

## ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการผลิตผักผลไม้แช่อิ่มจากผักผลไม้ดองเค็ม

### The Automatic Control System for Compote Fruit and Vegetable Production from Pickled Fruit and Vegetable

บุญธง วสุรีย์<sup>1\*</sup>, บัญชา หิรัญสิงห์<sup>1</sup>, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์<sup>2</sup>

Boontong wasuri<sup>1\*</sup>, Bancha Hiransing<sup>1</sup>, Siwalak Pathaveerat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม, 73000

<sup>1</sup>Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

<sup>2</sup>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน นครปฐม, 73140

<sup>2</sup>Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-8-14934971, Fax: +66-34-261-065, E-mail: [wasuribt@gmail.com](mailto:wasuribt@gmail.com)

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมชุดถึงความดันแบบอัตโนมัติสำหรับการผลิตผักและผลไม้แช่อิ่มจากผักและผลไม้ดองเค็ม ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา คือ ออกแบบชุดควบคุมแบบอัตโนมัติ และหาประสิทธิภาพชุดควบคุมแบบอัตโนมัติ องค์ประกอบของระบบที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย ชุดโครงสร้างที่ใช้วางระบบ ชุดคานยก ชุดขึ้นวางส่วนผสม ชุดถึงความดัน ชุดตรวจวัดความดัน ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ ชุดตรวจวัดความเค็ม ชุดตรวจวัดความหวาน ชุดประมวลผลแบบโปรแกรมลอจิกและส่วนควบคุม อุปกรณ์ปลายทาง โดยกระบวนการหลักของระบบ คือ กระบวนการลดความเค็มออกจากผักและผลไม้ดองเค็มที่เป็นวัตถุดิบ และกระบวนการนำ น้ำเชื่อมเข้าไปแทนที่แบบอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบควบคุมสามารถทำงานในกระบวนการลดความเค็มและกระบวนการนำ น้ำเชื่อมเข้าไปแทนที่แบบอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบควบคุมสามารถทำงานในกระบวนการลดความเค็มและกระบวนการนำ น้ำเชื่อมเข้าไปแทนที่แบบอัตโนมัติตามที่กำหนดไว้ได้ 2) ประสิทธิภาพของระบบควบคุมที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ (1) จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scaling test ของผลิตภัณฑ์ซึ่งแช่อิ่มที่ผลิตด้วยชุดถึงความดันแบบอัตโนมัติ พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ที่ระดับน้ำเชื่อมร้อยละ 60 มากที่สุด และจากการวิเคราะห์ซึ่งแช่อิ่มเทียบกับกระบวนการผลิตเดิมของบริษัทฯ ทั้งค่าสีและปