใบมีด ที่มีความคมมากเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ และรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งให้คงลักษณะปรากฏที่ดึงดูดผู้บริโภคให้สนใจในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะลำดับต้นๆ ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้ตัดสินในการยอมรับหรือซื้อผลิตภัณฑ์ นอกเหนือไปจากรสชาติ เนื้อ สัมผัสความสดกรอบของผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่ง

เนื้อเยื่อของพืชที่เกิดการเสียหายหรือฉีกขาดจะเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ มีผลทำให้ผักและผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะและคุณภาพไป โดยทั่วไปผลไม้ตัดแต่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดกว่าผักตัดแต่ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทีผลไม้มีการตัดแต่งและรอยตัดมากกว่าผักและเนื้อเยื่อของผลไม้มักจะมีสีที่อ่อนกว่าจึงสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดมากกว่า การเปลี่ยนแปลงของผลไม้ตัดแต่งที่สำคัญได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและการสูญเสียความกรอบไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในที่สุด (Soliva-Fortuny & Martin–Bellose, 2003)

กรรมวิธีต่างๆ มากมายที่สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ดีของผลไม้ตัดแต่ง เช่น การใช้สารมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อในน้ำล้าง การควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำในระหว่างกระบวนการผลิต การแช่ในสารละลายกรดสารละลายแคลเซียม การใช้สารธรรมชาติเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์การบรรจุในภาชนะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ เป็นต้น ลักษณะของเนื้อผลไม้ภายหลังการตัดแต่งจะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยมีปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ชนิดและสายพันธุ์ของผลไม้ อุณหภูมิในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาการผลิตและการเก็บรักษาปริมาณ O_2 และ CO_2 ในการเก็บรักษา และสารยับยั้งต่างๆ ที่ใช้ชะลอการเสื่อมสภาพ (Brencht, 1995) ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้ตัดแต่งจะใช้กรรมวิธีมากกว่าหนึ่งวิธีการร่วมกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สภาวะที่รุนแรงหรือมีความเข้มข้นสูงของปัจจัยที่ใช้ชะลอการเปลี่ยนแปลง หรือที่เรียกว่า “Hurdle Technology”

การเปลี่ยนแปลงความกรอบหรือเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่งเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการด้วยกัน คือ

1) การสูญเสียน้ำโดยกระบวนการหายใจและการคายน้ำเป็นผลให้ความดันแต่งภายในเซลล์ (cell turgor pressure) ลดลง ซึ่งสามารถชะลอได้โดยการควบคุมอุณหภูมิของผลไม้ตัดแต่งให้ต่ำเพื่อลดการหายใจและการคายน้ำ

2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบเพกทินที่ผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการสุกเป็นเหตุให้ผนังเซลล์อ่อนแอและไม่จับตัวกันแน่นเหมือนเดิม (Seymour and Gross, 1996; Martin–Rodringuez et al., 2002) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเพกทินมีสาเหตุหลักมาจากการสลายของสารประกอบเพกทินโดยเอนไซม์

ผลการศึกษาจากงานวิจัย เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้แกะสลัก ซึ่งได้ทำการศึกษารูปแบบการแกะสลักผักและผลไม้สด 5 ชนิด ได้แก่ ฟักทอง แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป และแตงกวาญี่ปุ่น เป็นลายดอกไม้และใบไม้ รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา วิธีการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดแกะสลัก ผลการทดลองพบว่า การแกะสลักลายใบไม้ กระตุ้นให้มีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และเกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มากกว่าลายดอกไม้ (ดอกกุหลาบ ดอกคาร์เนชัน และดอกบัวสาย) ซึ่งผันแปรขึ้นอยู่กับขนาดของบาดแผลและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ผลการศึกษาการใช้สารฆ่าเชื้อคือสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก (ความเข้มข้น 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีประสิทธิภาพในการฆ่าจุลินทรีย์ในผักและผลไม้สดแกะสลักทั้ง 5 ชนิดได้ดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ (ความเข้มข้น 50 และ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร) การใช้สารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ (ความเข้มข้น 0.5-1.5%) แคลเซียมแล็กเทต (ความเข้มข้น 0.5-2%) และแคลเซียมโพรพิโอเนต (ความเข้มข้น 0.5-2%) ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของผักและผลไม้สด 5 ชนิดได้ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรเลือกใช้การจุ่มในสารละลายแคลเซียมโพรพิโอเนต 2% ร่วมกับสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อช่วย

ลดจำนวนจุลินทรีย์ รักษาลักษณะปรากฏ และยืดอายุการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (จอมขวัญและคณะ, 2556)

ผลการวิจัย เรื่อง ความหลากหลายของพืช กับภูมิปัญญางานแกะสลักผัก ผลไม้ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร เพื่อหากระบวนการผลิตผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทที่เหมาะสม สำหรับผัก 5 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบ และแตงร้าน ที่แกะสลักเป็นดอกกุหลาบหรือใบไม้ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสูตรน้ำดองที่ปรับกรดด้วยกรดแล็คทิค และสูตรน้ำดองปรับกรดที่มีการเติมสารกันเสีย ให้มีค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6 พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของตำรับน้ำดองที่ปรับกรดด้วยกรดแล็คทิค คือ น้ำส้มสายชู 7.23% น้ำ 64.81% เกลือ 0.81% น้ำตาลทราย 27.00% และเติมกรดแล็คทิกในอัตราส่วน 0.15% มีค่า พีเอชเท่ากับ 3.27 และอัตราส่วนที่เหมาะสมของสูตรน้ำดองปรับกรดที่มีการเติมสารกันเสีย คือ ส้มสายชู 27.03% น้ำเปล่า 27.03% เกลือ 0.9% น้ำตาลทราย 45.05% และโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 200 ส่วนต่อล้านส่วน มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.39 โดย แครอท ฟักทอง มะละกอดิบ และแตงร้านแกะสลัก จะถูกนำมาฆ่าเชื้อในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกแอซิด (80 mg/L, 3 นาที) ส่วนหัวไชเท้าแกะสลักจะจุ่มในน้ำประปาเป็นเวลา 3 นาที ตามด้วยจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (0.5%, 2นาที) ลวก แล้วดองในตำรับน้ำดองที่ปรับกรดด้วยกรดแล็คทิค และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน เพื่อหาระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์น้ำตาล พบว่า ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลมีค่าลดลงตลอด 4 วัน และมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล มะละกอดิบแกะสลักดอกกุหลาบ และแตงร้านแกะสลักใบไม้ เกิดการเน่าเสียในวันที่ 4 วันของการเก็บรักษา โดยเกิดฟองแก๊สและฝ้าสีขาวบนผิวน้ำดอง ดังนั้นผักสามชนิดที่เหลือ ได้แก่ แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้า จะถูกนำมาดองในตำรับน้ำดองปรับกรดที่มีการเติมสารกันเสีย และนำไปผ่านกรรมวิธีบรรจุร้อนในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับผักแกะสลักที่ดองในตำรับน้ำดองเดียวกันแต่ไม่เติมสารกันเสียเป็นชุดควบคุม พบว่า ผักแกะสลักดองทั้งสามชนิดมีระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุล 7 วัน โดยค่าพีเอชจากตัวอย่างสามส่วน คือ น้ำดอง น้ำดองผสมเนื้อ และเนื้อผักแกะสลักมีค่าต่ำกว่า 4.6 และเปอร์เซ็นต์น้ำตาลลดลงเรื่อยๆ อายุการเก็บรักษาของแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักดอกกุหลาบดองในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา *E. coli* ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (จอมขวัญ และคณะ, 2559)

2.3 อาหารปรับกรด (acidified food)

2.3.1 ความหมายของอาหารปรับกรด

อาหารปรับกรด (acidified food) หมายถึงอาหารประเภทกรดต่ำ (low acid food) เป็นอาหารที่ปรับ pH ด้วย กรด หรือ ผสมกับอาหารที่เป็นกรด (acid food) โดยการลวกหรือแช่ชิ้นอาหารในสารละลายกรด

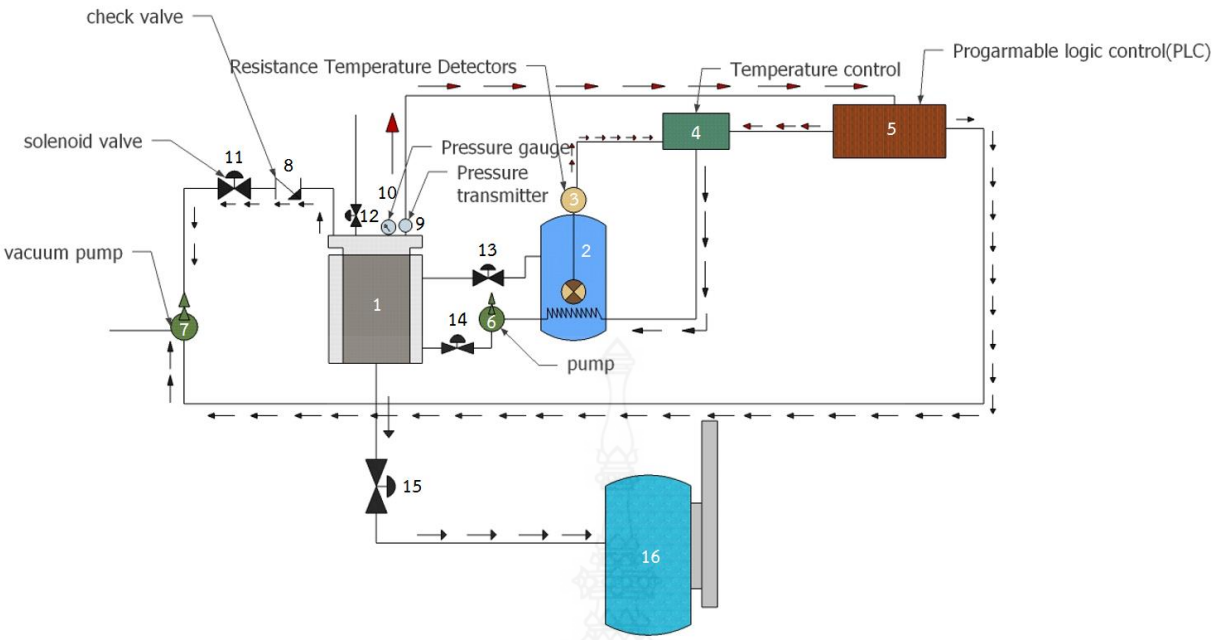
หรือเติมกรด หรือเติมอาหารที่มีความเป็นกรดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH สมดุลน้อยกว่า หรือเท่ากับ 4.6 (หรือ 4.5 แล้วแต่ข้อกำหนดของแต่ละประเทศ) และมีวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity) มากกว่า 0.85 (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2561)

2.3.2 ความสำคัญของการปรับกรดในอาหาร

การปรับอาหารประเภทอาหารกรดต่ำ (low acid food) ให้มี pH ต่ำกว่า 4.6 เรียกว่า acidification มี วัตุประสงค์หลัก เพื่อให้ความเป็นกรดของอาหาร ไปยับยั้งการงอกของสปอร์ Clostridium botulinum ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรค (pathogen) ที่สร้างสปอร์ (bacterial spore) ทนร้อน เป็นปัญหาสำคัญของการผลิตอาหารกระป๋อง (canning) การทำลายแบคทีเรียชนิดนี้เพื่อให้ปลอดภัญต่อการบริโภคต้องทำให้ปลอดเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) และจำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงภายใต้ความดัน โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

2.4 เครื่องปรับสภาพความเป็นกรด

เครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศเป็นเครื่องระบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการแช่อิ่มผลไม้คุณภาพพรีเมียม ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิของสารละลายออสโมติกภายในถังที่มีโครงสร้างสองชั้น (double jacket tank) โดยที่ว่างชั้นนอกใช้เพื่อบรรจุตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนออกแบบให้สามารถควบคุม อุณหภูมิในช่วง 30-70 องศาเซลเซียส และควบคุมการสร้างระบบสุญญากาศ ได้ระดับต่ำที่สุด 20 มิลลิบาร์ คาดว่าจะสามารถปรับสภาพความเป็นกรดของผักแกะสลักได้รวดเร็วกว่ากระบวนการปรับสภาพกรดของผักแกะสลักในสภาวะปกติ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของผักแกะสลัก (จอมขวัญ, 2559) ดังนั้น การทดลองสร้างเครื่องปรับสภาพความเป็นกรดเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตผักแกะสลักจึงเป็นนวัตกรรมที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป แนวคิดการออกแบบและสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการแช่อิ่มผลไม้คุณภาพพรีเมียม ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แนวคิดต้นแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการแช่อิ่มผลไม้คุณภาพพรีเมียม

โดย

หมายเลข 1 คือ ถังสแตนเลส 2 ชั้น (Double jacket tank) เกรด 304 ใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านของเหลวในชั้นนอก

หมายเลข 2 คือ ถังสแตนเลสเกรด 304 ให้ความร้อนกับของเหลวเพื่อไปแลกเปลี่ยน

หมายเลข 3 คือ sensor วัดอุณหภูมิแบบ RTD (Resistance Temperature Detector) โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุ

หมายเลข 4 คือ ส่วนความคุมอุณหภูมิภายในถังหมายเลข 2 โดยใช้ sensor หมายเลข 3

หมายเลข 5 คือ ส่วนควบคุมหลักทั้งระบบ

หมายเลข 6 คือ Pump เกรดอาหารสำหรับปั้มของเหลวจากถังหมายเลข 2 เข้าถังหมายเลข 1

หมายเลข 7 คือ Vacuum pump เกรดอาหารใช้สำหรับทำให้ถังหมายเลข 1 มีสภาวะสูญญากาศ

หมายเลข 8 คือ Check valve ใช้สำหรับป้องกันการไหลย้อนกลับของอากาศในการทำสภาวะสูญญากาศ

หมายเลข 9 คือ Pressure transmitter ใช้สำหรับวัดความดันส่งเป็นสัญญาไฟฟ้าให้กับส่วนควบคุมหลัก

หมายเลข 10 คือ Pressure gauge ใช้สำหรับวัดความดันแสดงให้ผู้ใช้งานเห็น

หมายเลข 11 คือ Solenoid valve ใช้สำหรับเปิดปิดท่ออากาศในการทำสภาวะสูญญากาศ

หมายเลข 12 คือ Solenoid valve ใช้สำหรับเปิดปิดท่ออากาศในการเพิ่มความดันให้เป็นเข้าสู่สภาวะความดันบรรยากาศ

หมายเลข 13 คือ Solenoid valve ใช้สำหรับเปิดปิดท่อของเหลวจากถังหมายเลข 1 สู่ถังหมายเลข 2

หมายเลข 14 คือ Solenoid valve ใช้สำหรับเปิดปิดท่อของเหลวจากถังหมายเลข 2 สู่ถังหมายเลข 1

หมายเลข 15 คือ Solenoid valve ใช้สำหรับเปิดปิดท่อของสารละลายในการแช่อิ่มเพื่อถ่ายไปยังถังหมายเลข 16

หมายเลข 16 คือ ถังถ่ายสารละลายสำหรับแช่อิ่ม

2.5 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารเป็นวิธีหนึ่งในการถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้นาน โดยความร้อนไปทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย ในขั้นตอนการผลิต จะทำการบรรจุอาหารในภาชนะปิดสนิท แล้วทำให้เกิดสุญญากาศระหว่างการปิดผนึก จากนั้นจึงนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จะทำหน้าที่ป้องกันอาหารจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายนอก ทำให้เก็บรักษาไว้ได้นานและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค (ทิพาพร, 2556) การฆ่าเชื้อเป็นกรรมวิธีทำให้อาหารปลอดเชื้อโดยการใช้ความร้อน (thermal processing) เพื่อทำลายหรือกำจัดจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียทุกชนิด สำหรับการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารระดับการสเตอริไรซ์ต้องใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้สูญเสียคุณภาพอาหาร ทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ ทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานมาก ทำให้ไม่คุ้มค่าที่ใช้ผลิตในเชิงการค้า เพื่อลดความรุนแรงของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไรซ์ลง สามารถปฏิบัติได้ในเชิงการค้าระดับอุตสาหกรรม จึงใช้ระดับการฆ่าเชื้อที่เรียกว่า การฆ่าเชื้อเชิงพาณิชย์ โดยจะมุ่งฆ่าเชื้อที่ผู้ผลิตเจาะจงที่จะควบคุมเท่านั้น ทำให้สามารถมีเชื้อจุลินทรีย์อื่นหลงเหลืออยู่ได้ และไม่ทำให้เกิดการขยายตัว หรือสร้างสารพิษได้

การฆ่าเชื้อต้องระวังเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium Botulinum* เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ โดยเชื้อนี้จะเจริญได้ดีเมื่อมีสภาวะความเป็นกรด – ด่าง (pH) สูงกว่า 4.6 ซึ่งหมายถึงอาหารชนิดนั้นๆ มีความเป็นกรดต่ำ และมีปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Aw) สูงกว่า 0.94 ดังนั้น กฎหมายประเทศญี่ปุ่นกำหนดค่า F_0 โดยให้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที สำหรับการทำอาหารบรรจุกระป๋อง (Masashi, 2014)

การพาสเจอไรซ์ เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงมาก (Mild heat) อุณหภูมิที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์สามารถแบ่งออกตามค่า pH ของอาหาร เป็น (1) อาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 และ (2) อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 (ทิพาพร, 2556)

2.5.1 อาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (Pathogen) ต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่ทาให้เกิดการเน่าเสียบางส่วนอาจเหลือรอดจากการพาสเจอไรซ์ได้ ดังนั้นจึงจาเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อป้องกันการเน่าเสีย นั่นคือ ทำให้อยู่ภายใต้สภาวะที่การเจริญของ

จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เป็นไปได้น้อยที่สุด การถนอมอาหารที่ใช้ควบคู่ไปกับการพาสเจอไรซ์ ได้แก่ การใช้ความเย็น (Refrigeration) การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพื่อทาให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น การเติมน้ำตาล การเติมเกลือ เป็นต้น การปรับกรด (Acidification) เช่น การใช้กรดเพื่อปรับค่า pH ของหน่อไม้ และการหมัก (Fermentation) โดยใช้จุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแลคโตส (Lactose) หรือน้าตาลนมไปเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) ซึ่งทำให้อาหารคงตัวมากขึ้น

2.5.2 อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 การพาสเจอไรซ์อาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่แล้วทำเพื่อทำลายเซลล์ปกติ (Vegetative cell) เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและต่อการงอกของสปอร์ ในกรณีของน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น มะนาว การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อทำลายยีสต์หรือราส่วนพวกเครื่องดื่มที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์ หรือเบียร์ การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อทำลายพวกยีสต์แปลกปลอม (Wild yeast) สำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อที่ขึ้นกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ค่า pH ของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก สปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงอาจเหลือรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อได้ แต่เนื่องจากอาหารมีค่า pH ต่ำ สปอร์เหล่านี้จึงไม่สามารถเจริญ และทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น ที่ค่า pH 4.6 เป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าเล็กน้อยจากค่า pH ต่ำสุด (pH 4.8) ที่เชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) สามารถเจริญและสร้างสารพิษขึ้นได้จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ

การพาสเจอไรซ์ อาจทำได้ ดังนี้

2.5.1.1 ใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High temperature short time: HTST) ตัวอย่าง เช่น การพาสเจอไรซ์นมที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

2.5.1.2 ใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low temperature long time: LTLT) ตัวอย่าง เช่น การพาส-เจอไรซ์นมที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

เมื่อเปรียบเทียบทางด้านคุณภาพ โดยทั่วไปพบว่าการใช้ HTST ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า LTLT

2.6 การทำแห้งด้วยวิธีการออสโมติก (osmotic dehydration)

การทำแห้งด้วยวิธีการออสโมติก เป็นการถนอมอาหารที่สำคัญวิธีหนึ่ง และได้รับความนิยมใช้มานาน เพื่อกำจัดน้ำในอาหาร ซึ่งวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันนี้เองเป็นการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก หรือการแช่อิ่ม เป็นการแปรรูปอาหารที่สามารถลดปริมาณน้ำในอาหารลงได้ โดยส่วนใหญ่มักดำเนินการกับผักผลไม้ ทำได้โดยนำผักผลไม้แช่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งเรียกว่าสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาล สารละลายเกลือ เป็นต้น ทำให้ชิ้นอาหารมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นลดลง โดยไม่ใช้ความร้อน หรือทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ (Chottanom, 2005; วิชมณี, 2553; Maria และคณะ, 2015) ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตที่สำคัญของจุลินทรีย์ และยังเป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร เป็นกระบวนการที่ช่วยรักษาหรือปรับปรุงคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ทั้งยังช่วยเพิ่มความคง

ตัวของรงควัตถุระหว่างการอบแห้ง และการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (เบญจวรรณ, 2554) นอกจากนี้แล้วการกำจัดน้ำออกจากอาหารดว้ยวิธีการออสโมติก ยังเป็น การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหาร ต่อ ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ กล่าวคือยิ่งถ้ามี ค่าวอเตอรีแอคติวิตี้สูง ก็จะมีปริมาณน้ำที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเติบโตได้มาก แต่ถ้ามีต่ำหมายถึงจะมีปริมาณน้ำที่ทำให้เกิดเชื้อจุลินทรีย์ได้ต่ำ

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งด้วยวิธีการออสโมติก ได้แก่ ชนิดของสารละลายออสโมติก ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก อุณหภูมิและเวลา ในการออสโมติก หรืออาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การ คนหรือกวนสารละลายโดยรอบ (Yuenyongputtakal, 2013) โดย Marani (2007) ได้ทำการทดลองความแตกต่างระหว่างชนิดของสารละลายออสโมติก โดยเลือกสารละลายน้ำตาลที่มีโมเลกุลต่ำหรือโมเลกุลเดี่ยวอย่างน้ำตาลฟรุกโตสมาศึกษาการสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น เทียบกับน้ำตาลที่มีโมเลกุลสูงคือน้ำตาลซูโครส พบว่าสารละลายฟรุกโตสนั้นสามารถเร่งการสูญเสียน้ำได้ดี แต่มีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นไม่มากเมื่อเทียบกับ สารละลายซูโครส เพราะสารละลายที่มีโมเลกุลใหญ่นั้น มีแรงดันออสโมติกต่ำ จึงเกิดการแลกเปลี่ยนหรือถ่ายโอนมวลสารอย่างช้าๆ เมื่อพิจารณาเรื่องความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก เมื่อต้องการเร่งการสูญเสียน้ำออกจากตัวผักหรือผลไม้ที่นำไปแช่ในสารละลายออสโมติกแล้วจำเป็นต้องเลือกใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าตัวน้ำในวัตถุดิบเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นจึงจะเกิดการเร่งการแพร่ของตัวสารละลายเข้าไปยังเนื้อวัตถุดิบที่นำมาแช่ แต่อย่างไรก็ตามหากมีความเข้มข้นสูงเกินไปก็จะทำให้เกิดการออสโมติกยากขึ้นเนื่องจากสารละลายมีความหนืดจึงทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลยาก (Sankat, et al., 1996) นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิและระยะเวลาในการออสโมติกก็ถือเป็นเรื่องสำคัญ เพราะที่อุณหภูมิสูงทำให้ตัววัตถุดิบมีโครงสร้างที่อ่อนตัวลงทำให้เกิดการแพร่ของสารละลายออสโมติกเข้ามายังตัววัตถุดิบได้ดีขึ้นและเกิดการออสโมติกของน้ำที่ออกไปได้ดีแต่อย่างไรก็ตาม Flink (1979) ได้กล่าวว่าถึงแม้จะมีการออสโมติกได้ดีขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่สำหรับผลไม้จะมีขีดจำกัดในการใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเนื่องจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อบางส่วนของผักผลไม้จะถูกทำลายอาจทำให้สารบางตัวละลายออกมาพร้อมน้ำและทำให้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกเจือจางลงส่งผลให้เกิดการออสโมติกที่ช้าลง

จากการศึกษาของ Lertworasirikul และ Saetan (2010) ที่แช่อิ่มเปลือกมะกรูดในสารละลายออสโม-ติกเข้มข้นร้อยละ 50 - 70 พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้น และอุณหภูมิของสารละลายออสโมติก จะทำให้ปริมาณความชื้นลดลงในช่วงแรกของกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Silva และคณะ (2012) พบว่าอัตราส่วนของผลไม้ต่อสารละลายในกระบวนการแช่อิ่มส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ลดลงของผลไม้เช่นกัน และหากอัตราส่วนของสารละลายออสโมติกต่อผลไม้เพิ่มขึ้น จะทำให้ลดปริมาณน้ำได้มากขึ้น และยังช่วยให้ลดเวลาในกระบวนการทำ

แห้งได้ แต่อย่างไรก็ตามการแช่ผลไม้ในสารละลายที่ความเข้มข้นสูง จะทำให้มีลักษณะปรากฏที่เหี่ยวย่น (สุธีรา, 2540) ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้สารดูดความชื้นร่วมกับสารละลายออสโมติก ในการแช่อิ่มซึ่งกลีเซอรอลจัดเป็นสารดูดความชื้นชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในอาหาร และจากการศึกษาของ คณิตตา (2553) พบว่าการใช้สารละลายกลีเซอรอลปริมาณการสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุด และสารละลายผสมระหว่างซูโครสกับกลีเซอรอลทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ และจากการศึกษาของ Andrade และคณะ (2007) พบว่าการกวนในระหว่างกระบวนการออสโมติกจะสามารถเพิ่มอัตราการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากสภาวะในกระบวนการออสโมติกที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่หายไปแล้ว จากการศึกษาของ Nowacka และคณะ (2014) พบว่าการปรับสภาพผลไม้เบื้องต้นก่อนการทำแห้ง ด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคจะช่วยให้การถ่ายเทมวลในกระบวนการออสโมซิสดีขึ้น และเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Ketata และคณะ (2013) ที่ศึกษาการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง พบว่าสามารถลดปริมาณความชื้นได้ดีกว่าวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ และจากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียน้ำและการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งในระหว่างกระบวนการออสโมติกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิด อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก

การทำแห้งด้วยวิธีการออสโมติก จะสามารถลดน้ำหนักของวัตถุดิบลงได้ร้อยละ 50 แต่เนื่องจากปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ จึงต้องลดปริมาณน้ำภายในวัตถุดิบให้ต่ำจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ โดยขั้นตอนในการทำแห้ง วิธีที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบันคือการอบแห้งด้วยลมร้อน ในช่วงอุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส (สุธีรา, 2540; ลดาวัลย์, 2553)

การพัฒนากรรมวิธีการผลิตเปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสของ (Changchub, 2554; Lertworasirikul, 2554) ได้ศึกษากระบวนการแช่อิ่มอบแห้งเปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้งในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 ผลที่ได้ปรากฏว่าที่ระยะเวลาในการแช่อิ่มเพิ่มขึ้น มีปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่อิ่มที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ให้ได้ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 และได้คาวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.75 และเปลือกมะนาวแช่อิ่มมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 70

เทคโนโลยีในการแช่อิ่มสำหรับใช้ระบบสูญญากาศกล้วยไข่กึ่งแห้ง (Yeunyongputtakal et al., 2013) ที่ใช้ในการกระตุ้นกล้วยไข่ก่อนการแช่อิ่ม ที่สภาวะสูญญากาศโดยนำกล้วไข่มาเตรียมขั้นต้นในสภาวะความดันสูญญากาศก่อน สภาวะออสโมซิสที่ความดัน 50 มิลลิบาร์ 5 นาที และออสโมซิสต่อที่สภาวะความดันบรรยากาศปกติ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภมิห้อง แล้วทำแห้งต่อที่อุณหภูมิ 60 องศาด้วยระบบการทำแห้งแบบสูญญากาศเช่นเดียวกัน

ที่ความดัน 480 มิลลิบาร์จนกระทั่ง เวลา 170 นาทีจะมี ความชื้นสุดท้ายมีค่าเฉลี่ย 15 เปอร์เซ็น พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ค่าความแน่นเนื้อและค่าการหดตัวของความหนาน้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าและได้รับ คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ใน ระดับชอบปานกลางซึ่งมากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

Jefferson L. et al., ศึกษาการใช้ระบบแช่อิ่มมะเขือเทศ ในสารละลาย ซูโครสผสมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 27% กับ สารละลายมอลโทเด็กติน 10% ที่สภาวะความดันบรรยากาศ และความดันระดับสูญญากาศ (100mbar) ด้วยระยะเวลา 20 นาที แล้วติดตามผล เมื่อครบระยะเวลา 300 นาที โดยติดตามคุณภาพ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 4 กระบวนการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบอัจฉริยะสู่เชิงพาณิชย์ ให้สามารถใช้งานง่ายและควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามความต้องการได้ ทั้งยังสามารถทราบคุณภาพขณะทำการดองหรือแช่อิ่มได้อีกด้วย

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

1) แครอท
2) ฟักทอง
3) น้ำตาลทราย
4) น้ำส้มสายชู 5%
5) เกลือ
6) น้ำสะอาด

3.1.2 อุปกรณ์และสารเคมี

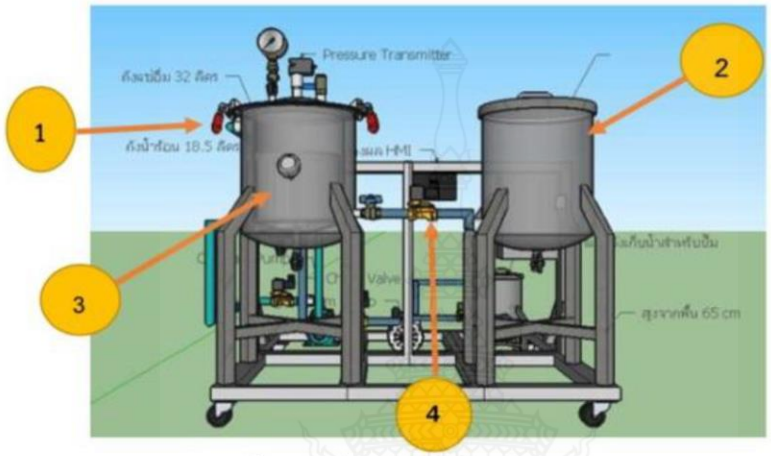
1) เครื่องปรับสภาพความเป็นกรดของผักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ (Machine with Innovative Acidity of Vegetable under Controlled Temperature and Pressure)
2) เครื่อง Refractometer (HI 96800, HANNA, Romania)
3) เครื่องปั่น (Pro Blend4, Philips, Indonesia)
4) เครื่อง pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany)
5) Moisture Analyser (MA37-1, Sartorius, China)
6) เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ Aqua lab LITE (Decagon, USA)
7) เครื่องวัดสี Hunter Lab (Color Flex, Color Global, U.S.A)
8) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA.XT2i, Stable Micro Systems, UK)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 พัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

แนวคิดการปรับปรุงงาน

วาระที่ 1 นักวิจัยนำเสนอผลงานการออกแบบเครื่องและฟังก์ชันการใช้งานเครื่องระบบสูญญากาศ



รูปที่1 ภาพเครื่องออกแบบ ด้านหน้า Front view

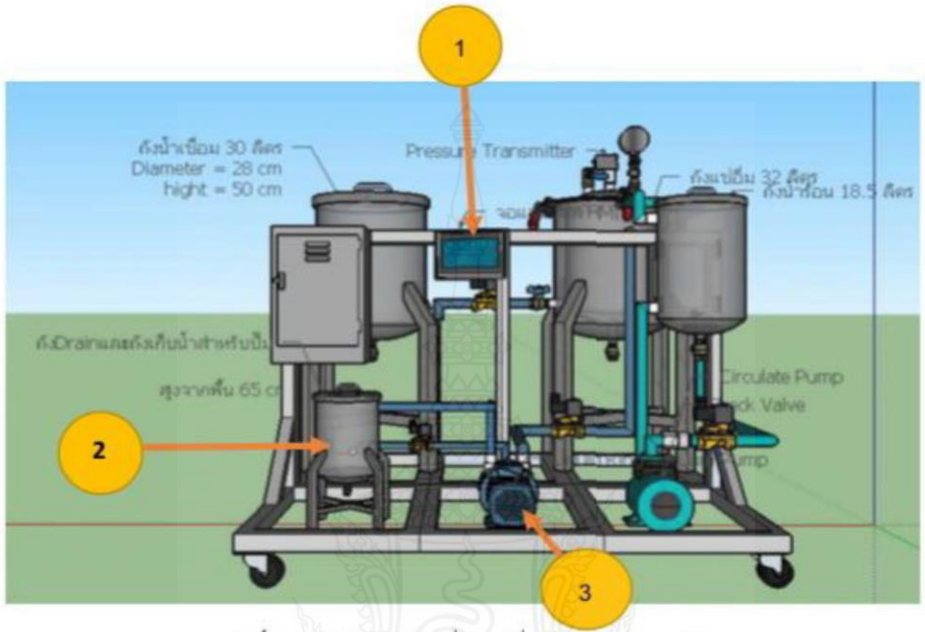
1) **ส่วนด้านหน้าเครื่อง ส่วนที่ต้องการปรับปรุงดังนี้**

อุปกรณ์	การใช้งาน
1.ฝาปิดของถังแช่อิ่มถูกเปลี่ยน	เพื่อให้ง่ายต่อการเปิดปิดง่ายต่อการใช้งาน
2.เพิ่มถังน้ำเชื่อมสำหรับใส่น้ำเชื่อม	เพิ่มถังน้ำเชื่อมสำหรับใส่น้ำเชื่อม และย้ายท่อดูน้ำเชื่อมไปไว้บริเวณส่วนล่างสุดของถังเพื่อให้ดูดน้ำเชื่อมได้หมด
3.เพิ่มตะแกรงสำหรับตักวัสดุภายในและฝาปิด	ภายในถูกออกแบบให้มีตะแกรงสำหรับดึงวัตถุดิบหลังการแช่เมื่อแช่เสร็จจะสามารถยกตะแกรงขึ้นได้ และฝาปิดมีไว้สำหรับทับเพื่อไม่ให้วัตถุลอย
4.เพิ่มโซลินอยด์วาล์ว สำหรับดูดน้ำเชื่อม	เพื่อสามารถดูดน้ำเชื่อมจากถังน้ำเชื่อมไปยังถังแช่อิ่มได้

คำแนะนำ

1.ควรเพิ่มท่อเชื่อมกลับจากถังแช่อิ่มไปยังถึงน้ำเชื่อม เพื่อให้เกิดการวนของน้ำเชื่อมช่วยกวนให้การแช่อิ่มมีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น

แนวคิดการปรับปรุงงาน



รูปที่ 2 ภาพด้านหลังเครื่องแช่อิ่มระบบสูญญากาศ

2) **ส่วนด้านหลังเครื่อง** มีความต้องการปรับปรุงดังนี้

อุปกรณ์	การใช้งาน
1.เพิ่มหน้าจอ HMI ระบบสัมผัส	เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและกดคำสั่ง
2.ถังเดรน	เปลี่ยนเป็นระบบฝาเปิดเพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อนและพ่วง liquid ring
3.เปลี่ยนปั๊มสูญญากาศสำหรับเป็นปั๊ม liquid ring	เพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้กับการดูดของเหลว

วาระที่ 2 นัดหมายครั้งถัดไป

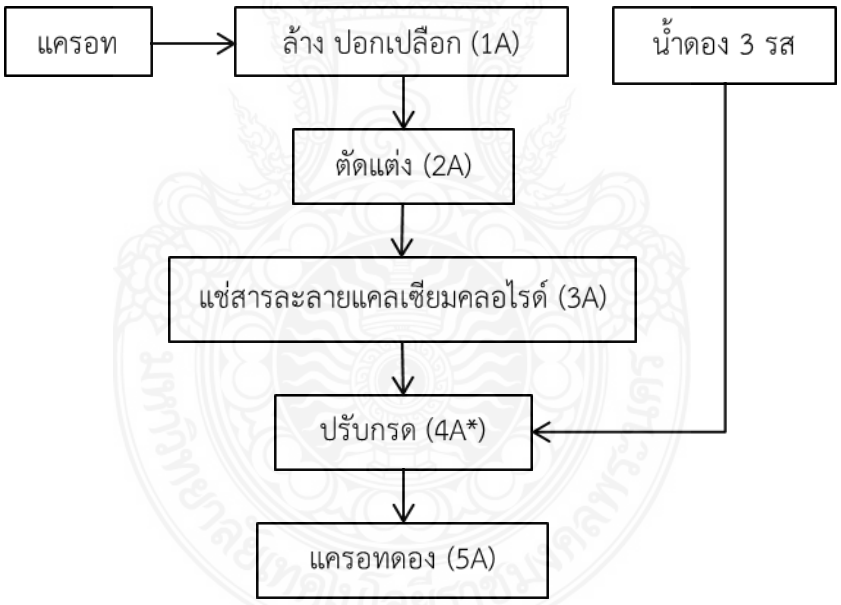
หมายเหตุ ต้องการเปลี่ยนจากระบบการใช้งานแบบเดิม PLC ซึ่งยุ่งยากในการทำงานมาเป็นระบบกดปุ่มตั้งค่า

3.2.1 การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 การปรับกรดในสภาวะความดันปกติ

การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 การปรับกรดแครอทในสภาวะความดันปกติ เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการปรับกรดต่อค่า พีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) ดังนี้

วิธีการดำเนินงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นชิ้น ชิ้นละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเต๋าเพื่อให้เหลือขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัมแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนักปรับกรดแครอทด้วยน้ำดองสามรสสูตรดังแสดงในตารางที่ 3.2 ทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพ พีเอช (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) ทุกชั่วโมงจนกระทั่งค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) สมดุลวิธีตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 3.4 โดยอัตราส่วนแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก แผนผังกระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 3.1 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.1 รายละเอียดและวิธีการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.1 แผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

ลำดับ	ขั้นตอน	ตัวแปรที่ศึกษา	ช่วงและระดับ
1	ปรับกรด (4A*)	เวลาที่ใช้ในการปรับกรดจนกระทั่งสมดุล	เก็บผลทุก 1 ชั่วโมงจนกระทั่งสมดุล

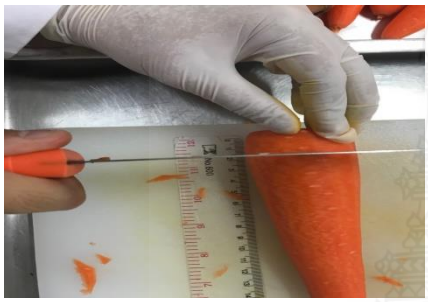
ตารางที่ 3.2 ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หน้าที่	แหล่งที่มา
1	น้ำส้มสายชู 5%	4.46	Acidity regulator	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
2	น้ำ	66.85	-	-
3	เกลือ	0.84	-	บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธ์ จำกัด
4	น้ำตาลทราย	27.86	Sweetener	บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
รวม		100.00		

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

ขั้นตอน	วิธีการ	อุปกรณ์
(1A) ล้าง ปอกเปลือก	แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก	เครื่องชั่ง กระละมังสแตนเลส
(2A) ตัดแต่ง	นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นชิ้น ชิ้นละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเพื่อให้เหลือขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัม	เครื่องชั่ง เขียง มีด
(3A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์	แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก	หม้อสแตนเลส
(4A*) ปรับกรด	ปรับกรดแครอทด้วยน้ำดองสามรส ทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพ พีเอช (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) ทุกชั่วโมงจนกระทั่งค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) สมดุล โดยอัตราส่วนแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก	หม้อสแตนเลส ตะแกรงสแตนเลส
(5A) แครอทดอง	เก็บตัวอย่างในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร	ขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.2 ล้าง ปอกเปลือก (1A)



รูปที่ 3.3 ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)

รูปที่ 3.4 ปรับกรด (4A*)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

แครอทปรับกรดนำมาตรวจวัดค่าคุณภาพดังแสดงใน ตารางที่ 3.4 โดยนำตัวอย่างมาปั่นละเอียดและคั้นน้ำและนำไปตรวจวัด พีเอช (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany) ปรับมาตรฐานเครื่องมือวัด ด้วยบัฟเฟอร์ที่มี pH 10 7 และ 4 จากนั้นวัดค่า pH นำมาวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) นำมาวัดด้วยเครื่อง Refractometer (รุ่น HI96800, Hanna,Romania) วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด

ตารางที่ 3.4 การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

ลำดับ	การวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพ	วิธีการตรวจวัด	ตัวอย่าง/ขั้นตอน	ซ้ำ (จำนวนตัวอย่าง)
1	พีเอช (pH)	เครื่องวัด พีเอช รายละเอียดในภาคผนวก ก.1	(2A) ตัดแต่ง (4A*) ปรับกรด	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น
2	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brixo)	Refractometer รายละเอียดในภาคผนวก ก.2	(2A) ตัดแต่ง (4A*) ปรับกรด	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น

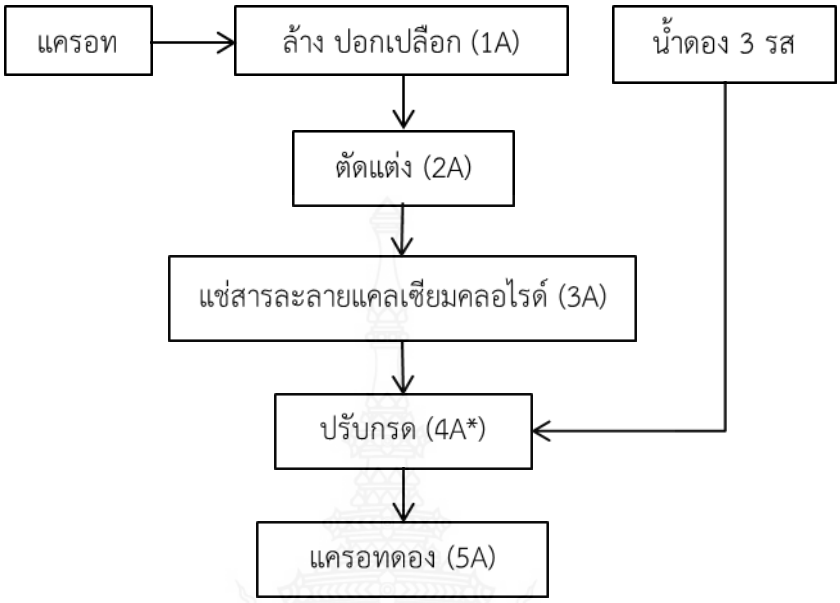
3.2.2 การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

วัตถุประสงค์ของการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อศึกษาระยะเวลาในการดองแบบใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ต่อค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) เปรียบเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยทำการศึกษาการใช้เวลาในการทำสุญญากาศก่อนการปรับกรด 2 ระดับ คือ 10 และ 20 นาที โดย Vacuum เฉพาะแครอท รายละเอียดการทดลองดังนี้

วิธีการดำเนินงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นชิ้น ชิ้นละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเต๋าเพื่อให้เหลือขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัมแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก เตรียมน้ำดอง 3 รสดังแสดงในตารางที่ 3.6 เทน้ำดอง 3 รสลงในถังที่ 1 และใส่แครอทลงในตะกร้าและใส่ลงไปในถังใบที่ 2 ปิดฝาในสนิท จากนั้นเปิดเครื่องเพื่อทำให้สภาวะภายในถังเป็นสุญญากาศโดยใช้ความดัน 0.5 bar ทดลองโดยใช้เวลาในการทำสุญญากาศ 2 ระดับ คือ 10 นาที และ 20 นาที จากนั้นทำการปล่อยน้ำดอง 3 รสเข้าไปในถังใบที่ 2 โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้คงที่ วิธีตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 3.8 โดยอัตราส่วนแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ

1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก แผนผังกระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 3.5 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.5 รายละเอียดและวิธีการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.5 แผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ตารางที่ 3.5 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ลำดับ	ขั้นตอน	ตัวแปรที่ศึกษา	ช่วงและระดับ
1	ปรับกรด (4A*)	เวลาที่ใช้ในการทำสุญญากาศ	- 10 นาที - 20 นาที

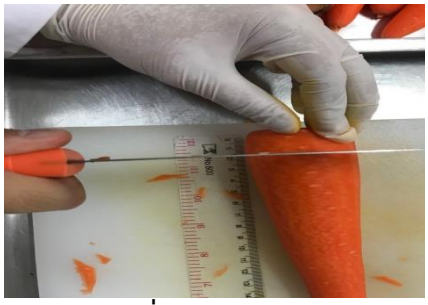
ตารางที่ 3.6 ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หน้าที่	แหล่งที่มา
1	น้ำส้มสายชู 5%	4.46	Acidity regulator	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
2	น้ำ	66.85	-	-
3	เกลือ	0.84	-	บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธ์ จำกัด
4	น้ำตาลทราย	27.86	Sweetener	บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
รวม		100.00		

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ขั้นตอน	วิธีการ	อุปกรณ์
(1A) ล้าง ปอกเปลือก	แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก	เครื่องชั่ง กระลังมังสแตนเลส
(2A) ตัดแต่ง	นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นท่อน ท่อนละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเพื่อให้มีขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัม	เครื่องชั่ง เขียง มีด
(3A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์	แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก	หม้อสแตนเลส
(4A*) ปรับกรด	เทน้ำดองสามรสลงในถังที่ 1 ใส่แครอทลงในตะกร้าและใส่ลงในถังใบที่ 2 ปิดฝาในสนิท เปิดเครื่องเพื่อทำให้สภาวะภายในถังเป็นสุญญากาศโดยใช้ความดัน 0.5 bar ทดลองโดยใช้เวลาในการทำสุญญากาศ 2 ระดับ คือ 10 นาที และ 20 นาที จากนั้นปล่อยน้ำดอง 3 รสเข้าไปในถังใบที่ 2 โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้คงที่	หม้อสแตนเลส ตะแกรงสแตนเลส
(5A) แครอทดอง	เก็บตัวอย่างในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร	ขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.6 ล้าง ปอกเปลือก (1A)



รูปที่ 3.7 ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)

รูปที่ 3.8 ปรับกรดด้วยเครื่องปรับสภาพกรด (4A*)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

แครอทปรับกรดนำมาตรวจวัดค่าคุณภาพดังแสดงใน ตารางที่ 3.8 โดยนำตัวอย่างมาปั่นละเอียดและคั้นน้ำและนำไปตรวจวัด พีเอช (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany) ปรับมาตรฐานเครื่องมือวัด ด้วยบัฟเฟอร์ที่มี pH 10 7 และ 4 จากนั้นวัดค่า pH นำมาวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) นำมาวัดด้วยเครื่อง Refractometer (รุ่น HI96800, Hanna,Romania) วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด

ตารางที่ 3.8 การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

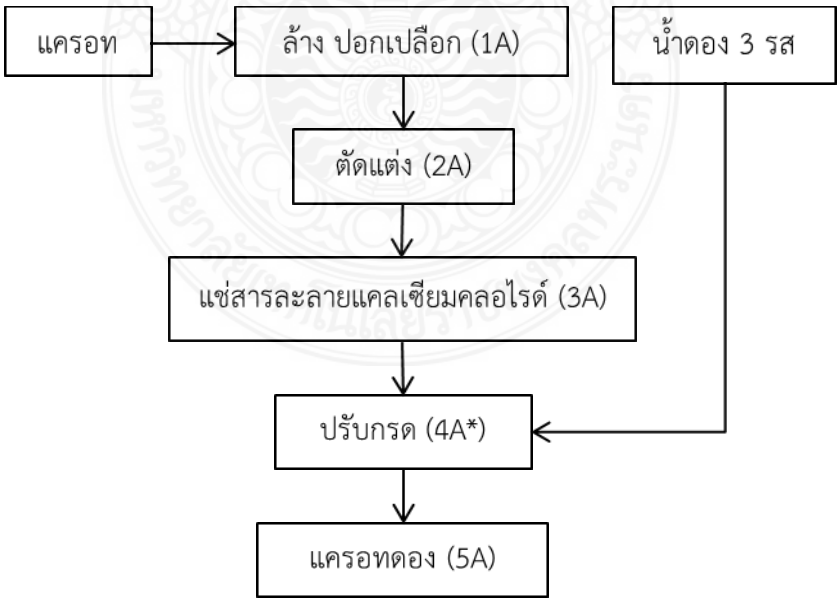
ลำดับ	การวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพ	วิธีการตรวจวัด	ตัวอย่าง/ขั้นตอน	ซ้ำ (จำนวนตัวอย่าง)
1	พีเอช (pH)	เครื่องวัด พีเอช	(2A) ตัดแต่ง (4A*) ปรับกรด	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น
2	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brixo)	Refractometer	(2A) ตัดแต่ง (4A*) ปรับกรด	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น

3.2.3 การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งที่ 3 การปรับกรดแครอทโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อศึกษาการเวลาในการดองแบบใช้เครื่องดองสุญญากาศต่อค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) เปรียบเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 โดยทำการเปลี่ยนวิธีการทำสุญญากาศโดยในการทดลองครั้งที่ 2 โดยทำการ Vacuum ทั้งแครอทและน้ำดองพร้อม ๆ กันเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและแช่ทิ้งไว้ที่ในสภาวะความดันปกติ 1 ชั่วโมง ทำสลับจนกระทั่งสมดุล รายละเอียดการทดลองดังนี้

วิธีการดำเนินงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3

แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นชิ้น ชิ้นละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเต๋าเพื่อให้เหลือขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัมแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก ใส่แครอทลงในตะกร้าและใส่ลงไปในถังใบที่ 2 จากนั้นเทน้ำดอง 3 รสสูตรดังแสดงในตารางที่ 3.10 โดยใช้อัตราแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก จากนั้นเปิดเครื่องเพื่อทำให้สภาวะภายในถังเป็นสุญญากาศโดยใช้ความดัน 0.5 bar เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเปิดเครื่องเพื่อใช้สภาวะภายในถังอยู่ในสภาวะปกติ 1 ชั่วโมง ทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้คงที่ แผนผังกระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 3.9 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.9 รายละเอียดและวิธีการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.11



รูปที่ 3.9 แผนผังกระบวนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3

ตารางที่ 3.9 ตัวแปรสำคัญที่ต้องการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3

ลำดับ	ขั้นตอน	ตัวแปรที่ศึกษา	ช่วงและระดับ
1	ปรับกรด (4A*)	เวลาที่ใช้ในการทำสุญญากาศ	แช่ในสภาวะสุญญากาศ 1 ชั่วโมง และแช่ในสภาวะปกิต 1 ชั่วโมง ทำสลับจนกันจนกระทั่งค่าพี่เอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้สมดุล

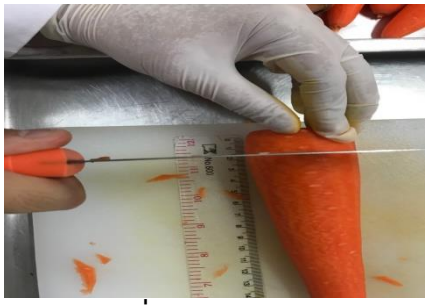
ตารางที่ 3.10 ตำรับน้ำดองสามรสในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หน้าที่	แหล่งที่มา
1	น้ำส้มสายชู 5%	4.46	Acidity regulator	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
2	น้ำ	66.85	-	-
3	เกลือ	0.84	-	บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธ์ จำกัด
4	น้ำตาลทราย	27.86	Sweetener	บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
รวม		100.00		

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดและวิธีการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 3

ขั้นตอน	วิธีการ	อุปกรณ์
(1A) ล้าง ปอกเปลือก	แครอทจากตลาดสุวรรณภูมิ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาชั่งน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำสะอาด และปอกเปลือก	เครื่องชั่ง กระลังมังสแตนเลส
(2A) ตัดแต่ง	นำแครอทที่ปอกเปลือกแล้วมาหั่นเป็นท่อน ท่อนละ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหั่นเพื่อให้มีขนาดชิ้นเท่ากับ 14 กรัม	เครื่องชั่ง เขียง มีด
(3A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์	แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก	หม้อสแตนเลส
(4A*) ปรับกรด	ใส่แครอทลงในตะกร้าและใส่ลงไปในถังใบที่ 2 จากนั้นเทน้ำดอง 3 รสโดยใช้อัตราแครอทต่อน้ำดองสามรสเท่ากับ 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก จากนั้นเปิดเครื่องเพื่อทำให้สภาวะภายในถังเป็นสุญญากาศโดยใช้ความดัน 0.5 bar เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและเปิดเครื่องเพื่อใช้สภาวะภายในถังอยู่ในสภาวะปกติ 1 ชั่วโมง ทำการสุ่มตัวอย่างวัดคุณภาพทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้คงที่	หม้อสแตนเลส ตะแกรงสแตนเลส
(5A) แครอทดอง	เก็บตัวอย่างในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร	ขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.10 ล้าง ปอกเปลือก (1A)



รูปที่ 3.11 ตัดแต่ง (2A) แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (3A)

รูปที่ 3.12 ปรับกรดด้วยเครื่องปรับสภาพกรด (4A*)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3

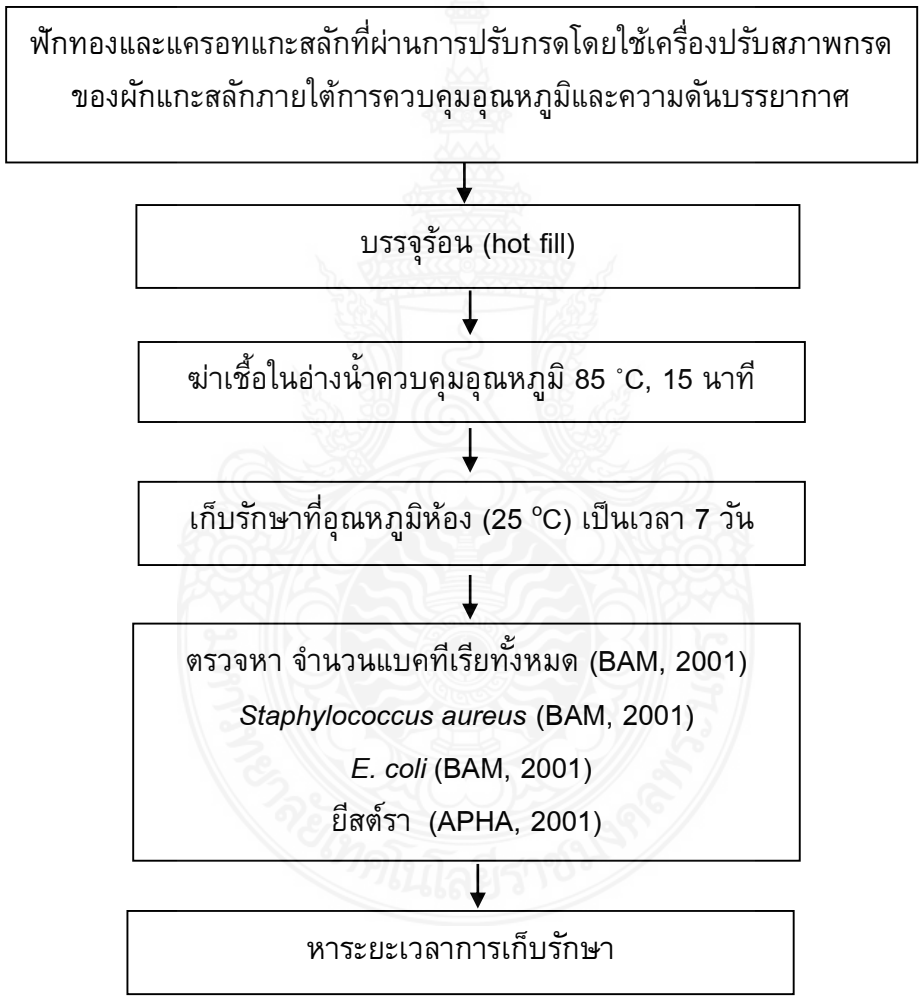
แครอทปรับกรดนำมาตรวจวัดค่าคุณภาพดังแสดงใน ตารางที่ 3.12 โดยนำตัวอย่างมาปั่นละเอียดและคั้นน้ำและนำไปตรวจวัด พีเอช (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany) ปรับมาตรฐานเครื่องมือวัด ด้วยบัพเฟอร์ที่มี pH 10 7 และ 4 จากนั้นวัดค่า pH นำมาวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) นำมาวัดด้วยเครื่อง Refractometer (รุ่น HI96800, Hanna,Romania) วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำอ่านค่าและบันทึกผลรายละเอียด

ตารางที่ 3.12 การสุ่มและการตรวจวัดคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ลำดับ	การวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพ	วิธีการตรวจวัด	ตัวอย่าง/ขั้นตอน	ซ้ำ (จำนวนตัวอย่าง)
1	พีเอช (pH)	เครื่องวัด พีเอช	(2A) ตัดแต่ง	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น
		รายละเอียดในภาคผนวก ก.1	(4A*) ปรับกรด	
2	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brixo)	Refractometer	(2A) ตัดแต่ง	3 ซ้ำ x 3 ชิ้น
		รายละเอียดในภาคผนวก ก.2	(4A*) ปรับกรด	

การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

นำฟักทอง และแครอทแกะสลักดองด้วยการปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ผ่านกรรมวิธีการบรรจุร้อน (hot fill) ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.12 ไปทำการฆ่าเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3.14) เป็นระยะเวลา 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน ตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (BAM, 2001) *Staphylococcus aureus* (BAM, 2001) *Escherichia coli* (BAM, 2001) และยีสต์รา (APHA, 2001) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน และศึกษาหาระยะเวลาการเก็บรักษาของผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

รูปที่ 3.14 การบรรจุผักแกะสลักด้วยกรรมวิธีการบรรจุร้อน (hot fill) และนำไปฆ่าเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.15 ผักแกะสลักดองในขวดแก้วที่ผ่านกรรมวิธีการบรรจุร้อน

การวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และยีสต์รา โดยด้วยการส่งตัวอย่างฟักทอง และแครอท แกะสลักเป็นรูปดอกกุหลาบ ที่ดองในน้ำดองและผ่านกรรมวิธีบรรจุร้อนในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทและฆ่าเชื้อตามรูปที่ 3.15 ไปวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (BAM, 2001) *Staphylococcus aureus* (BAM, 2001) *E. coli* (BAM, 2001) และยีสต์รา (APHA, 2001)

3.3 สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย

3.3.1 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.2 ศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

จากการศึกษากระบวนการดองในเบื้องต้นได้เลือกใช้วิธีสุญญากาศในการดอง ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีปกติ คือ วิธีปกติจะใช้อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศในการดอง ซึ่งจะทำให้ใช้เวลานานกว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้ง แต่เมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิและความดัน จะช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการในการดองลงไปได้หลายเท่า โดยในการควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิภายในถังตัวกลางนำความร้อน และการควบคุมความดันภายในถังดองให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

4.1.1 การควบคุมอุณหภูมิ

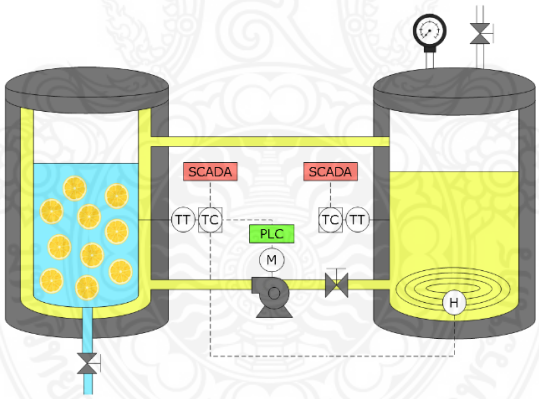
จากการศึกษาพบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิมาเป็นตัวควบคุมในการดองส่งผลให้เนื้อเยื่อของผลไม้อ่อนตัวลงทำให้การแพร่ผ่านของน้ำเกิดได้ดีขึ้นทั้งยังมีผลต่อความหนืดของสารละลายด้วย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้การดองเป็นไปได้เร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าแตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในโครงการนี้ได้มีการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมกับแครอทและฟักทองแกะสลักที่ต้องการดอง โดยทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีช่วงเวลาการดองและเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

รูปที่ 4.1 การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์พืช

การควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการจะทำให้อุณหภูมิของที่สองถังมีค่าคงที่ตลอดการทำงานซึ่งจะเป็นระบบปิด (Closed loop control) โดยในส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter ; TT) หรืออาร์ทีดีชนิด PT100 (Platinum ความต้านทาน 100 โอห์ม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส) ทำการวัดอุณหภูมิภายในถังดองและถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนอีกทั้งยังเป็นส่วนช่วยในการทำ Auto tuning ค่า PID ที่ใช้ในการ

ควบคุมกระบวนการ ซึ่งตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังเฟสแองเกิล (phase angle) เพื่อเพิ่มลดสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบคลื่นรูปซายน์ในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน ต่อมาจะมีการนำค่า PID ดังกล่าว มาประมวลผลและแสดงกราฟในสกาดา และใช้ Modbus RTU มาช่วยในการสื่อสารกันระหว่าง Temperature Controller กับ PLC เพื่อนำค่า PID มาประมวลผล การทดลองได้นำผักแกะสลักมาเข้ากระบวนการดองต้องการควบคุมอุณหภูมิภายในการดองให้เท่ากับความต้องการของผู้ทดลอง (ที่ 30 หรือ 40 องศาเซลเซียส) ดังนั้นอุณหภูมิภายในถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนต้องควบคุมให้ค่าความต้องการของผู้วิจัย เนื่องจากในการทำงานจะใช้ตัวกลางนำความร้อนวนอยู่รอบถังดอง ซึ่งเป็นถัง 2 ชั้น โดยชั้นนอกใช้ในการวนรอบถังของตัวกลางนำความร้อน ส่วนชั้นในจะใช้ในการดองภายในถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนจะใช้ขดลวดความร้อนเป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

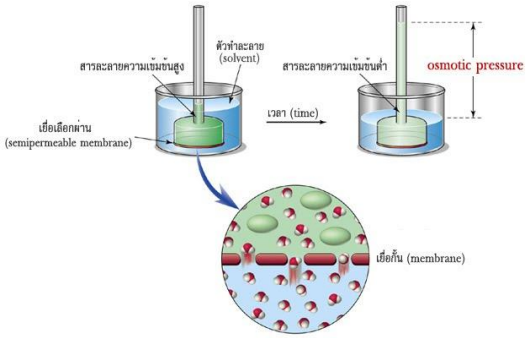
สาเหตุที่ต้องใช้ตัวกลางนำความร้อนในการแพร่ความร้อนไปยังถังดอง เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน หากสัมผัสกับความร้อนโดยตรงอาจทำให้มีโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เสียรูปจะมีผลมากน้อยขึ้นอยู่กับความอ่อนแข็งของเนื้อผลิตภัณฑ์ และเนื่องจากการใช้ Box function PID ใน PLC เพื่อควบคุมอุณหภูมินั้นสามารถทำได้ แต่เพื่อการควบคุมให้มีความเสถียรภาพมากกว่าจึงเลือกใช้ Temperature controller ในการควบคุม เพราะผลการตอบสนองของ PLC ที่ใช้ฟังก์ชั่น PIDนั้นตอบสนองได้ช้ากว่า



รูปที่ 4.2 การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการดอง

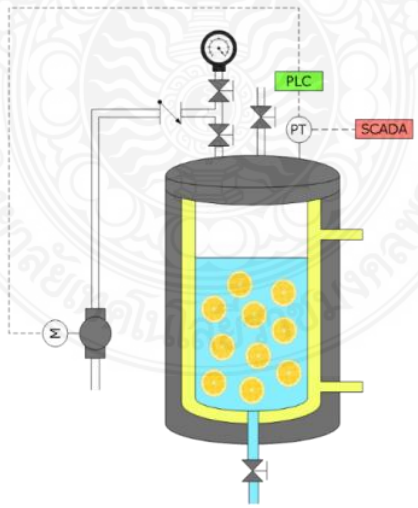
4.1.2 การควบคุมความดัน

จากการศึกษาพบว่า เมื่อมีการใช้ความดันเข้ามาช่วยในการดอง ซึ่งความดันในที่นี้เป็นการควบคุมแบบสุญญากาศ จะช่วยเร่งอัตราในการออสโมซิสให้เร็วมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการควบคุมความดันจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้การดองยิ่งเป็นไปได้ไวมากยิ่งขึ้นด้วยเช่นกัน



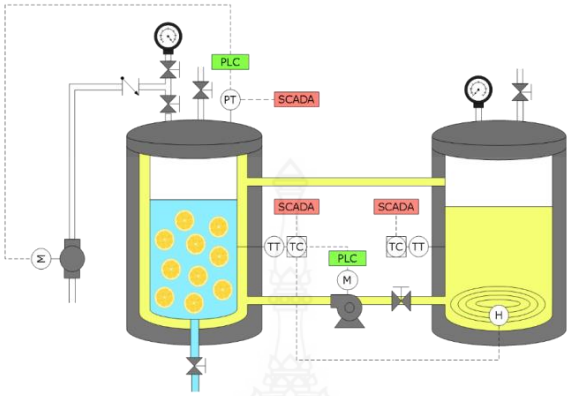
รูปที่ 4.3 การใช้ความดันในการแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส)

การควบคุมความดันภายในถังดองให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศซึ่งเป็นระบบควบคุมวงปิด (Closed loop control) เช่นเดียวกับขั้นตอนของการควบคุมอุณหภูมิ โดยในส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter; PT) ที่ติดตั้งบนถังดองเป็นอุปกรณ์วัดความดันภายในถังเพื่อทำการควบคุมแบบป้อนกลับให้กระบวนการ ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดค่าความดันสภาวะสุญญากาศในถังดองไว้ที่ 93kPa โดยค่าความดันที่วัดได้จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศการควบคุมจะควบคุมแบบเป็นจังหวะ โดยในตอนเริ่มต้นจะควบคุมความดันภายในให้เท่ากับ 93kPa หลังจากนั้นจะค้างสถานะไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาก็จะกลับมาควบคุมความดันใหม่อีกครั้ง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ไม่สามารถป้องกันการรั่วไหลของความดันได้อย่างสมบูรณ์ จึงต้องคอยดึงอากาศออกตลอดการทำงานเพื่อรักษากระบวนการให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศโดยมีวาล์วตรวจสอบ (Check Valve) เป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ความดันไหลย้อนกลับเข้าไปในถังดอง



รูปที่ 4.4 การควบคุมความดันในถังดอง

เมื่อนำการทำงานในแต่ละส่วนมารวมกันแล้วจัดทำการออกแบบกระบวนการจะพบว่าขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของกระบวนการดองจะมีรูปแบบการทำงานดังรูปข้างล่างนี้

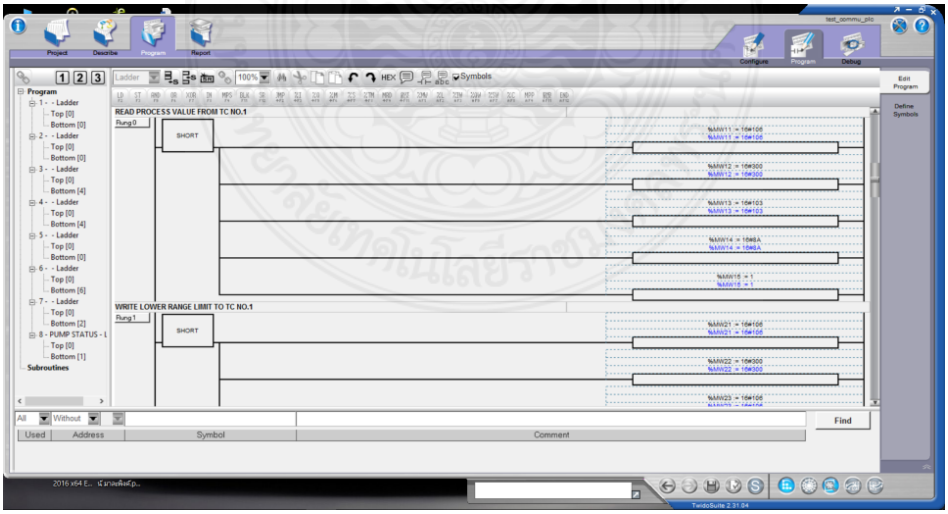


รูปที่ 4.5 การทำงานทั้งหมดของกระบวนการดอง

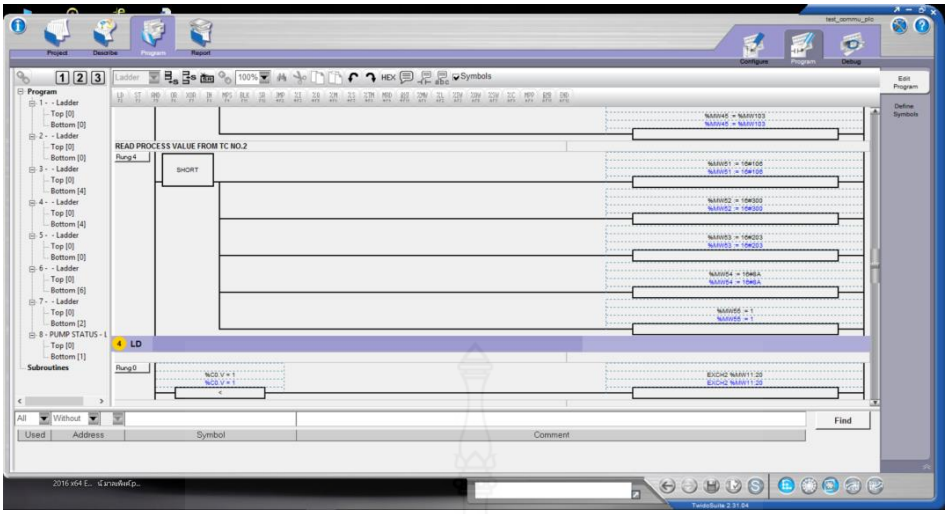
4.1.3 การเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงาน

4.1.3.1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานของอุณหภูมิ

เริ่มต้นการเขียนโปรแกรม PLC ด้วยการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการให้คงที่ตลอดการทำงาน ซึ่งเริ่มต้นจากการรับค่าที่ได้จากการวัดด้วย RTD แล้วส่งค่าที่วัดได้ผ่าน controller มายัง PLC ด้วย MODBUS Protocol หลังจากนั้นตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆเมื่อเริ่มต้นประมวลผล plc ในครั้งแรก เขียนแลดเดอร์แสดงค่าที่อ่านได้จาก controller ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ซึ่งต่อ Multidrop กัน



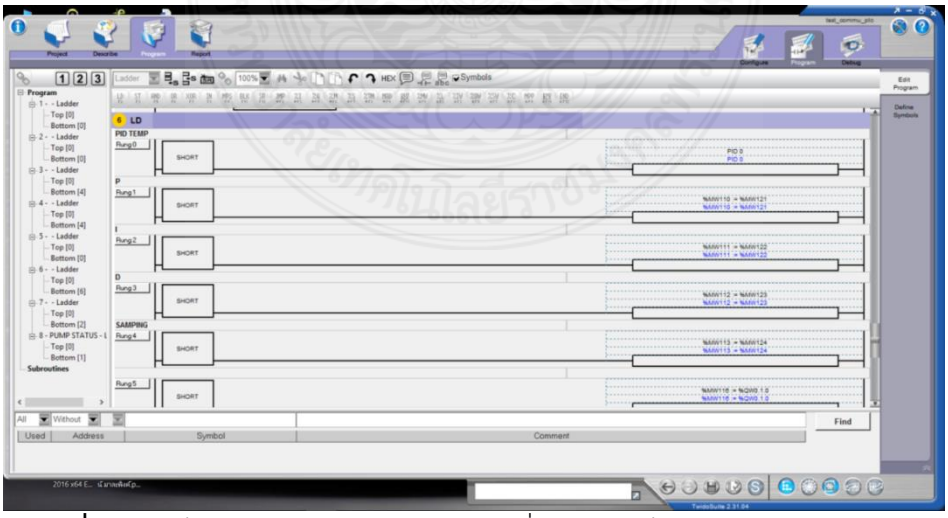
รูปที่ 4.6 ค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้ Modbus จาก Temperature controller ตัวที่ 1



รูปที่ 4.7 ค่าที่วัดได้จาก Temperature controller ตัวที่ 2
(โดยที่ Temperature controllerตัวที่ 2 ต่อ Multidrop กับตัวที่ 1)

4.1.3.2 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานของบล็อก PID

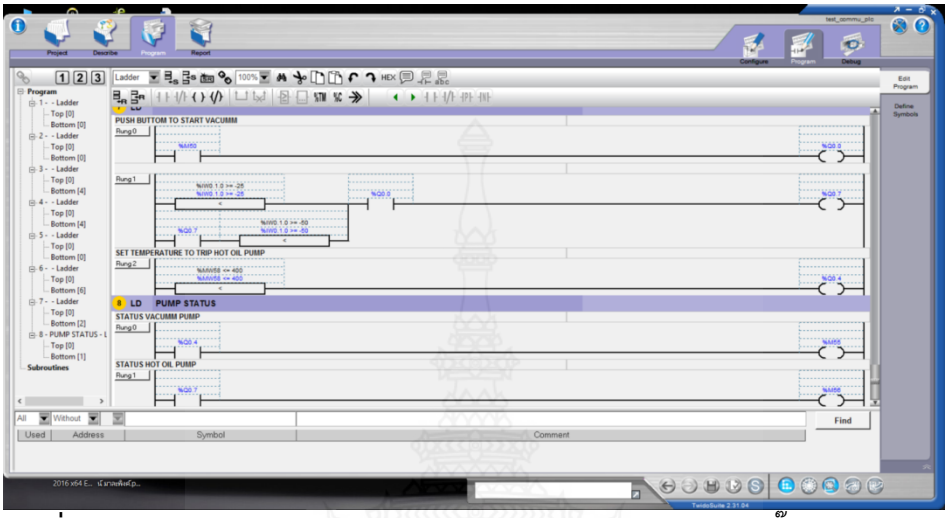
เขียนแลดเดอร์เพื่อควบคุมให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเสถียรภาพที่สุด ค่าที่วัดได้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วที่สุดเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง โดยในการควบคุมจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรก P (Proportional control action) เป็นการกำหนดการทำงานของ output ให้เป็นสัดส่วนร้อยละกับค่าความผิดพลาด ส่วนที่สอง I (Integral control action) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด และส่วนที่สาม D (Derivative control action) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดรวมไปถึงการรบกวนระบบจากภายนอก



รูปที่ 4.8 บล็อคของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID

4.1.3.3 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานของความดันและปั๊ม

เขียนแลดเดอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบรักษาความดันภายในถังให้เป็นสภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีความสัมพันธ์กับการทำงานของปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 4.9 การทำงานของ Loop ความดันและสถานการณ์ใช้งานของปั๊ม (ON/OFF)

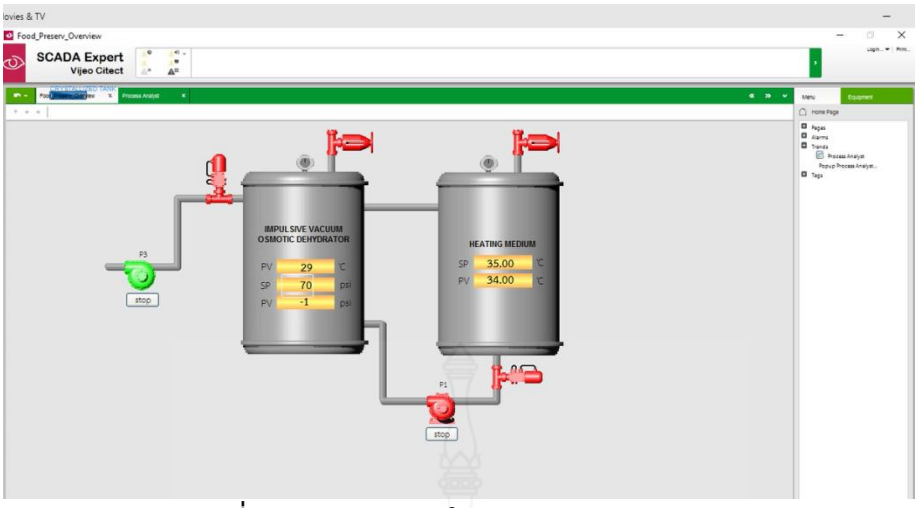
4.1.4 การแสดงผลในระบบสกาดา

ในการแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผลนั้นเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลของกระบวนเพื่อแสดงค่าผ่านโปรแกรมแสดงผล และสามารถเปลี่ยนค่าผ่านจอแสดงผลเพื่อส่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลในการเปลี่ยนแปลงค่าที่ต้องการได้ในระบบข้อกำหนดเบื้องต้นของการใช้งาน VJC ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานของระบบอัตโนมัติและสิ่งที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทลและสกาดา การติดตั้งซอฟแวร์ ได้แก่ VijeoCitect 2015 และ Excel DBF Plug-in

4.1.5 วางแผนการทำงานและระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดในงานวิจัย

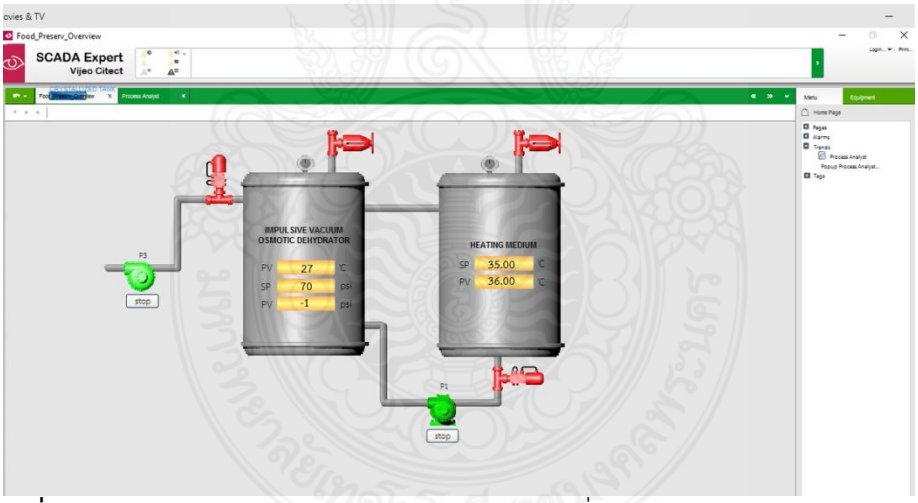
ขั้นแรกต้องวางแผนการทำงานและระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดในงานวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยอินพุต/เอาท์พุตของอุปกรณ์ ได้แก่

4.1.5.1 การควบคุมความดัน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดความดันที่ส่งผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือปั๊มสุญญากาศ ซึ่งสามารถแสดงสถานการณ์ทำงานของปั๊มผ่านจอแสดงผล



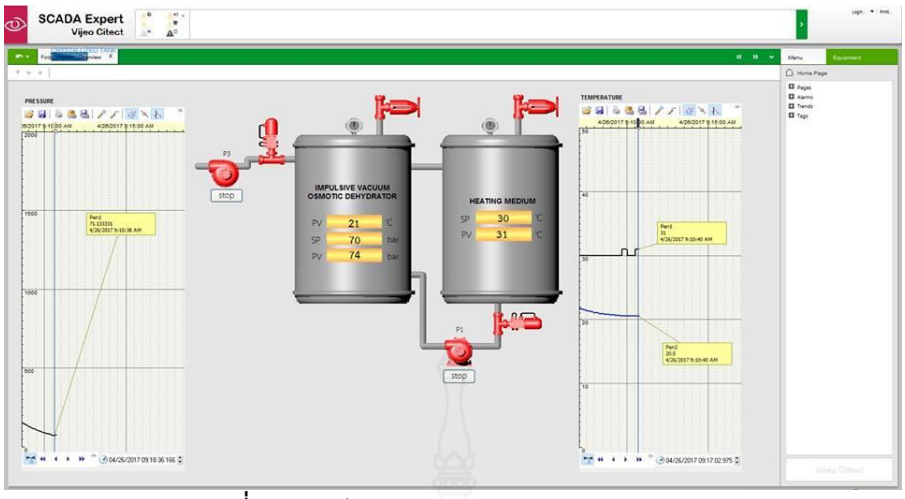
รูปที่ 4.10 การทำงานในระบบควบคุมความดัน

4.1.5.2 การควบคุมอุณหภูมิ ประกอบไปด้วย อุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ส่งผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือขดลวดความร้อน ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว ซึ่งต่อแบบ multidrop



รูปที่ 4.11 การทำงานในระบบควบคุมอุณหภูมิขณะที่มีการควบคุมความดันร่วมด้วย

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวางแผนอุปกรณ์มาสร้างจอแสดงผลของกระบวนการ ซึ่งค่าที่แสดงบนจอมาจากการนำ Addressใน PLC มาแสดงเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและตรวจสอบความผิดพลาดของกระบวนการ พร้อมทั้งกราฟแสดงค่าที่อุปกรณ์วัดสามารถวัดได้ ซึ่งแสดงได้ดังรูปข้างล่างนี้

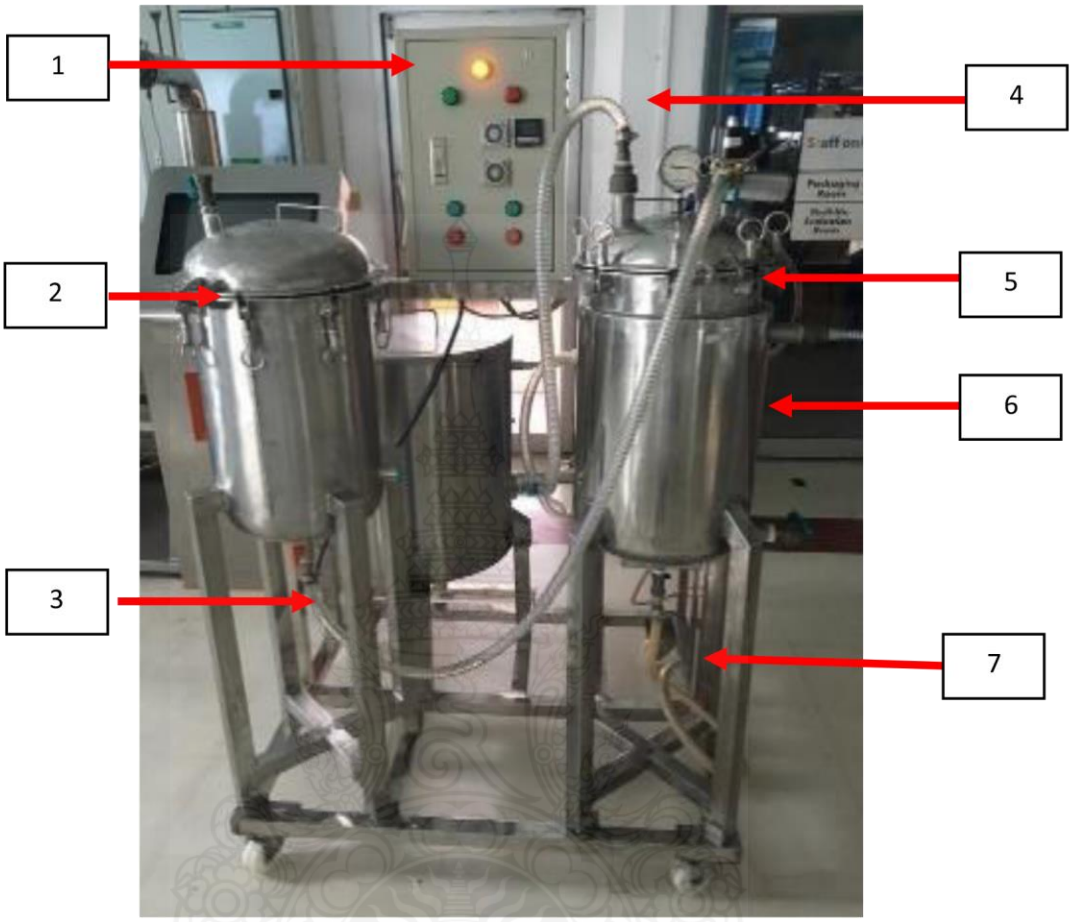


รูปที่ 4.12 ส่วนแสดงผลของกระบวนการดอง

4.1.6 เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

รูปที่ 4.13 เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่ได้จากการพัฒนา

เครื่องแช่อิ่มระบบสุญญากาศ



รูปที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องแช่อิ่มสูญญากาศ (ด้านหน้า)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบ อุปกรณ์ และหน้าที่ของเครื่องแช่อิ่มสูญญากาศ (ด้านหน้า)

หมายเลข	อุปกรณ์	หน้าที่
1	กล่องควบคุมอุปกรณ์	ป้อน หรือกำหนดข้อมูลอุณหภูมิ และเวลาในการทำสูญญากาศ
2	ถังพักของเหลว	พักน้ำเชื่อมก่อนเข้าสู่ระบบ
3	สายยางสำหรับลำเลียงของเหลว	ลำเลียงของเหลวจากถังพักไปยังถังสูญญากาศ
4	สายยางดูดอากาศ	ดูดออากาศออกจากถังหมายเลข 5 เพื่อให้ระบบเป็นสูญญากาศ
5	ถังสูญญากาศ	ใส่ตัวอย่างก่อนทำสูญญากาศและแช่อิ่ม
6	ถัง 2 ชั้นสำหรับเติมน้ำควบคุม อุณหภูมิ	ควบคุมอุณหภูมิของระบบแช่อิ่ม
7	สายยางสำหรับถ่ายของเหลวออก	ถ่ายเทของเหลวทิ้ง

รูปที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องแช่อิ่มสูญญากาศ (ด้านหลัง)

ตารางที่ 1 อธิบายภาพและเครื่องแช่อิ่ม(ด้านหลัง)

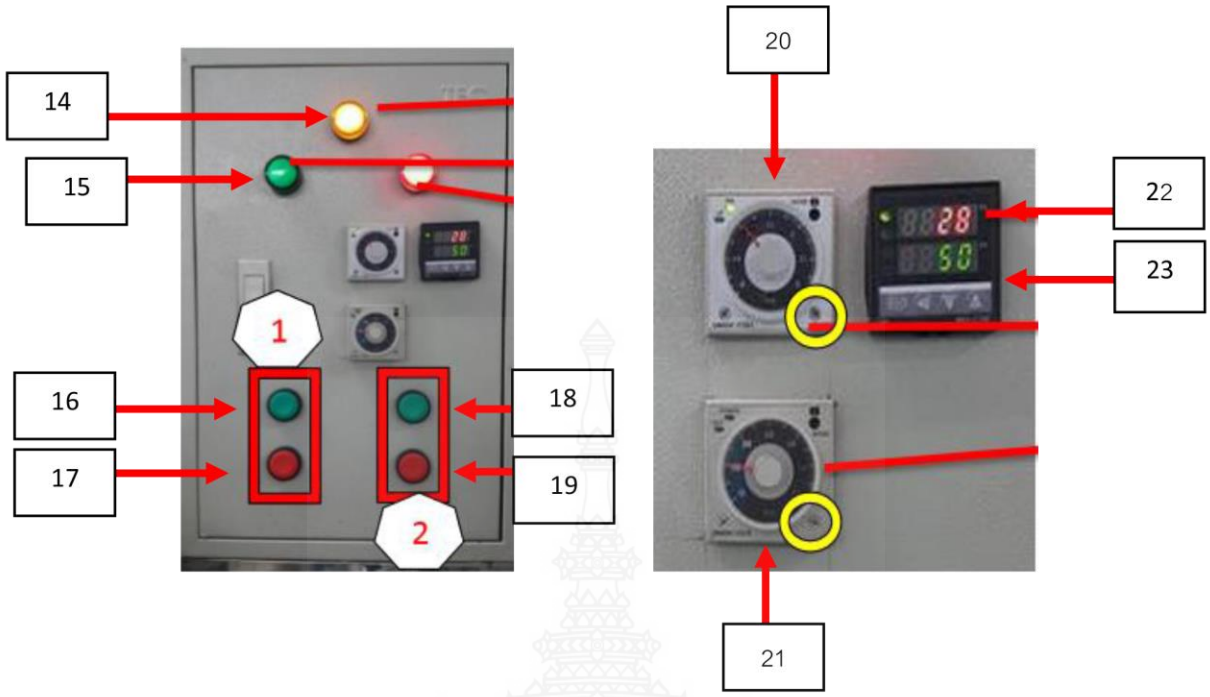
หมายเลข	อุปกรณ์	หน้าที่
8	สายยางถ่ายเทน้ำที่หล่อเลี้ยงปั๊ม	ถ่ายเทน้ำที่เลี้ยงปั๊มกลับสู่ถังพัก
9	ปั๊ม liquid ring	ดูดอากาศในถังให้กลายเป็นสภาวะสูญญากาศ
10	สายยางสำหรับดูดน้ำที่หล่อเลี้ยงปั๊ม	ลำเลียงน้ำจากถังพักไปเลี้ยงปั๊ม
11	ถังพักน้ำสำหรับดูดเลี้ยงปั๊ม	กักเก็บน้ำสำหรับปั๊ม

(a)

(b) (c)

รูปที่ 3 ส่วนประกอบเครื่องโดยที่ (a) เป็นบริเวณด้านข้าง (b) เป็นมุมบนของถังพักน้ำเชื่อม และ (c) เป็นมุมบนของถังสูญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์	หน้าที่
12	ตัวปรับความดันสูญญากาศ	ปรับความดันสูญญากาศมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 bar
13	ตะแกรงใส่ตัวอย่าง	ช้อนตัวอย่างหลังแช่อิ่มเสร็จ



หมายเลข	อุปกรณ์	หน้าที่
14	ไฟระบบ	แสดงว่าเครื่องกำลังทำงาน หรือ ปิดอยู่
15	ไฟปั๊ม	แสดงว่าปั๊มทำงานหรือ ปิดอยู่
16	ปุ่มเปิดปั๊ม	เปิดปั๊มให้ดูดอากาศ
17	ปุ่มปิดปั๊ม	หยุดการทำงานของปั๊ม
18	ปุ่มเปิดอุณหภูมิ	เปิดระบบควบคุมอุณหภูมิ
19	ปุ่มปิดอุณหภูมิ	หยุดการควบคุมอุณหภูมิ
20	อุปกรณ์ตั้งเวลาอุณหภูมิ	กำหนดเวลาที่ควบคุมอุณหภูมิ
21	อุปกรณ์ตั้งเวลาสุญญากาศ	กำหนดเวลาทำสูญญากาศ
22	หน้าจออุณหภูมิ (actual temp)	แสดงอุณหภูมิจริงภายในถังสุญญากาศ (actual temp)
23	หน้าจออุณหภูมิที่กำหนด (setting temp)	แสดงอุณหภูมิที่ตั้ง (setting temp)

คำอธิบายการใช้เครื่อง

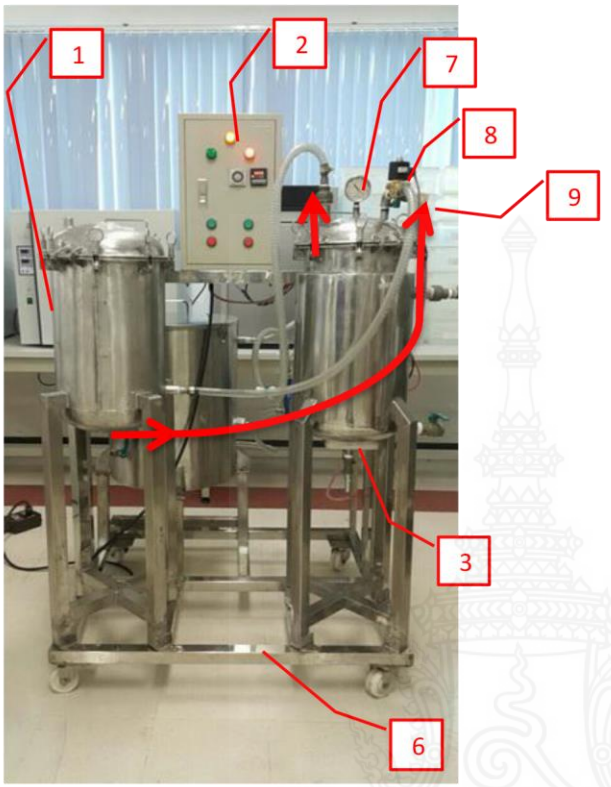
ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับใช้เครื่อง

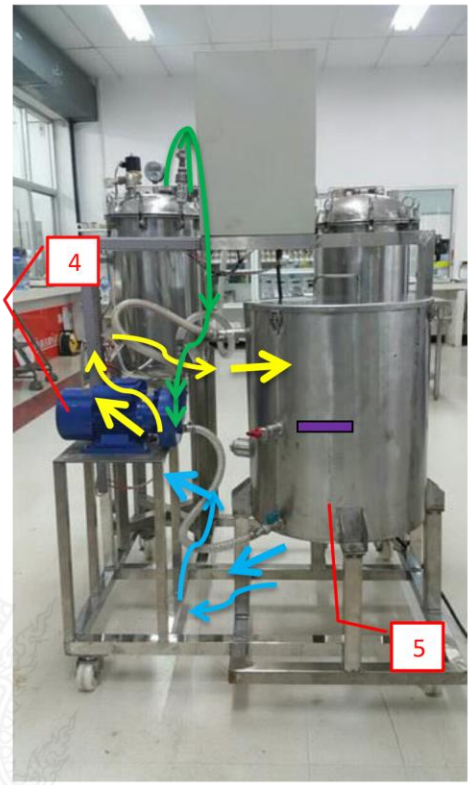
1. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการลงในอุปกรณ์หมายเลข 13 จากนั้นใส่ตะแกรงที่เตรียมตัวอย่างเรียบร้อยแล้วลงในถักสุญญากาศหมายเลข 5 ปิดฝาถังให้สนิทโดยการขันน้อตด้วยไขควงให้แน่นพอดี
2. เทตัวอย่างสารละลายที่ต้องการเตรียมใส่ลงในถังพักของเหลวหมายเลข 2 ปิดฝาถังให้สนิทโดยการขันน้อตด้วยไขควง
3. เติมน้ำสะอาดลงในถังหมายเลข 11 ให้ได้ระดับที่ครึ่งถัง ระวังไม่ให้มีเศษตะกอนตกค้างเพื่อป้องกันการเสียหายที่เกิดขึ้นกับปั๊มสุญญากาศ

ขั้นตอนการแช่อิ่มระบบสุญญากาศ

1. เสียบปลั๊กและเปิดตู้ ยกคัตเอ้าท์ขึ้นเพื่อให้ไฟเข้าระบบ จากนั้นปิดตู้สังเกตไฟสีส้ม หรือไฟระบบ หรืออุปกรณ์หมายเลข 14 เมื่อไฟติดแสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน
2. ตั้งค่าความดันที่ต้องการที่อุปกรณ์ตั้งความดันหมายเลข 12 และตั้งค่าเวลาที่ต้องการให้ระบบพักไว้ในสถานะสุญญากาศในอุปกรณ์หมายเลข 21 ซึ่ง สามารถเปลี่ยนหน่วยที่ต้องการได้โดยการใช้ไขควงหมุนหน่วยเวลาในวงกลมสีเหลือง ในอุปกรณ์หมายเลข 21 เมื่อตั้งความดันและเวลาเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่มเปิดระบบปั๊มสุญญากาศหมายเลข 16
3. เมื่อเครื่องเปิดระบบความดันสุญญากาศที่ต้องการแล้วรอเวลา จนกระทั่งเครื่องดูดสารละลายที่อยู่ในถังพักของเหลวไปยังถังสุญญากาศจนหมด ไม่หลงเหลือตามสาย จึงกดปุ่มปิดเครื่องที่อุปกรณ์หมายเลข 17
4. เมื่อของเหลวถ่ายเทไปยังถังพักสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว จึงปิดไฟระบบโดยการสับสวิตช์ภายในตู้ จากนั้นถอดปลั๊กออก เปิดวาร์วที่อยู่เหนือสายยยางในอุปกรณ์หมายเลข 7 ให้อากาศภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ถังสุญญากาศภายใน เพื่อให้ความดันภายในถังเป็นความดันที่บรรยากาศโดยระวังไม่ให้สารละลายภายในไหลออกจากถัง
5. ใช้ไขควงขันน้อตเพื่อเปิดฝาถังสุญญากาศออก และทิ้งตัวอย่างไว้ที่สภาวะความดันบรรยากาศปกติเมื่อต้องการวัดคุณภาพ สามารถเปิดฝาและยกตะกร้าใส่ตัวอย่างออกมาเพื่อวัดคุณภาพได้เลย

รูปเครื่องด้านหน้า-หลัง





1. ถังผสมน้ำเชื่อม
2. ตู้ควบคุมระบบแช่อิ่มน้ำเชื่อม
3. ถังแช่อิ่มน้ำเชื่อม
4. ปั๊ม Liquid-Ring
5. ถังพักน้ำหล่อเย็นปั๊ม Liquid-Ring เติมระดับน้ำให้ถึงเส้นสีม่วง
6. โครงรับ
7. เกจวัดระบบสูญญากาศ
8. เซ็ควาล์วเปิด/ปิดระบบสูญญากาศเข้าถังแช่อิ่ม
9. เซ็นเซอร์ตั้งค่าระบบสูญญากาศ

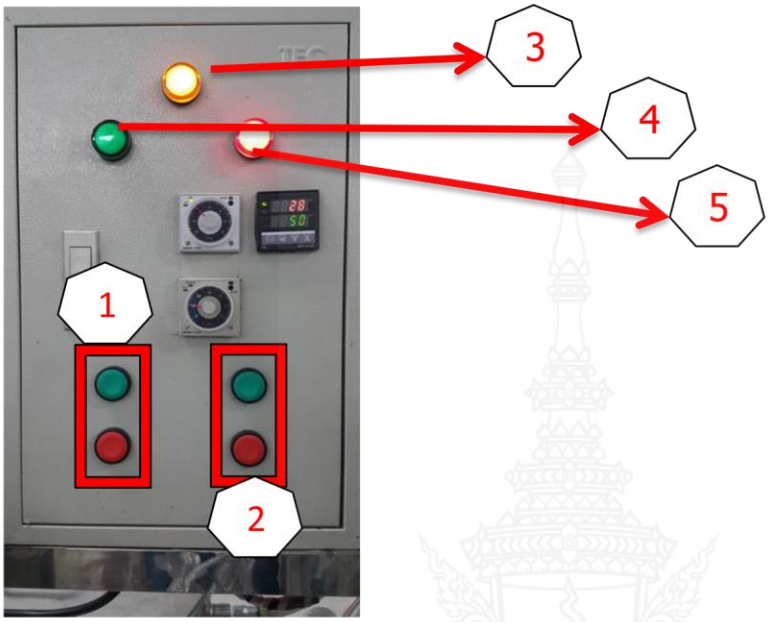
เส้นสีเขียว ดูดจากถังแช่อิ่มไปปั๊มสูญญากาศ

เส้นสีเหลือง ดูดน้ำหล่อเย็นจากปั๊มสูญญากาศไปลงถังพัก

เส้นสีแดง ดูดจากถังผสมน้ำเชื่อมไปยังถังแช่อิ่ม

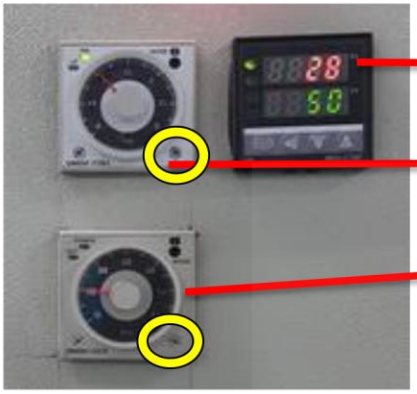
เส้นสีฟ้า ดูดน้ำหล่อเย็นจากถังพักไปยังปั๊มสูญญากาศ

ตู้ควบคุมเครื่อง



1. ปุ่มเปิด/ปิดปั้ม Liquid Ring
2. ปุ่มเปิด/ปิดฮีตเตอร์ทำน้ำร้อน
3. ปุ่มแสดงไฟเข้าระบบทำงาน
4. ปุ่มแสดงไฟปั้มทำงาน
5. ปุ่มแสดงไฟฮีตเตอร์ทำน้ำร้อนทำงาน

อุปกรณ์หน้าตู้



ตัวตั้งอุณหภูมิ

ตัวตั้งเวลาหลังแช่อิ่ม

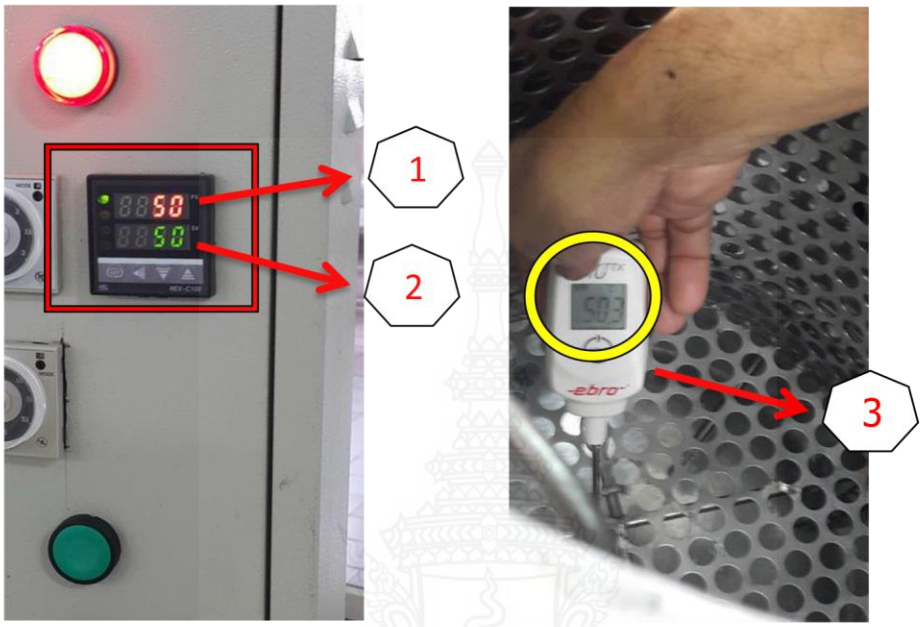
ตัวตั้งเวลาก่อนแช่อิ่ม

วงสีเหลืองคือที่ปรับหน่วยเวลาของ Timer

ตัวตั้งค่า Pressure Vaccum กดลูกศรขึ้น/ลง+ปุ่ม S

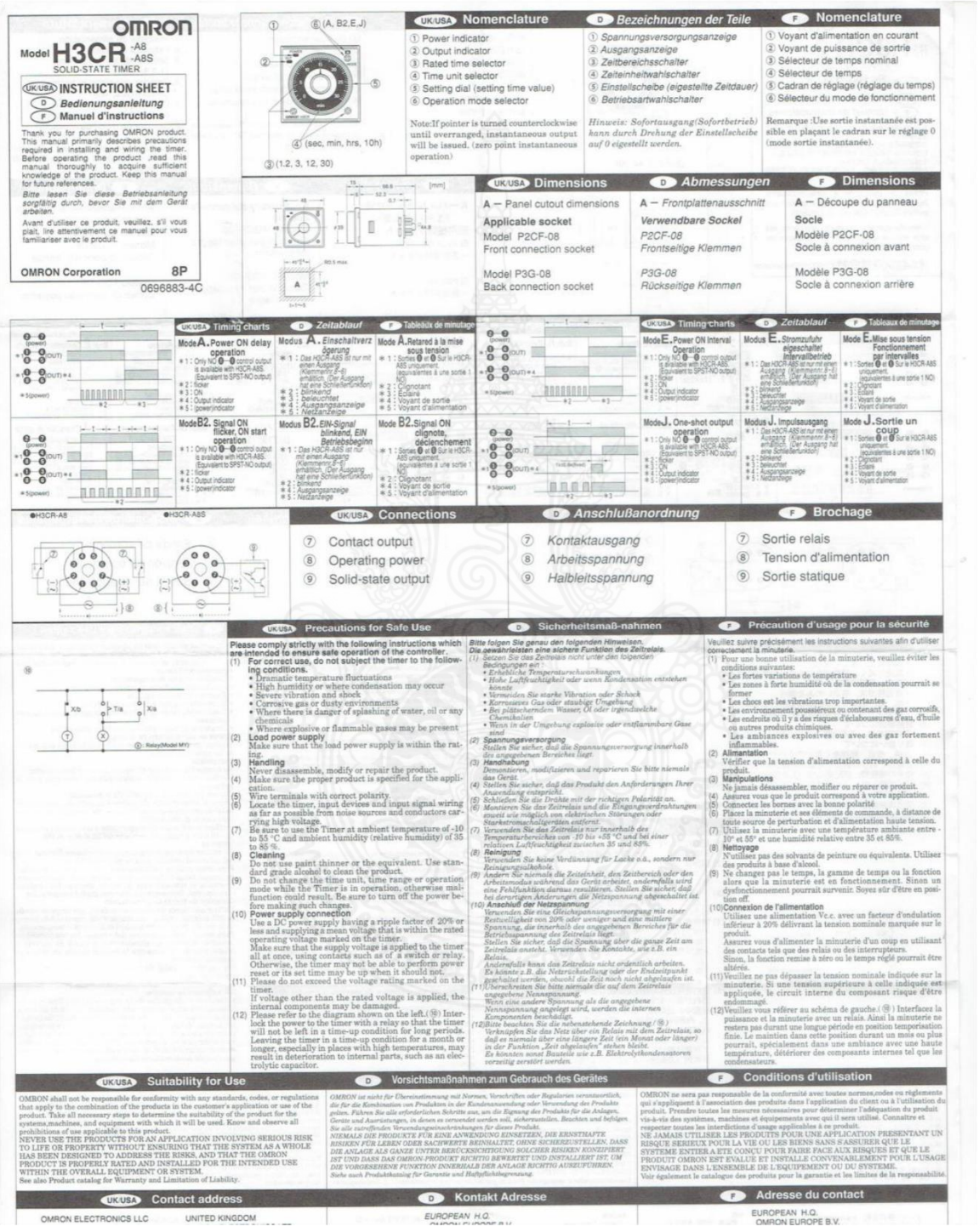
เกจวัดค่า Vaccum

การทดสอบค่าอุณหภูมิที่ตั้งและค่าที่วัดได้



1. ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ ตัวสีแดง
2. ค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ตัวสีเขียว
3. ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ตัวที่วงสีเหลือง

ชุด TIMER ก่อน/หลังแซ่อิ่ม



OMRON

Model H3CR -A8 -A8S

SOLID-STATE TIMER

UK/USA INSTRUCTION SHEET

D Bedienungsanleitung

F Manuel d'instructions

Thank you for purchasing OMRON product. This manual primarily describes precautions required in installing and wiring the timer. Before operating the product ,read this manual thoroughly to acquire sufficient knowledge of the product. Keep this manual for future references.

Bitte lesen Sie diese Betriebsanleitung sorgfältig durch, bevor Sie mit dem Gerät arbeiten.

Avant d'utiliser ce produit, veuillez, s'il vous plait, lire attentivement ce manuel pour vous familiariser avec le produit.

OMRON Corporation 8P

0696883-4C

(A, B2,E,J) (sec, min, hrs, 10h) (1,2, 3, 12, 30)

UK/USA Nomenclature

① Power indicator
② Output indicator
③ Rated time selector
④ Time unit selector
⑤ Setting dial (setting time value)
⑥ Operation mode selector

Note:If pointer is turned counterclockwise until overranged, instantaneous output will be issued. (zero point instantaneous operation)

D Bezeichnungen der Teile

① Spannungsversorgungsanzeige
② Ausgangsanzeige
③ Zeitbereichsschalter
④ Zeiteinheitwahlschalter
⑤ Einstellscheibe (eigestellte Zeitdauer)
⑥ Betriebsartwahlschalter

Hinweis: Sofortausgang(Sofortbetrieb) kann durch Drehung der Einstellscheibe auf 0 eigestellt werden.

F Nomenclature

① Voyant d'alimentation en courant
② Voyant de puissance de sortrie
③ Sélecteur de temps nominal
④ Sélecteur de temps
⑤ Cadran de réglage (réglage du temps)
⑥ Sélecteur du mode de fonctionnement

Remarque :Use sortie instantanée est possible en plaçant le cadran sur le réglage 0 (mode sortie instantanée).

[mm]

UK/USA Dimensions

A — Panel cutout dimensions

Applicable socket
Model P2CF-08
Front connection socket

Model P3G-08
Back connection socket

D Abmessungen

A — Frontplattenausschnitt

Verwendbare Sockel
P2CF-08
Frontseitige Klemmen

P3G-08
Rückseitige Klemmen

F Dimensions

A — Découpe du panneau

Socle
Modèle P2CF-08
Socle à connexion avant

Modèle P3G-08
Socle à connexion arrière

UK/USA Timing charts

Mode A. Power ON delay operation
Mode B2. Signal ON flicker, ON start operation

D Zeitablauf

Modus A. Einschaltverz Spanng
Modus B2. EIN-Signal blinkend, EIN Betriebsbeginn

F Tableaux de minutage

Mode A. Retarded à la mise sous tension
Mode B2. Signal ON clignote, déclenchement

UK/USA Timing charts

Mode E. Power ON Interval Operation
Mode J. One-shot output operation

D Zeitablauf

Modus E. Stromzufuhr eingeschalter Intervallbetrieb
Modus J. Impulsausgang

F Tableaux de minutage

Mode E. Mise sous tension Fonctionnement par intervalles
Mode J. Sortie un coup

H3CR-A8 H3CR-A8S

UK/USA Connections

⑦ Contact output
⑧ Operating power
⑨ Solid-state output

D Anschlußanordnung

⑦ Kontaktausgang
⑧ Arbeitsspannung
⑨ Halbleitsspannung

F Brochage

⑦ Sortie relais
⑧ Tension d'alimentation
⑨ Sortie statique

UK/USA Precautions for Safe Use

Please comply strictly with the following instructions which are intended to ensure safe operation of the controller.

(1) For correct use, do not subject the timer to the following conditions.
- Dramatic temperature fluctuations
- High humidity or where condensation may occur
- Severe vibration and shock
- Corrosive gas or dusty environments
- Where there is danger of splashing of water, oil or any chemicals
- Where explosive or flammable gases may be present

(2) Load power supply
Make sure that the load power supply is within the rating.

(3) Handling
Never disassemble, modify or repair the product.

(4) Make sure the proper product is specified for the application.

(5) Wire terminals with correct polarity.

(6) Locate the timer, input devices and input signal wiring as far as possible from noise sources and conductors carrying high voltage.

(7) Be sure to use the Timer at ambient temperature of -10 to 55 °C and ambient humidity (relative humidity) of 35 to 85 %.

(8) Cleaning
Do not use paint thinner or the equivalent. Use standard grade alcohol to clean the product.

(9) Do not change the time unit, time range or operation mode while the Timer is in operation, otherwise malfunction could result. Be sure to turn off the power before making such changes.

(10) Power supply connection
Use a DC power supply having a ripple factor of 20% or less and supplying a mean voltage that is within the rated operating voltage marked on the timer.
Make sure that the supply voltage is applied to the timer all at once, using contacts such as of a switch or relay. Otherwise, the timer may not be able to perform power reset or its set time may be up when it should not.

(11) Please do not exceed the voltage rating marked on the timer.
If voltage other than the rated voltage is applied, the internal components may be damaged.

(12) Please refer to the diagram shown on the left.(⑨) Interlock the power to the timer with a relay so that the timer will not be left in a time-up condition for long periods. Leaving the timer in a time-up condition for a month or longer, especially in places with high temperatures, may result in deterioration to internal parts, such as an electrolytic capacitor.

D Sicherheitsmaß-nahmen

Bitte folgen Sie genau den folgenden Hinweisen. Die gewährleisten eine sichere Funktion des Zeitrelais.

(1) Setzen Sie das Zeitrelais nicht unter den folgenden Bedingungen ein :
- *Erhebliche Temperaturschwankungen*
- *Hohe Luftfeuchtigkeit oder wenn Kondensation entstehen könnte*
- *Vermeiden Sie starke Vibration oder Schock*
- *Korrosives Gas oder staubige Umgebung*
- *Bei plötzchendem Wasser, Öl oder irgendwelche Chemikalien*
- *Wenn in der Umgebung explosive oder entflammbare Gase sind*

(2) Spannungsversorgung
Stellen Sie sicher, daß die Spannungsversorgung innerhalb des angegebenen Bereiches liegt.

(3) Handhabung
Demontieren, modifizieren und reparieren Sie bitte niemals das Gerät.

(4) Stellen Sie sicher, daß das Produkt den Anforderungen Ihrer Anwendung entspricht.

(5) Schließen Sie die Drähte mit der richtigen Polarität an.

(6) Montieren Sie das Zeitrelais und die Eingangsverdrahtungen soweit wie möglich von elektrischen Störungen oder Starkstromschaltgeräten entfernt.

(7) Verwenden Sie das Zeitrelais nur innerhalb des Temperaturbereiches von -10 bis +55 °C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 35 und 85%.

(8) Reinigung
Verwenden Sie keine Verdünnung für Lacke o.ä., sondern nur Reinigungsalkohole.

(9) Ändern Sie niemals die Zeiteinheit, den Zeitbereich oder den Arbeitsmodus während das Gerät arbeitet, andernfalls wird eine Fehlfunktion daraus resultieren. Stellen Sie sicher, daß bei derartigen Änderungen die Netzspannung abgeschaltet ist.

(10) Anschluß der Netzspannung
Verwenden Sie eine Gleichspannungsversorgung mit einer Restwelligkeit von 20% oder weniger und eine mittlere Spannung, die innerhalb des angegebenen Bereiches für die Betriebsspannung des Zeitrelais liegt.
Stellen Sie sicher, daß die Spannung über die ganze Zeit am Zeitrelais ansteht. Verwenden Sie Kontakte, wie z.B. ein Relais.
Anderenfalls kann das Zeitrelais nicht ordentlich arbeiten. Es könnte z.B. die Netzumschaltung oder der Endzeitpunkt gehalten werden, obwohl die Zeit noch nicht abgelaufen ist.

(11) Überschreiten Sie bitte niemals die auf dem Zeitrelais angegebene Nennspannung.
Wenn eine andere Spannung als die angegebene Nennspannung angelegt wird, werden die internen Komponenten beschädigt.

(12) Bitte beachten Sie die nebenstehende Zeichnung.(⑨)
Verknüpfen Sie das Netz über ein Relais mit dem Zeitrelais, so daß es niemals über eine längere Zeit (ein Monat oder länger) in der Funktion „Zeit abgelaufen" stehen bleibt.
Es könnten sonst Bauteile wie z.B. Elektrolytkondensatoren vorzeitig zerstört werden.

F Précaution d'usage pour la sécurité

Veuillez suivre précisément les instructions suivantes afin d'utiliser correctement la minuterie.

(1) Pour une bonne utilisation de la minuterie, veuillez éviter les conditions suivantes:
- Les fortes variations de température
- Les zones à forte humidité où de la condensation pourrait se former
- Les chocs est les vibrations trop importantes.
- Les environnement poussiéreux ou contenant des gaz corrosifs.
- Les endroits où il y a des risques d'éclaboussures d'eau, d'huile ou autres produits chimiques.
- Les ambiances explosives ou avec des gaz fortement inflammables.

(2) Alimentation
Vérifier que la tension d'alimentation correspond à celle du produit.

(3) Manipulations
Ne jamais désassembler, modifier ou réparer ce produit.

(4) Assurez vous que le produit correspond à votre application.

(5) Connectez les bornes avec la bonne polarité

(6) Placez la minuterie et ses éléments de commande, à distance de toute source de perturbation et d'alimentation haute tension.

(7) Utilisez la minuterie avec une température ambiante entre -10° et 55° et une humidité relative entre 35 et 85%.

(8) Nettoyage
N'utilisez pas des solvants de peinture ou équivalents. Utilisez des produits à base d'alcool.

(9) Ne changez pas le temps, la gamme de temps ou la fonction alors que la minuterie est en fonctionnement. Sinon un dysfonctionnement pourrait survenir. Soyez sûr d'être en position off.

(10) Connexion de l'alimentation
Utilisez une alimentation Vc.c. avec un facteur d'ondulation inférieur à 20% délivrant la tension nominale marquée sur le produit.
Assurez vous d'alimenter la minuterie d'un coup en utilisant des contacts tels que des relais ou des interrupteurs.
Sinon, la fonction remise à nèro ou le temps réglé pourrait être altérés.

(11) Veuillez ne pas dépasser la tension nominale indiquée sur la minuterie. Si une tension supérieure à celle indiquée est appliquée, le circuit interne du composant risque d'être endommagé.

(12) Veuillez vous référer au schéma de gauche.(⑨) Interfaces la puissance et la minuterie avec un relais. Ainsi la minuterie ne restera pas durant une longue période en position temportation finie. Le maintien dans cette position durant un mois ou plus pourrait, spécialement dans une ambiance avec une haute température, détériorer des composants internes tel que les condensateurs.

UK/USA Suitability for Use

OMRON shall not be responsible for conformity with any standards, codes, or regulations that apply to the combination of the products in the customer's application or use of the product. Take all necessary steps to determine the suitability of the product for the systems,machines, and equipment with which it will be used. Know and observe all prohibitions of use applicable to this product.
NEVER USE THE PRODUCTS FOR AN APPLICATION INVOLVING SERIOUS RISK TO LIFE OR PROPERTY WITHOUT ENSURING THAT THE SYSTEM AS A WHOLE HAS BEEN DESIGNED TO ADDRESS THE RISKS, AND THAT THE OMRON PRODUCT IS PROPERLY RATED AND INSTALLED FOR THE INTENDED USE WITHIN THE OVERALL EQUIPMENT OR SYSTEM.
See also Product catalog for Warranty and Limitation of Liability.

D Vorsichtsmaßnahmen zum Gebrauch des Gerätes

OMRON ist nicht für Übereinstimmung mit Normen, Vorschriften oder Regularien verantwortlich, die für die Kombination von Produkten in der Kundenanwendung oder Verwendung des Produkts gelten. Führen Sie alle erforderlichen Schritte aus, um die Eignung des Produkts für die Anlagen, Geräte und Ausrüstungen, in denen es verwendet werden soll, sicherzustellen. Beachten und befolgen Sie alle zutreffenden Verwendungseinschränkungen für dieses Produkt.
NIEMALS DIE PRODUKTE FÜR EINE ANWENDUNG EINSETZEN, DIE ERNSTHAFTE RISIKEN FÜR LEBEN ODER SACHWERTE BEINHALTET, OHNE SICHERZUSTELLEN, DASS DIE ANLAGE ALS GANZE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG SOLCHER RISIKEN KONZIPIERT IST UND DASS DAS OMRON-PRODUKT RICHTIG BEWERTET UND INSTALLIERT IST, UM DIE VORGESEHENE FUNKTION INNERHALB DER ANLAGE RICHTIG AUSZUFÜHREN.
Siehe auch Produktkatalog für Garantie und Haftpflichtbegrenzung.

F Conditions d'utilisation

OMRON ne sera pas responsable de la conformité avec toutes normes,codes ou réglements qui s'appliquent à l'association des produits dans l'application du client ou à l'utilisation du produit. Prendre toutes les mesures nécessaires pour déterminer l'adéquation du produit vis-à-vis des systèmes, machines et équipements avec qui il sera utilisé. Connaître et respecter toutes les interdictions d'usage applicables à ce produit.
NE JAMAIS UTILISER LES PRODUITS POUR UNE APPLICATION PRESENTANT UN RISQUE SERIEUX POUR LA VIE OU LES BIENS SANS S'ASSURER QUE LE SYSTEME ENTIER A ETE CONCU POUR FAIRE FACE AUX RISQUES ET QUE LE PRODUIT OMRON EST EVALUE ET INSTALLE CONVENABLEMENT POUR L'USAGE ENVISAGE DANS L'ENSEMBLE DE L'EQUIPEMENT OU DU SYSTEME.
Voir également le catalogue des produits pour la garantie et les limites de la responsabilité.

UK/USA Contact address

OMRON ELECTRONICS LLC UNITED KINGDOM

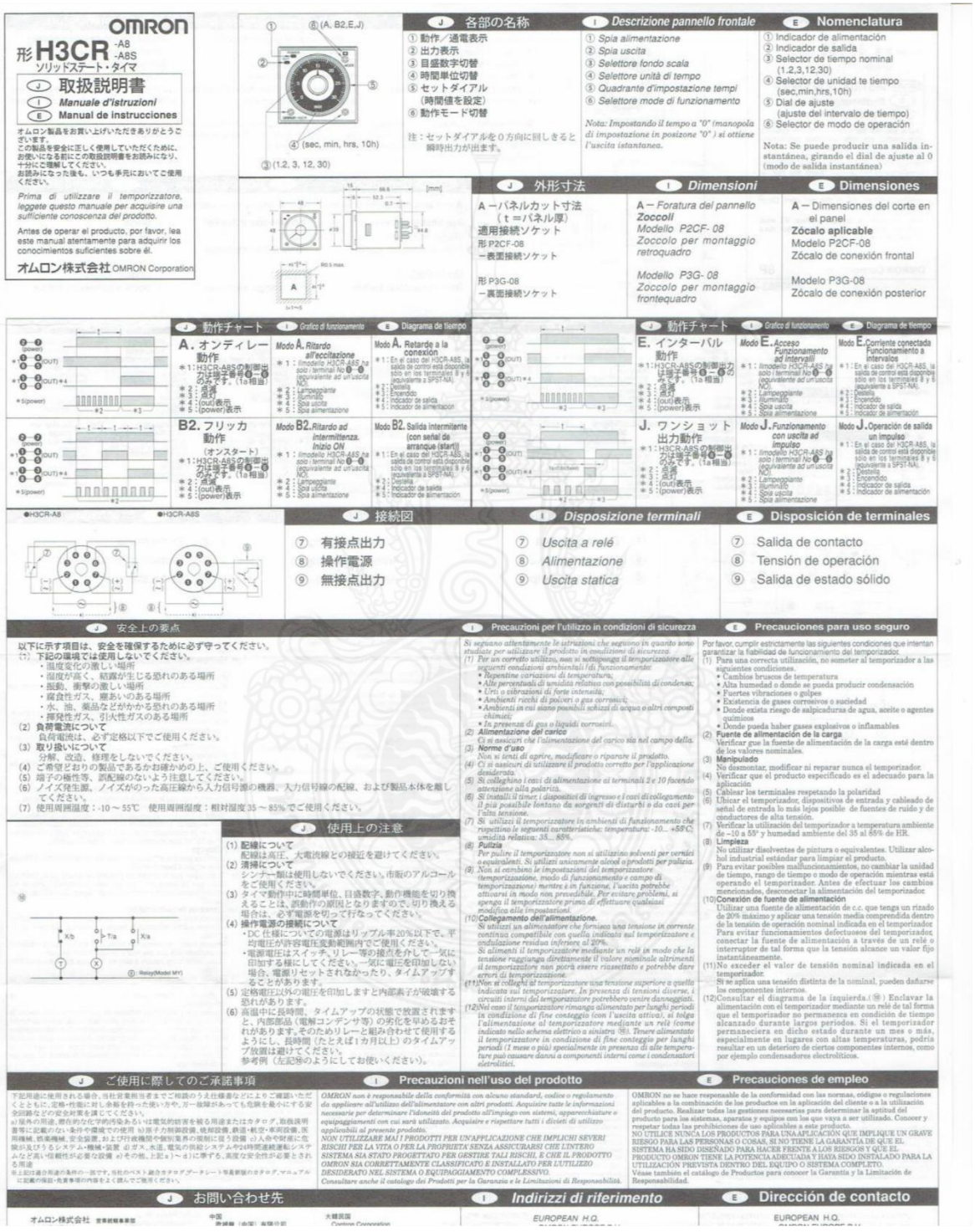
D Kontakt Adresse

EUROPEAN H.Q.

F Adresse du contact

EUROPEAN H.Q.
OMRON EUROPE B.V.

ชุด TIMER ก่อน/หลังแซ่อิ่ม



OMRON

形 H3CR -A8 -A8S

ソリッドステート・タイマ

J 取扱説明書

I Manuale d'istruzioni

E Manual de instrucciones

オムロン製品をお買い上げいただきありがとうございます。
この製品を安全に正しく使用していただくために、お使いになる前にこの取扱説明書をお読みになり、十分にご理解してください。
お読みになった後も、いつも手元においてご使用ください。

Prima di utilizzare il temporizzatore, leggete questo manuale per acquisire una sufficiente conoscenza del prodotto.

Antes de operar el producto, por favor, lea este manual atentamente para adquirir los conocimientos suficientes sobre él.

オムロン株式会社 OMRON Corporation

① (6) (A, B2, E, J)
② ⑤
④ (sec, min, hrs, 10h)
③ (1.2, 3, 12, 30)

J 各部の名称

① 動作／通電表示
② 出力表示
③ 目盛数字切替
④ 時間単位切替
⑤ セットダイアル（時間値を設定）
⑥ 動作モード切替

注：セットダイアルを0方向に回しきると瞬時出力が出ます。

I Descrizione pannello frontale

① Spia alimentazione
② Spia uscita
③ Selettore fondo scala
④ Selettore unità di tempo
⑤ Quadrante d'impostazione tempi
⑥ Selettore mode di funzionamento

Nota: Impostando il tempo a "0" (manopola di impostazione in posizone "0") si ottiene l'uscita istantanea.

E Nomenclatura

① Indicador de alimentación
② Indicador de salida
③ Selector de tiempo nominal (1,2,3,12,30)
④ Selector de unidad te tiempo (sec,min,hrs,10h)
⑤ Dial de ajuste (ajuste del intervalo de tiempo)
⑥ Selector de modo de operación

Nota: Se puede producir una salida instantánea, girando el dial de ajuste al 0 (modo de salida instantánea)

[mm]

J 外形寸法

A－パネルカット寸法（t＝パネル厚）
適用接続ソケット
形 P2CF-08
－表面接続ソケット

形 P3G-08
－裏面接続ソケット

I Dimensioni

A－Foratura del pannello
Zoccoli
Modello P2CF- 08
Zoccolo per montaggio retroquadro

Modello P3G- 08
Zoccolo per montaggio frontequadro

E Dimensiones

A－Dimensiones del corte en el panel
Zócalo aplicable
Modelo P2CF-08
Zócalo de conexión frontal

Modelo P3G-08
Zócalo de conexión posterior

J 動作チャート　I Grafico di funzionamento　E Diagrama de tiempo

A. オンディレー動作
＊1：H3CR-A8Sの制御出力は端子番号❽－❿のみです。（1a相当）
＊2：点滅
＊3：点灯
＊4：(out)表示
＊5：(power)表示

Modo A. Ritardo all'eccitazione
＊1：Il modello H3CR-A8S ha solo i terminali No.❽－❿ (equivalente ad un uscita NO).
＊2：Lampeggiante
＊3：Illuminato
＊4：Spia uscita
＊5：Spia alimentazione

Modo A. Retarde a la conexion
＊1：En el caso del H3CR-A8S, la salida de control está disponible sólo en los terminales❽ y❿ (equivalente a SPST-NA).
＊2：Destella
＊3：Encendido
＊4：Indicador de salida
＊5：Indicador de alimentacion

B2. フリッカ動作（オンスタート）
＊1：H3CR-A8Sの制御出力は端子番号❽－❿のみです。（1a相当）
＊2：点滅
＊4：(out)表示
＊5：(power)表示

Modo B2. Ritardo ad intermittenza. Inizio ON
＊1：Il modello H3CR-A8S ha solo i terminali No.❽－❿ (equivalente ad un uscita NO).
＊2：Lampeggiante
＊4：Spia uscita
＊5：Spia alimentazione

Modo B2. Salida intermitente (con señal de arranque (start))
＊1：En el caso del H3CR-A8S, la salida de control está disponible sólo en los terminales❽ y❿ (equivalente a SPST-NA).
＊2：Destella
＊4：Indicador de salida
＊5：Indicador de alimentación

J 動作チャート　I Grafico di funzionamento　E Diagrama de tiempo

E. インターバル動作
＊1：H3CR-A8Sの制御出力は端子番号❽－❿のみです。（1a相当）
＊2：点滅
＊3：点灯
＊4：(out)表示
＊5：(power)表示

Modo E. Acceso Funzionamento ad intervalli
＊1：Il modello H3CR-A8S ha solo i terminali No.❽－❿ (equivalente ad un uscita NO).
＊2：Lampeggiante
＊3：Illuminato
＊4：Spia uscita
＊5：Spia alimentazione

Modo E. Corriente conectada Funcionamiento a intervalos
＊1：En el caso del H3CR-A8S, la salida de control está disponible sólo en los terminales❽ y❿ (equivalente a SPST-NA).
＊2：Destella
＊3：Encendido
＊4：Indicador de salida
＊5：Indicador de alimentación

J. ワンショット出力動作
＊1：H3CR-A8Sの制御出力は端子番号❽－❿のみです。（1a相当）
＊2：点滅
＊3：点灯
＊4：(out)表示
＊5：(power)表示

Modo J. Funzionamento con uscita ad impulso
＊1：Il modello H3CR-A8S ha solo i terminali No.❽－❿ (equivalente ad un uscita NO).
＊2：Lampeggiante
＊3：Illuminato
＊4：Spia uscita
＊5：Spia alimentazione

Modo J. Operación de salida un impulso
＊1：En el caso del H3CR-A8S, la salida de control está disponible sólo en los terminales❽ y❿ (equivalente a SPST-NA).
＊2：Destella
＊3：Encendido
＊4：Indicador de salida
＊5：Indicador de alimentación

●H3CR-A8　●H3CR-A8S

J 接続図

⑦ 有接点出力
⑧ 操作電源
⑨ 無接点出力

I Disposizione terminali

⑦ Uscita a relé
⑧ Alimentazione
⑨ Uscita statica

E Disposición de terminales

⑦ Salida de contacto
⑧ Tensión de operación
⑨ Salida de estado sólido

J 安全上の要点

以下に示す項目は、安全を確保するために必ず守ってください。
(1) 下記の環境では使用しないでください。
・温度変化の激しい場所
・湿度が高く、結露が生じる恐れのある場所
・振動、衝撃の激しい場所
・腐食性ガス、塵あいのある場所
・水、油、薬品などがかかる恐れのある場所
・揮発性ガス、引火性ガスのある場所
(2) 負荷電流について
負荷電流は、必ず定格以下でご使用ください。
(3) 取り扱いについて
分解、改造、修理をしないでください。
(4) ご希望どおりの製品であるかお確かめの上、ご使用ください。
(5) 端子の極性等、誤配線のないよう注意してください。
(6) ノイズ発生源、ノイズがのった高圧線から入力信号源の機器、入力信号線の配線、および製品本体を離してください。
(7) 使用周囲温度：-10～55℃　使用周囲湿度：相対湿度35～85%でご使用ください。

I Precauzioni per l'utilizzo in condizioni di sicurezza

Si seguano attentamente le istruzioni che seguono in quanto sono studiate per utilizzare il prodotto in condizioni di sicurezza.
(1) Per un corretto utilizzo, non si sottopongа il temporizzatore alle seguenti condizioni ambientali / di funzionamento:
• Repentine variazioni di temperatura;
• Alte percentuali di umidità relativa con possibilità di condensa;
• Urti o vibrazioni di forte intensità;
• Ambienti ricchi di polveri o gas corrosivi;
• Ambienti in cui siano possibili schizzi di acqua o altri composti chimici;
• In presenza di gas o liquidi corrosivi.
(2) Alimentazione del carico
Ci si assicuri che l'alimentazione del carico sia nel campo della
(3) Norme d'uso
Non si tenti di aprire, modificare o riparare il prodotto.
(4) Ci si assicuri di utilizzare il prodotto corretto per l'applicazione desiderata.
(5) Si colleghino i cavi di alimentazione ai terminali 2 e 10 facendo attenzione alla polarità.
(6) Si installi il timer, i dispositivi di ingresso e i cavi di collegamento il più possibile lontano da sorgenti di disturbi o da cavi per l'alta tensione.
(7) Si utilizzi il temporizzatore in ambienti di funzionamento che rispettino le seguenti caratteristiche: temperatura: -10... +55℃; umidità relativa: 35... 85%.
(8) Pulizia
Per pulire il temporizzatore non si utilizzino solventi per vernici o equivalenti. Si utilizzi unicamente alcool o prodotti per pulizia.
(9) Non si cambino le impostazioni del temporizzatore (temporizzazione, modo di funzionamento e campo di temporizzazione) mentre è in funzione, l'uscita potrebbe attivarsi in modo non prevedibile. Per evitare problemi, si spenga il temporizzatore prima di effettuare qualsiasi modifica alle impostazioni.
(10) Collegamento dell'alimentazione.
Si utilizzi un alimentatore che fornisca una tensione in corrente continua compatibile con quella indicata sul temporizzatore e ondulazione residua inferiore al 20%.
Si alimenti il temporizzatore mediante un relè in modo che la tensione raggiunga direttamente il valore nominale altrimenti il temporizzatore non potrà essere risvettato e potrebbe dare errori di temporizzazione.
(11) Non si colleghi al temporizzatore una tensione superiore a quella indicata sul temporizzatore. In presenza di tensioni diverse, i circuiti interni del temporizzatore potrebbero venire danneggiati.
(12) Nel caso il temporizzatore rimanga alimentato per lunghi periodi in condizione di fine conteggio (con l'uscita attiva), si tolga l'alimentazione al temporizzatore mediante un relè (come indicato nello schema elettrico a sinistra ⑩). Tenere alimentato il temporizzatore in condizione di fine conteggio per lunghi periodi (1 mese o più) specialmente in presenza di alte temperature può causare danni a componenti interni come i condensatori elettrolitici.

E Precauciones para uso seguro

Por favor, cumplir estrictamente las siguientes condiciones que intentan garantizar la fiabilidad de funcionamiento del temporizador.
(1) Para una correcta utilización, no someter al temporizador a las siguientes condiciones.
• Cambios bruscos de temperatura
• Alta humedad o donde se pueda producir condensación
• Fuertes vibraciones o golpes
• Existencia de gases corrosivos o suciedad
• Donde exista riesgo de salpicaduras de agua, aceite o agentes químicos
• Donde pueda haber gases explosivos o inflamables
(2) Fuente de alimentación de la carga
Verificar que la fuente de alimentación de la carga esté dentro de los valores nominales.
(3) Manipulado
No desmontar, modificar ni reparar nunca el temporizador.
(4) Verificar que el producto especificado es el adecuado para la aplicación.
(5) Cablear los terminales respetando la polaridad.
(6) Ubicar el temporizador, dispositivos de entrada y cableado de señal de entrada lo más lejos posible de fuentes de ruido y de conductores de alta tensión.
(7) Verificar la utilización del temporizador a temperatura ambiente de -10 a 55° y humedad ambiente del 35 al 85% de HR.
(8) Limpieza
No utilizar disolventes de pintura o equivalentes. Utilizar alcohol industrial estándar para limpiar el producto.
(9) Para evitar posibles malfuncionamientos, no cambiar la unidad de tiempo, rango de tiempo o modo de operación mientras está operando el temporizador. Antes de efectuar los cambios mencionados, desconectar la alimentación del temporizador.
(10) Conexión de fuente de alimentación
Utilizar una fuente de alimentación de c.c. que tenga un rizado de 20% máximo y aplicar una tensión media comprendida dentro de la tensión de operación nominal indicada en el temporizador. Para evitar funcionamientos defectuosos del temporizador, conectar la fuente de alimentación a través de un relé o interruptor de tal forma que la tensión alcance un valor fijo instantáneamente.
(11) No exceder el valor de tensión nominal indicada en el temporizador.
Si se aplica una tensión distinta de la nominal, pueden dañarse los componentes internos.
(12) Consultar el diagrama de la izquierda.(⑩) Enclavar la alimentación con el temporizador mediante un relé de tal forma que el temporizador no permanezca en condición de tiempo alcanzado durante largos periodos. Si el temporizador permaneciera en dicho estado durante un mes o más, especialmente en lugares con altas temperaturas, podría resultar en un deterioro de ciertos componentes internos, como por ejemplo condensadores electrolíticos.

J 使用上の注意

(1) 配線について
配線は高圧、大電流線との被近を避けてください。
(2) 清掃について
シンナー類は使用しないでください。市販のアルコールをご使用ください。
(3) タイマ動作中に時間単位、目盛数字、動作機能を切り換えることは、誤動作の原因となりますので、切り換える場合は、必ず電源を切ってdone行なってください。
(4) 操作電源の接続について
・DC仕様についての電源はリップル率20%以下で、平均電圧が許容電圧変動範囲内でご使用ください。
・電源電圧はスイッチ、リレー等の接点を介して一気に印加する様にしてください。一気に電圧を印加しない場合、電源リセットされなかったり、タイムアップすることがあります。
(5) 定格電圧以外の電圧を印加しますと内部素子が破壊する恐れがあります。
(6) 高温中に長時間、タイムアップの状態で放置されますと、内部部品（電解コンデンサ等）の劣化を早めるおそれがあります。そのためリレーと組み合わせて使用するようにし、長時間（たとえば1カ月以上）のタイムアップ放置は避けてください。
参考例（左記⑩のようにしてお使いください）。

I Precauzioni nell'uso del prodotto

OMRON non è responsabile della conformità con alcuno standard, codice o regolamento da applicare all'utilizzo dell'alimentatore con cui si acquisiste tutte le informazioni necessarie per determinare l'idoneità del prodotto all'impiego con sistemi, apparecchiature o equipaggiamenti con cui sarà utilizzato. Acquisire e rispettare tutti i divieti di utilizzo applicabili al presente prodotto.
NON UTILIZZARE MAI I PRODOTTI PER UN'APPLICAZIONE CHE IMPLICHI SEVERI RISCHI PER LA VITA O PER LA PROPRIETA' SENZA ASSICURARSI CHE L'INTERO SISTEMA SIA STATO PROGETTATO PER GESTIRE TALI RISCHI, E CHE IL PRODOTTO OMRON SIA CORRETTAMENTE CLASSIFICATO E INSTALLATO PER L'UTILIZZO DESIDERATO NEL SISTEMA O EQUIPAGGIAMENTO COMPLESSIVO.
Consultare anche il catalogo dei Prodotti per la Garanzia e le Limitazioni di Responsabilità.

E Precauciones de empleo

OMRON no se hace responsable de la conformidad con las normas, código o regulaciones aplicables a la combinación de los productos en la aplicación del cliente o a la utilización del producto. Realizar todas las gestiones necesarias para determinar la aptitud del producto para los sistemas, aparatos y equipos con los que vaya a ser utilizado. Conocer y respetar todas las prohibiciones de uso aplicables a este producto.
NO UTILICE NUNCA LOS PRODUCTOS PARA UNA APLICACIÓN QUE IMPLIQUE UN GRAVE RIESGO PARA LAS PERSONAS O COSAS, SI NO TIENE LA GARANTÍA DE QUE EL SISTEMA HA SIDO DISEÑADO PARA HACER FRENTE A LOS RIESGOS Y QUE EL PRODUCTO OMRON TIENE LA POTENCIA ADECUADA Y HAYA SIDO INSTALADO PARA LA UTILIZACIÓN PREVISTA DENTRO DEL EQUIPO O SISTEMA COMPLETO.
Véase también el catálogo de Productos para conocer la Garantía y la Limitación de Responsabilidad.

J ご使用に際してのご承諾事項

下記用途に使用される場合、当社営業担当者までご相談の上仕様書などにより ご確認いただくとともに、定格・性能に対し余裕を持った使い方や、万一故障があっても危険を最小にする安全回路などの安全対策を講じてください。
a) 屋外の用途、潜在的な化学的汚染あるいは電気的妨害を被る用途またはカタログ、取扱説明書等に記載のない条件や環境での使用 b) 原子力制御設備、焼却設備、鉄道・航空・車両設備、医用機械、娯楽機械、安全装置、および行政機関や個別業界の規制に従う設備 c) 人命や財産に危険が及びうるシステム・機械・装置 d) ガス、水道、電気の供給システムや24時間連続運転システムなど高い信頼性が必要な設備 e) その他、上記 a）～d）に準ずる、高度な安全性が必要とされる用途
※上記は適合用途の条件の一部です。当社のベスト総合カタログ、データシート等最新版のカタログ、マニュアルに記載の保証・免責事項の内容をよくお読みの上ご使用ください。

I Indirizzi di riferimento

EUROPEAN H.Q.

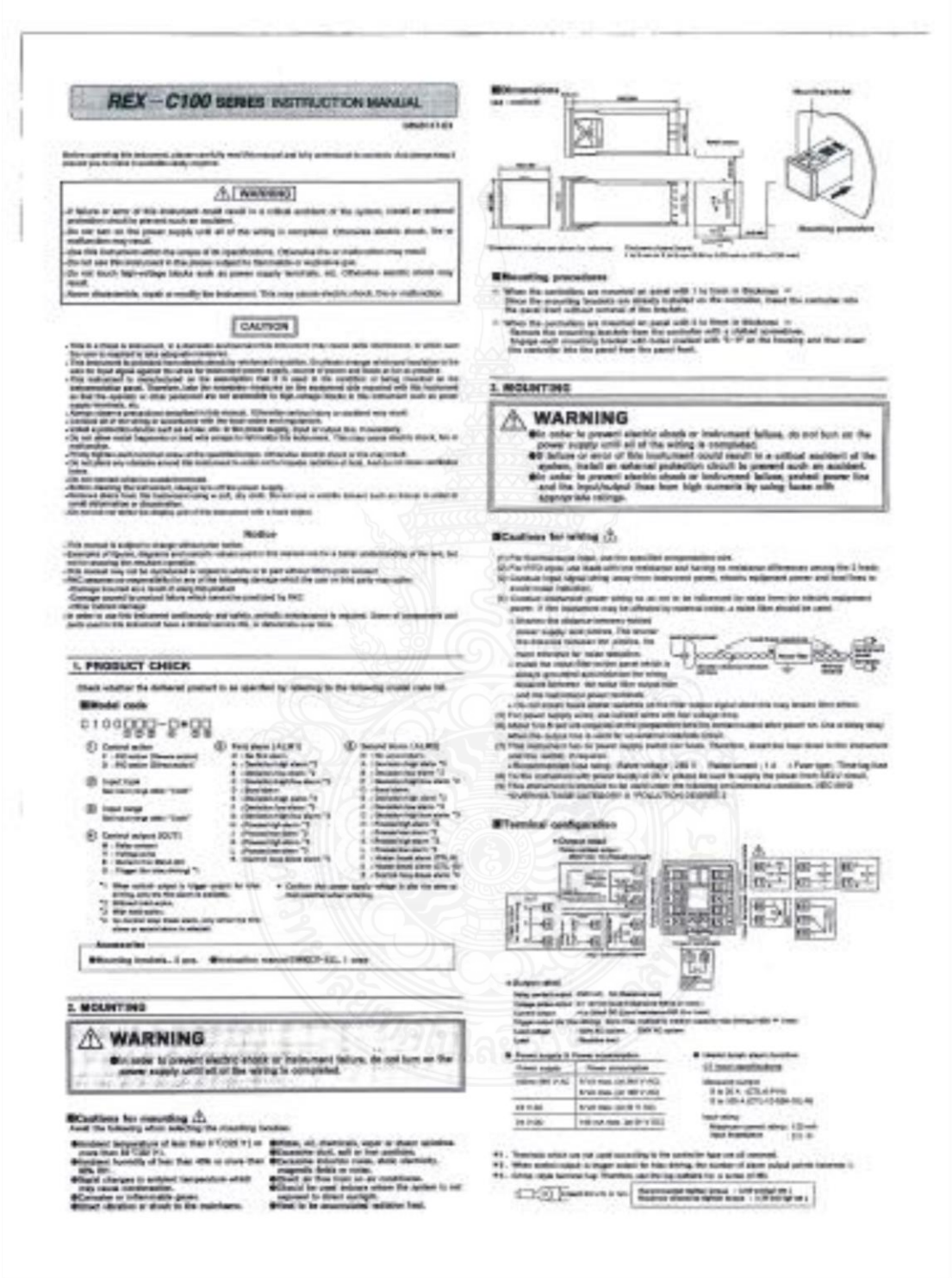
E Dirección de contacto

EUROPEAN H.Q.

J お問い合わせ先

オムロン株式会社

ชุดปรับตั้งอุณหภูมิแช่อิ่ม



REX – C100 SERIES INSTRUCTION MANUAL

WARNING

CAUTION

Notice

1. PRODUCT CHECK

Model code

Accessories

2. MOUNTING

WARNING

Cautions for mounting

Dimensions

Mounting procedures

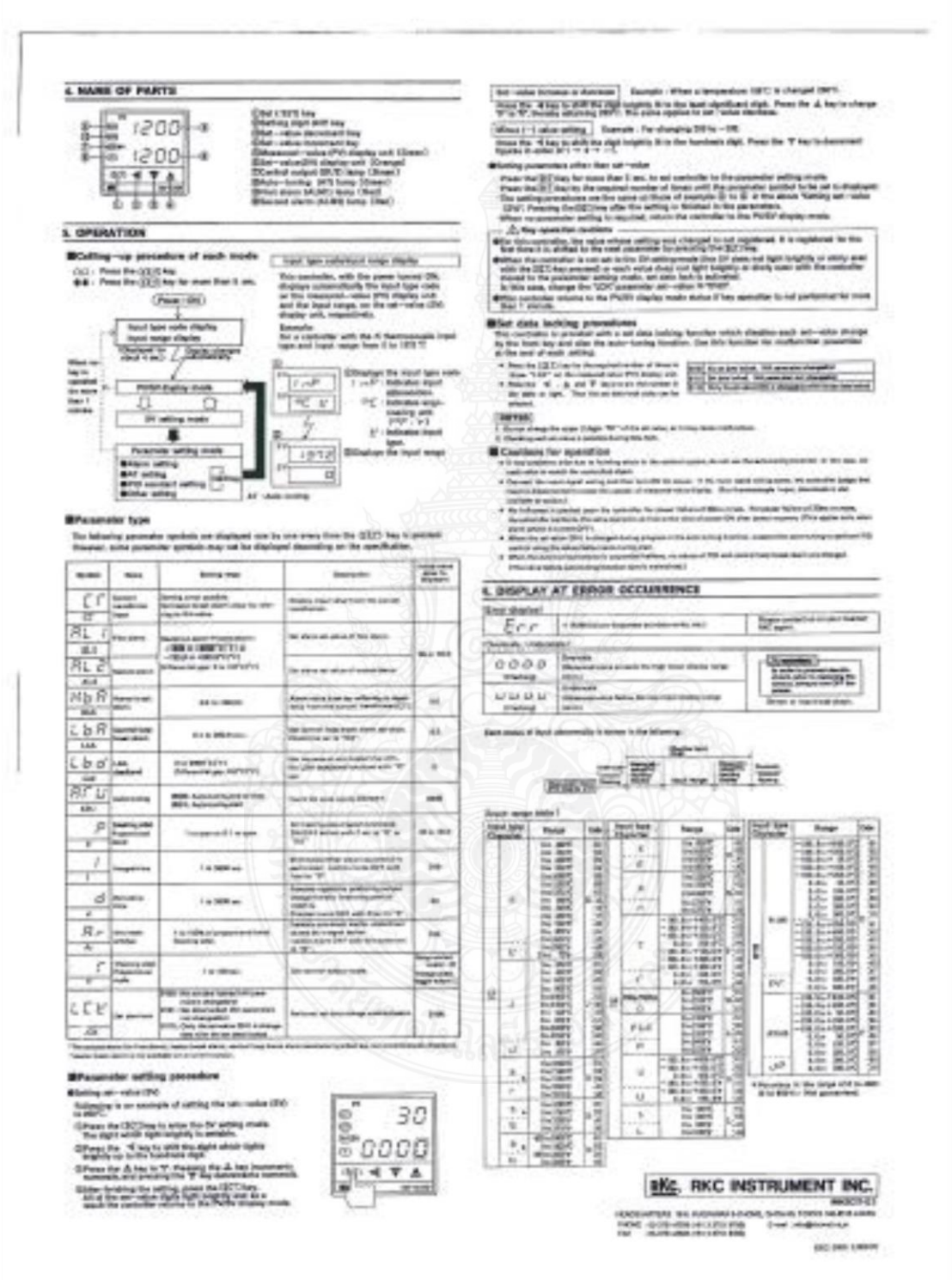
2. MOUNTING

WARNING

Cautions for wiring

Terminal configuration

ชุดปรับตั้งอุณหภูมิแช่อิ่ม



PRESSURE SENSOR

Panasonic INSTRUCTION MANUAL

Pressure Sensor — High-performance Digital Display

DP-100 Series — For use outside Japan

MEUML-DP100 V1.1

Thank you for purchasing products from Panasonic Electric Works SUNX Co., Ltd. Please read this instruction Manual carefully and thoroughly for the correct and optimum use of this product. Kindly keep this manual in a convenient place for quick reference.

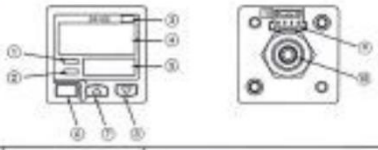
⚠ WARNING

- Never use this product as a sensing device for personnel protection.
- In case of using sensing devices for personnel protection, use products which meet laws and standards, such as OSHA, ANSI or IEC etc., for personnel protection applicable in each region or country.
- DP-100 series is designed for use with non-corrosive gas. It cannot be used for liquid or corrosive gas.
- Japanese Measurement Laws prohibit the use of this product in Japan.

1 CAUTIONS

- This product has been developed / produced for industrial use only.
- Use within the rated pressure range.
- Do not apply pressure exceeding the pressure resistance value. The diaphragm will be damaged resulting in faulty operation.
- Make sure that the power supply is off while wiring.
- Incorrect wiring will damage the sensor.
- Verify that the supply voltage including the ripple is within the rating.
- If power is supplied from a commercial switching regulator, ensure that the frame ground (F.G.) terminal of the power supply is connected to an actual ground.
- In case noise generating equipment (switching regulator, inverter motor, etc.) is used in the vicinity of this sensor, connect the frame ground (F.G.) terminal of the equipment to an actual ground.
- Do not use during the initial transient time (0.5s) after the power supply is switched on.
- Do not run the wires together with high-voltage lines or power lines or put them in the same raceway. This can cause malfunction due to induction.
- The specification may not be satisfied in a strong magnetic field.
- Avoid dust, dirt, and steam.
- Take care that the sensor does not come in direct contact with water, oil, grease, or organic solvents such as thinners, etc.
- Do not insert wires, etc., into the pressure port. The diaphragm will be damaged resulting in faulty operation.
- Do not operate the keys with pointed or sharp objects.
- Do not apply stress directly to the sensor cable joint by forcibly bending or pulling.

2 PART NAMES



No.	Part	Description
①	Output 1 operation indicator	Lights up when comparative output 1 is ON
②	Output 2 / analog voltage operation indicator	• **Standard type**: lights up when comparative output 2 is ON • **Multifunction type**: lights up when analog voltage output is ON
③	Pressure unit display	Depending on the model, "MPa" or "kPa" appears here. If you set another pressure unit, attach the appropriate label, e.g. psi, bar, etc.
④	Main display	Large 4-character LCD display.
⑤	Sub-display	Small 4-character LCD display.
⑥	Mode selection key	For details, see page 3, section 8, SELECTING MODES.
⑦	Up key	Increases value being set.
⑧	Down key	Decreases value being set.
⑨	4-pin male connector	See "Pin assignment, 4-pin male connector" on page 2.
⑩	Pressure port	• DP-100 type: R1/8 + M5 female screw • DP-100-E type: G1/8 + M5 female screw • DP-100-M type: M5 female screw • DP-100-N type: NPT1/8 + M5 female screw

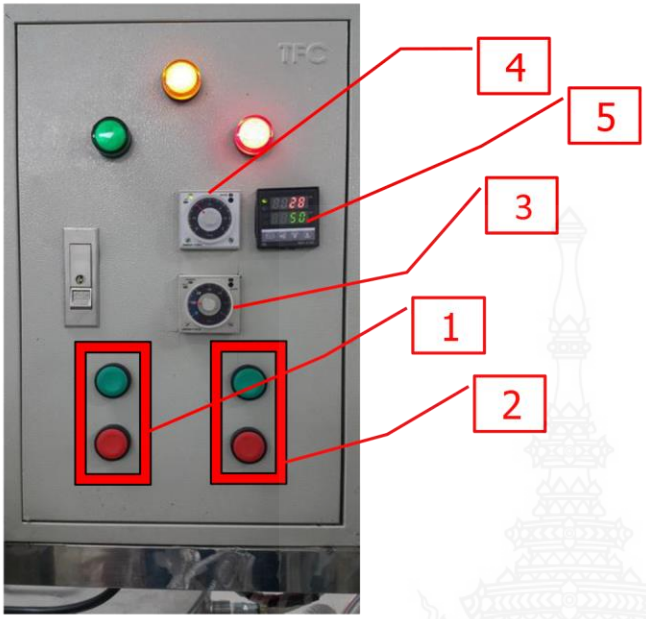
3 PIPING

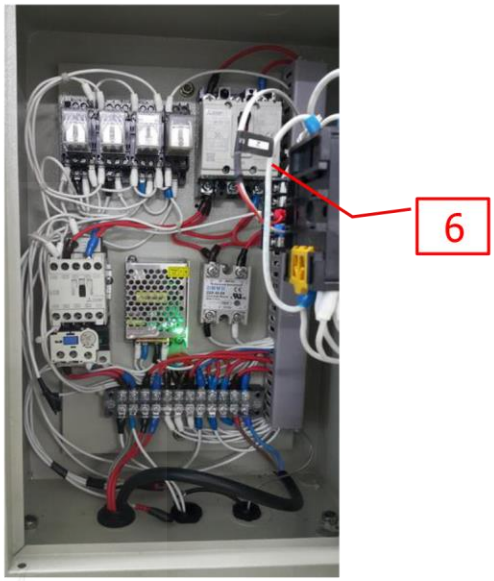
Use a 12mm end wrench (14mm for DP-100-E type) when tightening a commercial coupler to the pressure port. The tightening torque should be 9.8N·m or less (M5 female connector: 1N·m or less). The commercial coupler or pressure port section will be damaged if the tightening torque is excessive.

Wrap sealing tape around the coupler when connecting to prevent leaks.

SENTRONIC AG Produktion, Support und Service
Rugghölzli 2
CH - 5453 Busslingen
Tel. +41 (0)56 222 38 18
Fax +41 (0)56 222 10 12
mailbox@sentronic.com
www.sentronic.com

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องปรับสภาพกรดของผัก





ขั้นตอนการทำงานของเครื่องปรับสภาพกรดของผัก

1. นำน้ำเชื่อมที่ผสมเสร็จแล้วมาเทลงในถังผสมและปิดฝาให้แน่น
2. นำผลไม้ที่จะทำการปรับสภาพใส่ในตะแกรงปิดฝาในถังแช่อิ่มและปิดฝาถังให้สนิทห้ามให้อากาศจากภายนอ
เข้าได้มิฉะนั้นระบบจะทำงานไม่สมบูรณ์
3. เปิดเบรคเกอร์ระบบไฟทั้งหมดในตู้ควบคุมจะทำงาน โดยไฟสีเหลืองที่หน้าตู้จะติด
4. ตั้งค่าอุณหภูมิให้ฮีตเตอร์ทำน้ำร้อนให้ได้ตามที่ต้องการคือค่าตัวเลขสีเขียว สีแดงคือค่า ณ ปัจจุบันและเปิด
สวิชท์ No.2 ให้ฮิตเตอร์ทำความร้อนตามค่าที่ตั้งไว้
5. หมุนปุ่มตั้งเวลาแว๊คก่อนดูดน้ำเชื่อมเข้าถังแช่อิ่ม(สามารถตั้งได้หลายแบบ นาที, ชั่วโมง, วัน ฯ)
6. หมุนปุ่มตั้งเวลาแว๊คหลังดูดน้ำเชื่อมเข้าถังแช่อิ่มแล้ว(สามารถตั้งได้หลายแบบ นาที, ชั่วโมง, วัน ฯ)
7. เปิดปุ่มปั๊ม Liquid Ring No.1 เพื่อให้ระบบสูญญากาศเริ่มทำงาน

Spec Pump Liquild Ring

Name	SK-0.15
Extract Capacity	0.15M³/min
Ultimate Vacuum	-0.096Mpa
Power Output	0.55KW
Inlet Diameter:Inch	G1/2"
Outlet Diameter:Inch	G1/2"
Weight	14KG
Size	317*176*206
Quantity of using water	6L/min
Noise	<72dB(A)

10, appearance and size of the installation

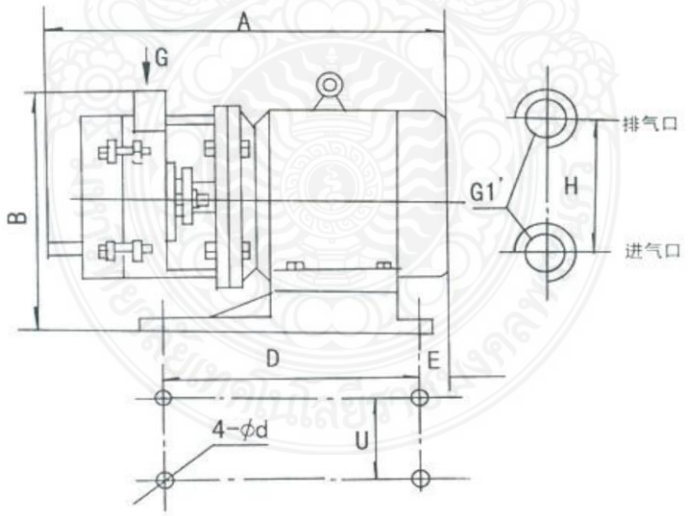


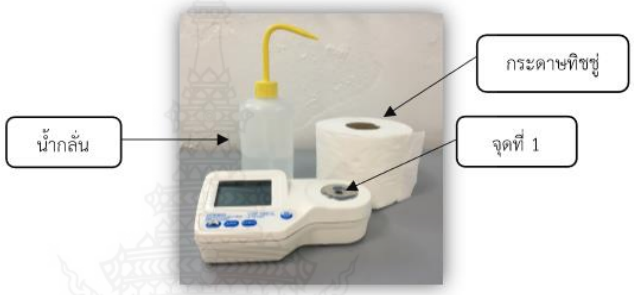
Chart (4)

Models	A	B	U	D	E	F	G
VK-9	340	175	110	150	70	85	½"

4.1.7 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

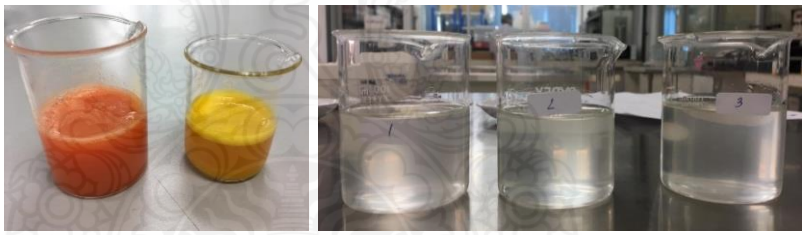
ผลการพัฒนาเครื่องปรับสภาพความเป็นกรด แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย คือ ครั้งที่ 1 การปรับกรดผักแกะสลักในสภาวะความดันปกติ เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการปรับกรดต่อค่า พีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) ครั้งที่ 2 การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อศึกษาระยะเวลาในการดองแบบใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ต่อค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) เปรียบเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยทำการศึกษาการใช้เวลาในการทำสุญญากาศก่อนการปรับกรด 2 ระดับ คือ 10 และ 20 นาที โดย Vacuum เฉพาะผักแกะสลักและครั้งที่ 3 การปรับกรดผักแกะสลักโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อศึกษาการเวลาในการดองแบบใช้เครื่องดองสุญญากาศต่อค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) เปรียบเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 โดยทำการเปลี่ยนวิธีการทำสุญญากาศโดยในการทดลองครั้งที่ 2 โดยทำการ Vacuum ทั้งผักแกะสลักและน้ำดองพร้อม ๆ กันเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและแช่ทิ้งไว้ที่ในสภาวะความดันปกติ 1 ชั่วโมง ทำสลับจนกระทั่งสมดุล ผลการทดลอง ปรากฏดังนี้

ตารางที่ 4.1 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

<table>
<tr><th colspan="2">ปริมาณของแข็งที่ละลายได้
Total Soluble Solids methods</th></tr>
<tr><td>ตัวอย่าง</td><td>ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง สารละลายออสโมติก</td></tr>
<tr><td>อุปกรณ์</td><td>เครื่อง Refractometer (HI 96800, HANNA, Romania)
เครื่องปั่น (Pro Blend4, Philips, Indonesia)
 

รูปที่ 4.14 เครื่อง Refractometer</td></tr>
<tr><td>การเตรียมตัวอย่าง</td><td>
(a) (b)
รูปที่ 4.15 การเตรียมตัวอย่างก่อนการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของผักแกะสลัก (a) และสารละลายออสโมติก (b)
● สำหรับตัวอย่าง ผักแกะสลักสด และแช่สารละลายออสโมติก สุ่มตัวอย่าง 30 กรัม มาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่น เบอร์ 5 เป็น 2 นาที คั้นเนื้อแยกของเหลวด้วยผ้าขาวบาง
● สำหรับ สารละลายออสโมติก สุ่มตักตัวอย่างสารละลายออสโมติก 30 กรัม จากทั่วทั้งภาชนะ</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>ปรับมาตฐานเครื่องมือ 0˚Brix โดยหยดน้ำกลั่นลงบน จุดที่ 1 และกด Read จน จอแสดงผลเป็น 0˚Brix เช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษทิชชูแล้ววัดค่าปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ของตัวอย่าง วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ</td></tr>
<tr><td>การวิเคราะห์ผล</td><td>หาค่าเฉลี่ยเป็นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ทศนิยม 1 ตำแหน่ง และ S.D. จากการวัด 3 ซ้ำ</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.2 วิธีการวิเคราะห์พีเอช

พีเอช pH methods	
ตัวอย่าง	ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง สารละลายออสโมติก
อุปกรณ์	1. เครื่อง pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany) 2. เครื่องปั่น (Pro Blend4, Philips, Indonesia) 3. สารละลายบัฟเฟอร์ pH รูปที่ 4.16 เครื่อง pH meter
การเตรียมตัวอย่าง	 **(a)** **(b)** **รูปที่ 4.17 การเตรียมตัวอย่างก่อนการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของผักแกะสลัก (a) และ สารละลายออสโมติก (b)** ● สำหรับตัวอย่างฟักทองและแครอท สุ่ม 30 กรัม มาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นเบอร์ เป็นเวลา 2 นาที คั้นแยกของเหลวด้วยผ้าขาวบาง ● สำหรับ สารละลายออสโมติก สุ่มตักตัวอย่างสารละลายออสโมติก 30 กรัม จากทั่วทั้งภาชนะ
วิธีการ	ปรับมาตรฐานเครื่องมือ ด้วยบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่ 4 7 และ 10 จากนั้นวัดค่าพีเอชตัวอย่าง โดยแต่ละครั้งที่วัดค่าตัวอย่างใหม่ต้องล้างโพรบวัดด้วยน้ำกลั่นและซับเบาๆ
การวิเคราะห์ผล	หาค่าเฉลี่ย และ S.D. จากการวัด 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.3 วิธีการวิเคราะห์ความชื้น

ความชื้นฐานเปียก **Moisture content (%wb)**	
ตัวอย่าง	ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง
อุปกรณ์	1. Moisture Analyser (MA37-1, Sartorius, China) 2. เครื่องปั่น (Pro Blend4, Philips, Indonesia) **ภาพที่ 4.18** เครื่อง Moisture Analyser
การเตรียมตัวอย่าง	สุ่มตัวอย่างมาปั่นละเอียดให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บในภาชนะปิดสนิท **ภาพที่ 4.19** ตัวอย่างผักแกะสลักปั่นละเอียด
	นำแครอทและฟักทอง ปั่นหยาบวางเรียงบนถาดอะลูมิเนียม และวัดปริมาณความชื้นด้วย เครื่อง Moisture Analyser ด้วยความร้อน 105 °C วัด 3 ซ้ำ
การวิเคราะห์ผล	หาค่าเฉลี่ย และ S.D. จากการวัด 3 ซ้ำ
เอกสารอ้างอิง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2867) เล่ม 1 ไขมัน โปรตีน วิเคราะห์ปริมาณความชื้น. วันที่สืบค้น 5 กรกฎาคม 2561. จาก https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a2867_1-25xx.pdf

ตารางที่ 4.4 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น **Water loss and Solid gain**	
ตัวอย่าง	ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง
อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์เดียวกันกับตารางที่ 4.3
การเตรียมตัวอย่าง	เตรียมตัวอย่างเดียวกันกับตารางที่ 4.3
วิธีการ	วิธีการทำเช่นเดียวกันกับตารางที่ 4.3
การวิเคราะห์ผล	นำความชื้นจากหัวข้อ ก3 มาคำนวณค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นดังสูตรที่ $$\%ML = \frac{M_0 - M}{W} \times 100$$ $$\%SG = \frac{S - S_0}{w} \times 100$$ **เมื่อ** M_0 คือ น้ำหนักของน้ำในตัวอย่างเริ่มต้น (g) M คือ น้ำหนักของน้ำในตัวอย่างหลังดอง (g) w คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (g) $\%ML$ คือ เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำขณะดอง S คือ น้ำหนักของแข็งหลังดอง (g) S_0 คือ น้ำหนักของแข็งของตัวอย่างเริ่ม (g) $\%SG$ คือ เปอร์เซ็นของแข็งที่เพิ่มขึ้นขณะดอง เมื่อได้ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียและของแข็งที่เพิ่มขึ้น ขณะทำการดองให้นำมาสร้างกราฟระหว่าง $\%ML$ หรือ $\%SG$ และเวลา
เอกสารอ้างอิง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2867) เล่ม 1 ไขมัน โปรตีน วิเคราะห์ปริมาณความชื้น. วันที่สืบค้น 5 กรกฎาคม 2561. จาก https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a2867_1-25xx.pdf

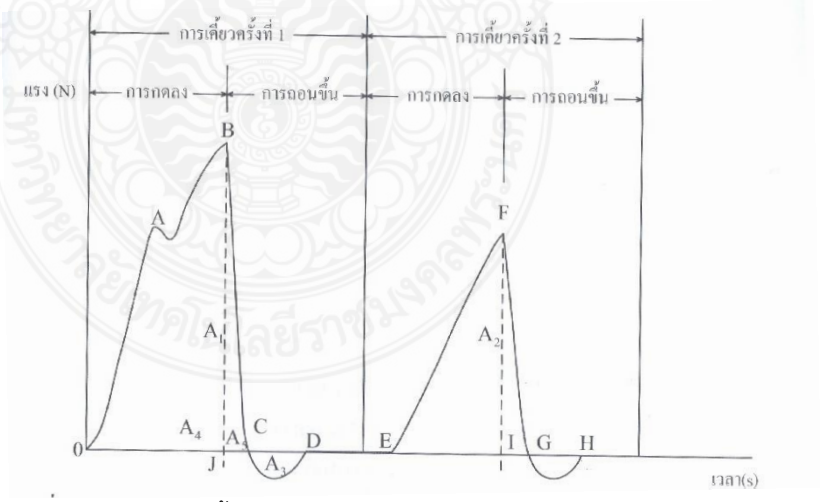
ตารางที่ 4.5 วิธีการวิเคราะห์วอเตอร์แอคทีวิตี้

วอเตอร์แอคทีวิตี้ **Water Activity Method**	
ตัวอย่าง	ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง
อุปกรณ์	เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ **Aqua lab LITE (Decagon, USA)** ประเภทเซนเซอร์ : Chilled-mirror dewpoint ความแม่นยำ : ±0.003 a_w ความละเอียด : ±0.0001 a_w ช่วง a_w ที่วัดได้ : ±0.0500 - 1.0000 a_w เวลาในการวัด : ≈ 5 นาที สภาวะการทำงาน : 5 – 50 ^{o}C, 20 – 90 %RH มาตรฐานรับรอง : AOAC, USP Method (111 **รูปที่ 4.20** เครื่อง วัดวอเตอร์แอคติวิตี้ Aqua lab LITE
การเตรียมตัวอย่าง	สุ่มตัวอย่างผักแกะสลัก 3 – 5 กรัม ปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่น (Pro Blend4, Philips, Indonesia) บรรจุลงใน ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง โดยเกลี่ยตัวอย่างให้เต็มตลับ **รูปที่ 4.21** ตัวอย่างผักแกะสลักปั่นหยาบ
วิธีการ	ตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในตลับพลาสติก ใส่ในเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้
การวิเคราะห์ผล	หาค่าเฉลี่ยเป็นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ทศนิยม 3 ตำแหน่ง และ S.D. จากการวัด 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบTPA

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบ TPA Texture Profile Analysis (TPA)	
ตัวอย่าง	ฟักทองสด ฟักทองดอง แครอทสด แครอทดอง
อุปกรณ์	เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) หัวทรงกระบอกแบน (P/100) (a.) (b.) **รูปที่ 4.22** เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA.XT2i, Stable Micro Systems, UK) (a.) และหัวกดทรงกระบอกแบน p/100 (b.)
การเตรียมตัวอย่าง	สุ่มตัวอย่างผักแกะสลักสด และผักแกะสลักดองชิ้นสมบูรณ์ **รูปที่ 4.23** ตัวอย่างผักแกะสลักชิ้นสมบูรณ์

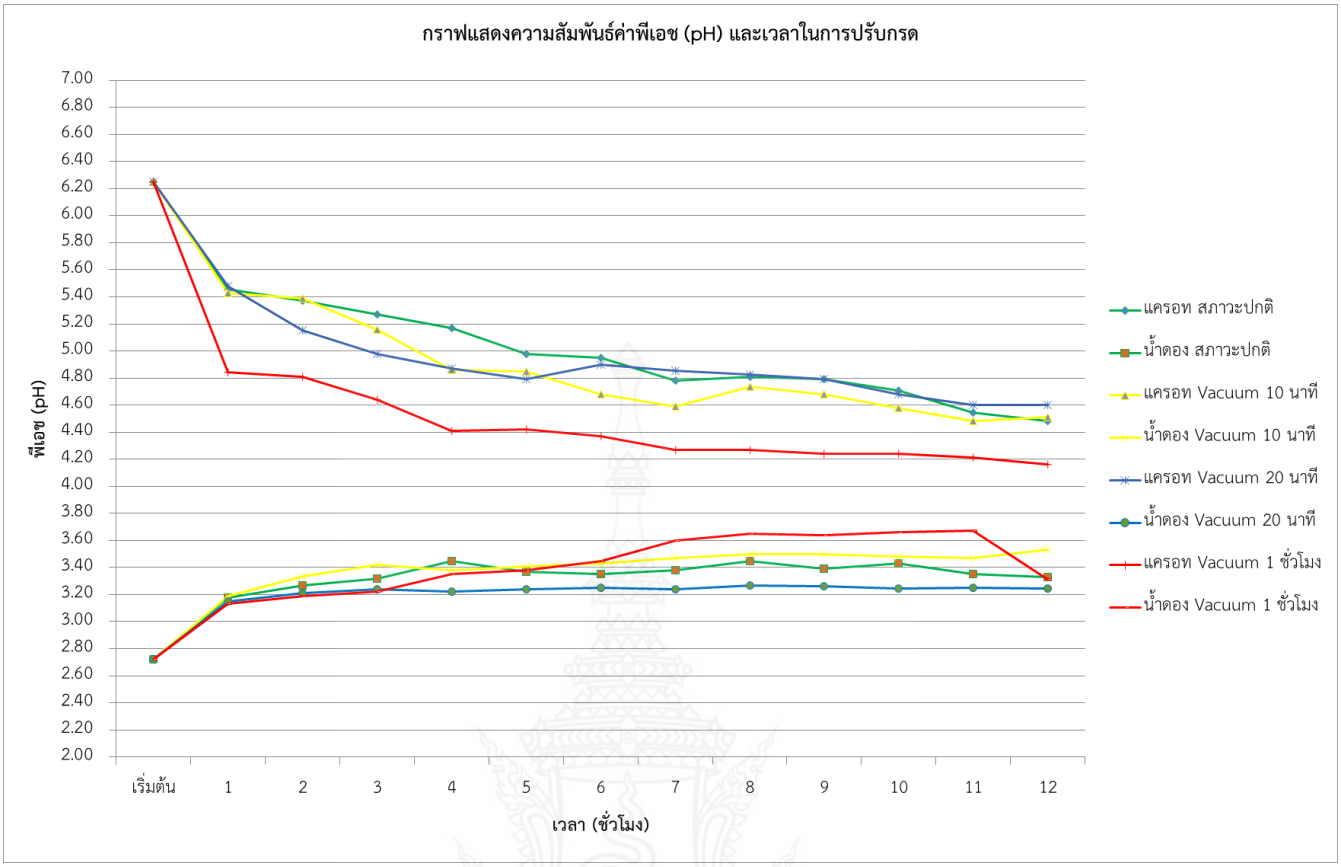
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบTPA (ต่อ)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแบบTPA	
วิธีการ	วิธีการวัด Texture Profile Analysis (TPA) **การตั้งค่า** ● ความเร็วก่อนการทดสอบ : 1 มิลลิเมตร / วินาที ● ความเร็วในการทดสอบ: 0.2 มิลลิเมตร / วินาที ● ความเร็วหลังการทดสอบ: 5 มิลลิเมตร / วินาที โดยกด 2 ครั้ง ด้วยระยะแรงกด 50% strain เมื่อแผ่นกดพ้นวัสดุ และ รอเวลาเป็นระยะ 5 วินาทีเพื่อให้คลายความเครียด แล้วกดซ้ำลงไปอีกด้วยความเร็วหัวกดและเปอร์เซ็นต์ความเครียด เท่าเดิม
การวิเคราะห์ผล	วิเคราะห์วัดคุณภาพได้แก่ ● ความแข็ง (Hardness, N) คือ จุดที่แรงสูงสุดที่ใช้ในการกดครั้งแรก ● ค่าการยึดเกาะตัวกันเอง (Cohesiveness) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ A2 ต่อ A1 ดังแสดงในภาพ ● ค่าการยึดติด (Adhesiveness, N.s) คือ พื้นที่ A3 ดังแสดงในภาพ ● ค่าความเหนียว (Gumminess, N) คือ ค่าความเหนียว เป็นผลคูณของความแข็งกับการเกาะตัวกันเอง  **ที่มา :** หนังสือการวัดเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร (รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, 2559)
เอกสารอ้างอิง	- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. (2554). เทคโนโลยีเนื้อสัมผัสของผลผลิตเกษตรและอาหาร. กรุงเทพมหานคร: มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

จากการทดลองพบว่าการปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ สามารถทำให้พีเอช (pH) ลดลงได้เร็วกว่าการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ และเมื่อทำการเปรียบเทียบปรับกรดผักแกะสลักโดยทำการ Vacuum เฉพาะเนื้อของแครอทในสภาวะสุญญากาศ 10 นาที และ 20 นาที ก่อนการปรับกรดพบว่าไม่มีความแตกต่างกับการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ เมื่อทำการการเปลี่ยนวิธีการปรับกรดโดยทำการ Vacuum แครอทและน้ำดองพร้อมกันๆ พบว่าค่าพีเอช (pH) มีแนวโน้มลดลงได้เร็วกว่าวิธีการปรับกรดวิธีอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.7 ค่าพีเอช (pH) หลังการปรับกรดที่เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2				การทดลองครั้งที่ 3	
	ปรับกรดที่สภาวะปกติ		Vacuum เฉพาะแครอท 10 นาที		Vacuum เฉพาะแครอท 20 นาที		Vacuum แครอทพร้อมน้ำดอง	
	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง
เริ่มต้น	6.25	2.72	6.25	2.72	6.25	2.72	6.25	2.72
1	5.46	3.18	5.43	3.19	5.48	3.15	5.21	3.19
2	5.37	3.27	5.39	3.34	5.15	3.21	5.18	3.25
3	5.27	3.32	5.16	3.42	4.98	3.24	5.01	3.28
4	5.17	3.45	4.86	3.38	4.87	3.22	4.78	3.41
5	4.98	3.37	4.85	3.41	4.79	3.24	4.79	3.44
6	4.95	3.35	4.68	3.43	4.90	3.25	4.74	3.51
7	4.78	3.38	4.59	3.47	4.85	3.24	4.64	3.66
8	4.81	3.45	4.73	3.50	4.83	3.27	4.64	3.71
9	4.79	3.39	4.68	3.50	4.79	3.26	4.61	3.7
10	4.71	3.43	4.58	3.48	4.68	3.25	4.61	3.72
11	4.55	3.35	4.48	3.47	4.60	3.25	4.58	3.73
12	4.48	3.33	4.51	3.53	4.60	3.24	4.53	3.37

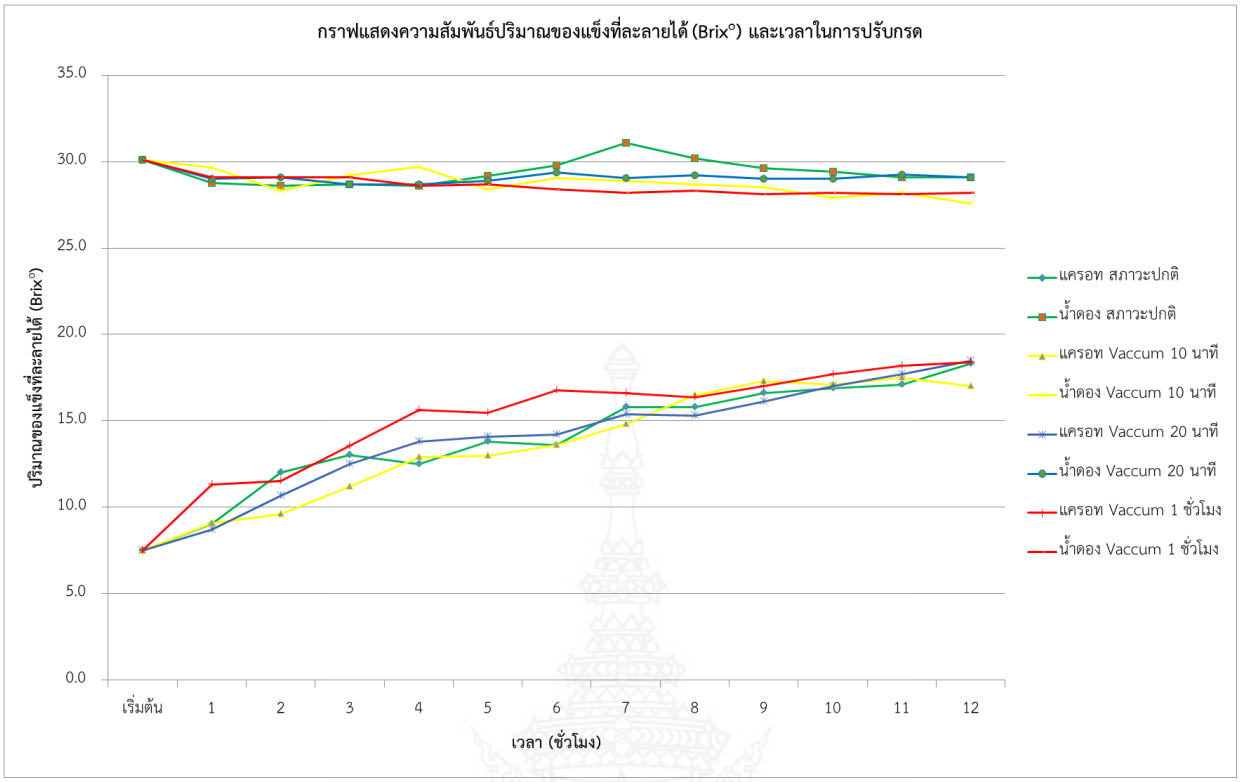


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าพี่เอช (pH) และเวลาในการปรับกรด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับค่าพีเอช (pH) คือ เมื่อใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศทั้งแครอทและน้ำตองพร้อมกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่าการปรับกรดในสภาวะความดันปกติและการปรับกรดโดยวิธีการ Vacuum เฉพาะแครอท ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.25

ตารางที่ 4.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) หลังการปรับกรดที่เวลาต่างๆ

เวลา	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2				การทดลองครั้งที่ 3	
	ดองที่สภาวะปกติ		Vaccum 10 นาที		Vaccum 20 นาที		Vaccum 1 ชั่วโมง	
ชั่วโมง	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง	แครอท	น้ำดอง
เริ่มต้น	7.5	30.1	7.5	30.1	7.5	30.1	7.5	30.1
1	9.0	28.8	9.1	29.7	8.7	29.0	11.3	29.1
2	12.0	28.6	9.6	28.3	10.7	29.1	11.5	29.1
3	13.0	28.7	11.2	29.2	12.5	28.7	13.5	29.1
4	12.5	28.6	12.9	29.7	13.8	28.7	15.6	28.6
5	13.8	29.2	13	28.4	14.1	28.9	15.5	28.7
6	13.6	29.8	13.6	29.0	14.2	29.4	16.8	28.4
7	15.8	31.1	14.8	28.9	15.4	29.0	16.6	28.2
8	15.8	30.2	16.5	28.7	15.3	29.2	16.4	28.3
9	16.6	29.6	17.3	28.5	16.1	29.0	17.0	28.1
10	16.9	29.4	17.1	27.9	17.0	29.0	17.7	28.2
11	17.1	29.1	17.5	28.2	17.7	29.2	18.2	28.1
12	18.3	29.1	17	27.6	18.5	29.1	18.4	28.2



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) และเวลาในการปรับกรด

สรุปผลการทดลอง

การปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ สามารถทำให้พีเอช (pH) ลดลงได้เร็วกว่าการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ และเมื่อทำการเปรียบเทียบปรับกรดแครอทโดยทำการ Vacuum เฉพาะเนื้อของแครอทในสภาวะสุญญากาศ 10 นาที และ 20 นาที ก่อนการปรับกรดพบว่าไม่มีความแตกต่างกับการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ เมื่อทำการการเปลี่ยนวิธีการปรับกรดโดยทำการ Vacuum แครอทและน้ำดองพร้อมกันๆ พบว่าค่าพี่เอช (pH) มีแนวโน้มลดลงได้เร็วกว่าวิธีการปรับกรดวิธี่อื่นๆ และเมื่อใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศทั้งแครอทและน้ำดองพร้อมกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix°) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่าการปรับกรดในสภาวะความดันปกติและการปรับกรดโดยวิธีการ Vacuum

4.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท

ในการทดลองนี้ผักแกะสลักสองชนิด ได้แก่ แครอท และฟักทองแกะสลักเป็นดอกกุหลาบที่ปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ แล้วทำการบรรจุร้อน (hot fill) ก่อนนำไปทำการฆ่าเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาของผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท ผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

4.2.1 จำนวนจุลินทรีย์

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข จะต้องมีรายการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตามข้อกำหนดที่ที่ระบุในคู่มือรายงานการตรวจวิเคราะห์อาหารควบคุมเฉพาะและอาหารกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือขอใช้ฉลากอาหาร ได้แก่ *Salmonella* sp., *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus*, ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จำนวนจุลินทรีย์ของแครอท และฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบดองบรรจุในภาชนะปิดสนิทแสดงในตารางที่ 4.9-4.10

แครอท

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* และยีสต์ราของแครอทแกะสลักดอกกุหลาบที่ปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้องแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รามีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g *E. coli* มีจำนวนน้อยกว่า 3 MPN/g และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*

ตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนไม่เกิน 1,000 ต่ออาหาร 1 กรัม ยีสต์รามีจำนวนไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 กรัม และต้องตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ในแครอทแกะสลักดอกกุหลาบจึงไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 4.9 จำนวนจุลินทรีย์ของแครอทแกะสลักดอกกุหลาบปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	*Staphylococcus aureus* (/0.1 g)	*E. coli* (MPN/g)	Yeast & Mold (cfu/g)
0	< 10	Not Detected	< 3	< 10
1	< 10	Not Detected	< 3	< 10
2	< 10	Not Detected	< 3	< 10
3	< 10	Not Detected	< 3	< 10
4	< 10	Not Detected	< 3	< 10
5	< 10	Not Detected	< 3	< 10
6	< 10	Not Detected	< 3	< 10
7	< 10	Not Detected	< 3	< 10

ฟักทอง

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* และยีสต์ราของฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้องแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รามีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g *E. coli* มีจำนวนน้อยกว่า 3 MPN/g และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus* ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข นอกจากนี้ การใช้การบรรจุแบบบรรจุร้อนนั้น เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่กำจัดออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุ และทำให้ภายในภาชนะบรรจุกลายเป็นสภาพที่ไม่มีอากาศ (วิไล, 2547) ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการสูญเสียความเป็นกรดในน้ำดองเนื่องมาจากการเจริญของฟิล์มยีสต์ได้ อีกทั้งช่วยลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ด้วย

ตารางที่ 4.11 จำนวนจุลินทรีย์ของฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิทเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	*Staphylococcus aureus* (/0.1 g)	*E. coli* (MPN/g)	Yeast & Mold (cfu/g)
0	< 10	Not Detected	< 3	< 10
1	< 10	Not Detected	< 3	< 10
2	< 10	Not Detected	< 3	< 10
3	< 10	Not Detected	< 3	< 10
4	< 10	Not Detected	< 3	< 10
5	< 10	Not Detected	< 3	< 10
6	< 10	Not Detected	< 3	10
7	< 10	Not Detected	< 3	10

4.2.2 อายุการเก็บรักษาของผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท

อายุการเก็บรักษาของแครอท และฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบดองโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทเมื่อพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ ผลการทดลองตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดได้ทดลองเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทของกระทรวงสาธารณสุข

สำหรับผักแกะสลักทั้ง 2 ชนิด อาจมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 7 วัน เนื่องจากการทดลองนี้เก็บรักษาเพียง 7 วัน ดังนั้น การศึกษาในอนาคตจึงควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผักแกะสลักที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทและศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีร่วมด้วย

สรุปผลการทดลอง

การเก็บรักษาของแครอท และฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบดองโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลา 7 วัน มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานและมีลักษณะปรากฏที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป และอภิปรายผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลการพัฒนาเครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

จากผลการทดลองพบว่าการปรับกรดโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ สามารถทำให้พีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) ลดลงได้เร็วกว่าการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ และเมื่อทำการเปรียบเทียบปรับกรดแครอทโดยทำการ Vacuum เฉพาะเนื้อของแครอทในสภาวะสุญญากาศ 10 นาที และ 20 นาที ก่อนการปรับกรดพบว่าทั้งค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) ไม่มีความแตกต่างกับการปรับกรดในสภาวะความดันปกติ เมื่อทำการการเปลี่ยนวิธีการปรับกรดโดยทำการ Vacuum แครอทและน้ำดองพร้อมกันๆ พบว่าค่าพีเอช (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix^{o}) มีแนวโน้มลดลงได้เร็วกว่าวิธีการปรับกรดวิธีอื่นๆ

การทดลองที่ 2 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

อายุการเก็บรักษาของผักแกะสลัก 2 ชนิด ได้แก่ แครอท และฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบดองโดยใช้เครื่องปรับสภาพกรดของผักแกะสลักภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ผ่านกรรมวิธีการบรรจุร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในภาชนะขวดแก้วมีฝาปิดสนิท ก่อนนำขวดแก้วไปทำการฆ่าเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 85 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *E. coli* และ ยีสต์ รา ตลอดระยะเวลาในการดอง 7 วัน ในปริมาณไม่เกินเกณฑ์ตามมาตรฐานกำหนดสำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท คือจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนไม่เกิน 1,000 ต่ออาหาร 1 กรัม ยีสต์รามีจำนวนไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 กรัม และต้องตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในผักแกะสลักทั้งสามชนิด เมื่อการเก็บรักษาของผักแกะสลักบรรจุภาชนะปิดสนิทอาจมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 7 วัน โดยที่วันที่ 7 ผลิตภัณฑ์ยังไม่เน่าเสียและมีจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐาน การบรรจุแบบบรรจุร้อนเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่กำจัดออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุ และทำให้ภายในภาชนะบรรจุกลายเป็นสภาพที่สุญญากาศบางส่วน หลังจากนั้นทำให้เย็นลงในบรรจุภัณฑ์ จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักแกะสลักที่ผ่านการบรรจุร้อนได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องแช่เย็น (วิไล, 2547)

E. coli O157:H7 เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคและเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาวะที่มีความเป็นกรดสูง เช่น ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ดอง และทำให้เกิดการระบาดที่รุนแรง ในปีค.ศ. 2012 มีรายงานการระบาดของ *E. coli*

O157:H7 ในกะหล่ำปลีดองที่มีปริมาณเกลือต่ำ ในเมืองซับโปโลและฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น พบการเจ็บป่วยของประชาชนจำนวน 94 คน จาก 10 ครัวเรือน (Tabuchi *et al*., 2015) ในปีเดียวกัน ที่ประเทศเกาหลีใต้มีการระบาดของเชื้อ *E. coli* O169 ใน กิมจิที่ทำจากกะหล่ำปลีและหัวไชเท้าที่ผลิตจากบริษัทแห่งหนึ่งและส่งไปยังในโรงเรียนเจ็ดแห่ง มีนักเรียนที่ได้รับเชื้อจำนวน 230 คน (Cho *et al*., 2014) และในปีค.ศ. 2010 ประเทศสหรัฐอเมริกา พบการระบาดของ *Salmonella newport* ในแตงกวาดองบรรจุในถุงพลาสติก ที่ตลาด Assi ในรัฐอิลินอย พบการเจ็บป่วยในสมาชิกครอบครัวจำนวนสองครอบครัว (Marler Clark LLP, PS, 2016) ในประเทศอิหร่าน มีรายงานการระบาดของโรค Botulism type A และ B ซึ่งเกิดจากการเชื้อ *Clostridium botulinum* ในผักดองพื้นเมือง ในครอบครัวที่มีสมาชิก 8 คน ที่มีอายุระหว่าง 16-55 ปี (Barari and Kalantar, 2010) ดังนั้น การใช้หลายวิธีร่วมกันหรือการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยี (Hurdle technology) คือความร้อน กรดแอซีติก และเกลือน่าจะเป็นวิธีที่เพิ่มความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ผักแกะสลักได้นานกว่า 7 วัน

โดยทั่วไปกรดแอซีติกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของยีสต์และแบคทีเรียมากกว่ารา การใช้กรดแอซีติกความเข้มข้น 1% สามารถชะลอการเจริญของยีสต์ได้ที่ค่าพีเอช 5 และการเจริญจะถูกยับยั้งเมื่อใช้กรดแอซีติกที่ความเข้มข้น 3.5-4.0% การเติมเกลือจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกรดแอซีติกได้ โดยส่งผลในการลดค่า water activity การดองในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 15-25% จะไม่มีกระบวนการหมักเกิดเป็นกรดแล็กทิกและฟิล์มยีสต์เกิดขึ้น แต่ในกรณีของการดองที่ความเข้มข้นของน้ำเกลือต่ำ ในกรณีนี้เกลือจึงไม่ได้เป็นสารกันเสีย แต่เป็นกรดแอซีติกที่เติมลงไป การใช้ความร้อนมีประสิทธิภาพในการฆ่าจุลินทรีย์โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับสารกันเสีย ซึ่งมีรายงานถึงความสัมพันธ์ของสองปัจจัยนี้ ได้แก่ ยีตส์กับกรดเบนโซอิกและกรดซาลิไซลิก ยีตส์กับกรดซอร์บิกและกรดเบนโซอิก รากับกรดซอร์บิก และ *Salmonella* กับกรดซอร์บิก เป็นต้น (Lee, 2004)

Breidt *et al*. (2005) ได้ศึกษาหาระยะเวลาและอุณหภูมิเพื่อลดจำนวน *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* และ *Salmonella* ลงจำนวน 5 วงจรล็อก ผักที่ดองในน้ำเกลือเข้มข้น (โซเดียมคลอไรด์ 4%, แคลเซียมคลอไรด์ 0.2% และกรดแอซีติก 200 มิลลิโมล มีค่าพีเอช ณ จุดสมดุลเท่ากับ 4.1) การทดลองทำโดยบรรจุผักและน้ำเกลือในขวดแก้ว นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 74 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ก่อนทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยน้ำประปา แล้วตั้งไว้ให้เย็นลงถึง 25 องศาเซลเซียส แล้วใช้สมการถดถอยและสร้างแบบจำลองเพื่อหาจำนวนวงจรล็อกที่ลดลงและใช้ทำนายระยะเวลาที่ใช้ในการลดจุลินทรีย์ลง 5 วงจรล็อก พบว่า แบบจำลองสามารถใช้ทำนายระยะเวลาในการพาสเจอไรซ์ที่ใช้ในการ*ลด E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* ได้เหมาะสม และพบว่า *Salmonella* ทนต่อความร้อนน้อยกว่า *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes*

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผักแกะสลักดองบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา
2. ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เพื่อใช้บ่งชี้อายุการเก็บรักษา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
3. ควรศึกษาการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักรูปแบบต่างๆ เพราะผักแต่ละชนิดจะมีกระบวนการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2527. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง **วัตถุเจือปนอาหาร** ฉบับที่ ฉบับที่ 84 พ.ศ. 2527.

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง **อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท** ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556.

กรมศิลปากร. 2508. **นางนพมาศหรือตำรับท้าวศรีจุฬาลักษณ์.** โรงพิมพ์ภักดีประดิษฐ์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 59-60.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2559. **การป้องกันโลหะจากการกัดกร่อน** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://www.dip.go.th/Portals/0/cluster/การป้องกันโลหะจากการกัดกร่อน.pdf (11 ตุลาคม 2560)

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์. 2547. *การแกะสลักผัก ผลไม้ และงานใบตอง.* สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์. กรุงเทพมหานคร.

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์, ชมภูนุช เผื่อนพิภพ, นิธิยา รัตนาปนนท์, ศันสนีย์ ทิมทอง และสุกัญญา จันทกุล. 2559. **ความหลากหลายของพืช กับภูมิปัญญางานแกะสลักผัก ผลไม้ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร.** รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักบริการโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 80 หน้า

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. **การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดแกะสลัก**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558. **เทคโนโลยีการแกะสลักผักและผลไม้.** สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์. กรุงเทพมหานคร.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์. กรุงเทพมหานคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **การปรับกรด.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0585/acidified-food (เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2561)

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2557. **การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร.** ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพมหานคร.

_____. 2558. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 6 บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับบลิเคชั่น จำกัด,กรุงเทพมหานคร.

สุภาพรรณ คงสมเพ็ชร และวิชมณี ยืนยงพุทธกาล. 2557. **"ผลของการแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้สภาวะสุญญากาศร่วมด้วยต่อคุณภาพของกล้วยไข่กึ่งแห้ง".** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: 106-113.

สุวิมล กีรติพิบูล. 2014. **การผลิตอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทด้วยความร้อน.** ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2558. **ทิศทางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564)**. กรุงเทพมหานคร, บริษัทศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด. 66 หน้า

สำนักงานเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. 2557 **คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี พลอกประยุทธ์ จันทร์โอชา แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ.** กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา. 31 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf (3 ตุลาคม 2560)

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2547. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง **ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร** ฉบับที่ 281 พ.ศ. 2547.

APHA. 2001. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods: Chapter 20.** 4th edition. American Public Health Association.

Atares, L., Chiralt, A. and Gonzalez-Martinez, C. 2008. **"Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinder (cv.Granny Smith)".** Journal of Food Engineering: 89, 49-56.

BAM. 2001. **Bacteriological Analytical Manual [BAM].** U.S. Food and Drug Administration.

Barari, M. E. Kalantar. 2010. **An outbreak of type A and B botulism associated with traditional vegetable pickle in Sanandaj.** *Iranian Journal of Clinical Infectious Diseases* 5(2): 111-112.

Brecht, J.K., 1995. **Physiology of lightly processed fruits and vegetables.** *HortScience*. 30: 18-22.

Cho, S. H., J. Kim, K. H. Oh, J. K. Hu, J. Seo, S. S. Oh, M. J. Hur, Y. H. Choi, S. K. Youn, G. T. Chung, Y. J. Choe. 2014. **Outbreak of enterotoxigenic *Escherichia coli* O169 enteritis in schoolchildren associated with consumption of kimchi,** Republic of Korea, 2012. *Epidemiology Infection* 142 (3): 616-23.

Cossins, E. A. and H. Beevers. 1963. **Ethanol metabolism in plant tissues.** *Plant Physiol*ogy 38: 375.

Deng, Y. and Zhao, Y. 2008**. Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji).** Journal of Food Engineering. 85 : 84–93.

Fujihiko Matsunaga. 2014. **Basic Food Microbiology. Lecture and Practice Textbook Volume 1.** Toyo College of Food Technology. Japan

Gavin, A. and L. M. Weddig. 1995. **Canned Foods. Principles of Thermal Process Control,** *Acidification and Container Closure Evaluation*, 6th edition. Washington D C, The Food Processors Institute.

Hariharan, B., K. Singaravadivel, and K. Alagusundarm. 2014**. Effect of food grade preservatives on the physicochemical and microbiological properties of coconut toddy during fermentation.** *Nutrition and Food Sciences* 4 (5): 1-5.

Jung wang et al. 2018. **"Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemonslices."** Journal of Food Engineeing : 224. 129-138.

Larousse, J. and B. E. Brown. 1997. *Food Canning Technology.* New York, Wiley. Lewis-VCH.

Lee, S. N. 2004. **Microbial safety of pickled fruits and vegetables and hurdle technology.** *Internet Journal of Food Safety* 4: 21-32.

Masashi Asaka. 2014. **Sterilization theories and machine. Lecture and Practice Textbook Volume 1**. Toyo College of Food Technology. Japan

Marler Clark LLP, PS. 2016. **Foodborne illness database: .2014 *Salmonella Newport* Linked to Cucumbers** [online]. Available http://www.outbreakdatabase.com/details/2014-salmonella-newport-linked-to-cucumbers/?vehicle=cucumber [2016, October 7]

Medina, E., A. D. Castro, C. Romero, E. M. Ramíres, and M. Brenes. 2016. **Safety of ferment fruits and vegetables.** *In* Prakash, V., O. Martin-Belloso, L. Keener, S. B. Astley, S. Braun, H. McMahon, and H. Lelieveld (eds.) *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. Academic Press, Waltham, MA, USA.

N.K. Rastogi and K.S.M.S. Raghavarao. 1996. **" Kinetics of Osmotic Dehydration under Vacuum".** Lebensm.-Wiss. U.-Technology : 29. 669-672.

Page, B., M. Edward, and N. May. 2003. Metal cans. *In* Coles, R., D. McDowell, and M. J. Kirwan (eds.) **Food Packaging Technology,** Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Sahin, U. and Kemal Ozturk, H. 2016. **" Effect of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (Ficus carica L.)"** Innovative Food Science and Emerging Technologies: 36. 104-111.

Seymour, G.B. and K.C. Gross**.** 1996. **Cell wall disassembly and fruit softening.** *Postharvest News and Information. 7***:** 45N–52N.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. **New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruit: a review.** *Trends in Food Science & Technology*. 14: 341-353.

Suwannarak, J., P. Phanumong, and N. Rattanapanone. 2015. **Combined effect of calcium salt treatments and chitosan coating on quality and shelf life of carved fruits and vegetables.** *Chiang Mai University Journal of Natural Science* 14 (3): 269-284.

Suwannarak, J., P. Phanumong, and N. Rattanapanone. 2014**. Physiological changes of fruit and vegetable carving.** *Chiang Mai University Journal of Natural Science* 13 (1): 77-86.

Suwannarak, J., P. Phanumong, and N. Rattanapanone. 2014. **The efficacy of peroxyacetic acid and sodium hypochlorite solutions in reducing microorganism on the surface of carved fruit and vegetables.** *RMUTP Research Journal* 8 (4): 92-106.

Tabuchi, A., T. Wakui, Y. Yahata, K. Yano, K. Azuma, T. Yamagishi, K. Nakashima, T. Sunagawa, T. Matsui, and K. Oishi. 2015. **A large outbreak of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O157, caused by low-salt pickled Napa cabbage in nursing homes, Japan,** 2012. Western Pac Surveill Response J. 6(2): 7–11.

Yanez, L. L., P. E. Mercado, K.E. Yahia, and M.A. Armella. 2001**. Ethanol accumulation patterns in different horticultural commodities in response to enriched CO_2 atmospheres.** *Acta Horticulturae* 553: 657-661.

ประวัติย่อนักวิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางจอมขวัญ สุวรรณรักษ์
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. JOMKHWUN SUWANNARAK

ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 02 665 3777 ต่อ 5141 โทรสาร 02 665 3791
E-mail : jomkhwun.s@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท บธ.ม. การพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมและทรัพยากรมนุษย์ มจพ. 2558
ปริญญาตรี คหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มทร.ธัญบุรี 2528

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สาขาสังคมวิทยา กลุ่มวิชา ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ

<u>Suwannarak, J.,</u> P. Phanumong and N. Rattanapanone. 2015. **Combined Effects of Calcium Salt Treatments and Chitosan Coating on Quality and Shelf-life of Carved Fruits and Vegetables.** Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 14(3): 269-284

<u>Suwannarak, J.,</u> P. Phanumong and N. Rattanapanone. 2014. **Physiological Changes of Fruits and Vegetables Carving.** Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 13 (1): 77-86.

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์, นิธิยา รัตนาปนนท์ และพุดกรอง พันธุ์อุโมงค์. 2556. **ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อกรดเพอร์ออกซีแอซีติกและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรด์ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวของผักและผลไม้สดแกะสลัก**. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 เดือนกันยายน 2557.

1. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) นางพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. PIMPEN PORNCHALOEMPONG

ตำแหน่งปัจจุบัน
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนน ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 08-1858-1669 แฟกซ์ 02-739-2348
อีเมลล์ : kppimpen@kmitl.ac.th, pornchaloem@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาเอก	Ph. D. Food science and Human nutrition (Food science)	University of Florida USA	2542
ปริญญาโท	วท.ม. พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2532
ปริญญาตรี	วท.บ. พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2530

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- สาขาสังคมวิทยา กลุ่มวิชา ภูมิปัญญาท้องถิ่น

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

Pornchaloempong, P.,Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Thermal Processing Optimization of Quality Retention in a Conical Shape. In: "Proceedings of the8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa- Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 676-681.

- Pornchaloempong, P., Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Simulation of Conduction Heating in Conical Shapes. In : "Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 671-675.
- Pornchaloempong, P., Narkrugsa, W., Chrdareekit K., Piyaaphantawong K., and Peerajit S. 2002. Proceeding of the International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.

- Porchaloempong, P., Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Optimization of quality retention in conduction-heating foods of conical shape. Journal of food process engineering. Vol25 (6) 557-570
- Porchaloempong, P.,Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Numerical simulation of conduction heaing in conically shaped bodies. Journal of food process engineering. Vol25 (6),539-555.
- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ สาทิป รัตนภาสกร 2537 , สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ สานักพิมพ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 271 หน้า
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ นาขวัญ สายเสน บงกชธรรม พบหิรัญโสภณ และ วารีรัตน์ ทรงคา 2544 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นในอุตสาหกรรมอาหาร วารสารอาหาร ปีที่ 31 ฉบับที่ 1หน้า 85 - 93.
- สาทิป รัตนภาสกร และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ 2545. การออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดพริกไทย วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 หน้า 9-13
- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดี และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ 2545 เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ประจาปี 2545 วันที่ 23-24 พฤษภาคม 2545 จังหวัดเชียงใหม่
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ดาเกิง โตประเสริฐพงศ์ วนินทร วิโรจน์วรานุรักษ์ อรนุช พันธ์ไม้สี และ วันชัย สุทธินุ่น 2545 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง วิศวกรรมสารลาดกระบัง ปีที่ 19 ฉบับที่2

2. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. JETNIPHAT BUNYASAWAT

ตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช-มงคลพระนคร เลขที่ 168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

โทรศัพท์ 0 2665 3777 ต่อ 5521-3 โทรสาร 0 2665 3800

E-mail: jadeniphat.b @rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คศ.ม. (คหกรรมศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2549
ปริญญาตรี	คหกรรมศาสตรบัณฑิต คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช	2542

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2556. ผลของการเสริมกากบีทรูทต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของมัฟฟิ่น (Effect of beetroot pulp added on physical properties and acceptability of muffin). บทคัดย่อ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน”, 15-16 กรกฎาคม, บางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทารา แกรนด์ แอท เซ็นทรัลเวิลด์, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, หน้า 371.

3. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) **นางนิธิยา รัตนาปนนท์**

(ภาษาอังกฤษ) **Mrs. NITHIYA RATTANAPANONE**

ตำแหน่งปัจจุบัน

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ระดับ 11

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

144/11 หมู่บ้านศักดิ์ชัยนิเวศน์ ถนนสนามกีฬา 700 ปี ตำบลช้างเผือก

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์บ้าน (053)-215415

มือถือ 08-96320496

E-mail : agfsi001@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก	Ph.D. (วิทยาศาสตร์การอาหาร)	ม.น๊อตติงแฮม อังกฤษ	พ.ศ. 2520
ปริญญาโท	มหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์การแพทย์พื้นฐาน (ชีวเคมี)	มหาวิทยาลัยมหิดล	พ.ศ. 2513
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	พ.ศ. 2511

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้

ผลงานตีพิมพ์ระดับชาติและนานาชาติ (5 ปีย้อนหลัง)

Suwannarak, J., P. Phanumong and **N. Rattanapanone.** 2015. **Combined Effects of Calcium Salt Treatments and Chitosan Coating on Quality and Shelf-life of Carved Fruits and Vegetables.** Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 14(3): 269-284

Suwannarak, J., P. Phanumong and **N. Rattanapanone.** 2014. **Physiological Changes of Fruits and Vegetables Carving.** Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 13 (1): 77-86.

Prommajak, T., S. Surawang and **N. Rattanapanone.** 2014. Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (*Houttuynia cordata* Thunb.). Songklanakarin Journal of Science and Technology. 36(1), 65-72.

Prommajak, T., N. Leksawasdi and **N. Rattanapanone.** 2014. Biotechnological valorization of cashew apple: A review. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences.* 13(2), 159-182.

Prommajak, T., S. Surawang, N. Leksawasdi, S.M. Kim, C.H. Pan, S.M. Kim and **N. Rattanapanone**. 2014. Identification and ultrasonic-assisted extraction of antioxidants from *Ficus lacor* Buch. Young leaves. Proceedings 1st Joint ACS AGFD-ACS ICSCT Symposium Thailand, March 4-5.

Roongruangsri, W*., **N. Rattanapanone,** N. Leksawasdi and D. Boonyakiat. 2013. Physico-chemical changes during growth and maturation of tangerine fruit cv. 'Sai Nam Phueng' and 'See Thong'. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*. 12(1): 59-72.

Roongruangsri, W*., **N. Rattanapanone,** N. Leksawasdi and D. Boonyakiat. 2013. Influence of Storage Conditions on Physico-chemical and Biochemical of Two Tangerine Cultivars. *Journal of Agricultural Science.* 5(2): 70-84.

ศิริพร สมพงษ์ **นิธิยา รัตนาปนนท์** และ สุทัศน์ สุระวัง. 2555. การเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่เนื้อลำไยในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดต่อคุณภาพของเนื้อลำไยสดระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 43 (3): 311-314.

ปัฐมาภรณ์ กองเจริญ **นิธิยา รัตนาปนนท์** และ สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2555. การลดการสูญเสียเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็งโดยใช้สารละลายเกลือแคลเซียมและน้ำตาลซูโครส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 43 (3): 339-342.

4. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) นางสาวศันสนีย์ ทิมทอง
(ภาษาอังกฤษ) Miss SANSANEE THIMTHONG

ตำแหน่งปัจจุบัน
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชา อุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 02 665 3777 ต่อ 5251 โทรสาร 02 665 3791
E-mail: Sansanee.th@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	วท.ม. เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
ปริญญาตรี	วท.บ.อาหารและโภชนาการ-ธุรกิจอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี	2547

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

ศันสนีย์ ทิมทอง คุณานนต์ จันทร์แจ่มใส และอภิสรา ลิ้มถาวรนันท์. 2558. **“การใช้ข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในขนมวอฟเฟิล”** การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7

ศันสนีย์ ทิมทอง ฤทัยทิพย์ สุรเสียง และชมพูนุช เผื่อนพิภพ. 2557 . **“ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารตามแนวคิดอาหารพลังงานสด”** รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน้า 18

5. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวอินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

(ภาษาอังกฤษ) Miss Inteema Hiran a-karawong

ตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)

หน่วยงาน/ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300

โทรศัพท์ 0 2665 3777 โทรสาร 0 2665 3800

E-mail : inteema9980@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	วุฒิการศึกษา	สาขา	สถาบัน	ประเทศ
2546	คศ.บ.	คหกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ไทย
2557	คศ.ม.	คหกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

สาขาวิชาสังคมวิทยา กลุ่มวิชาภูมิปัญญาท้องถิ่น

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

จุฑามาศ พีรพัชระ อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์ ชนิดา ประจักษ์จิตร และพัชรนันท์ ยังวรวิเชียร. **การใช้ประโยชน์จากเนื้อลูกตาลสุกในผลิตภัณฑ์อาหาร.** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 และการประชุมวิชาการนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 จังหวัดนครราชสีมา, 2558.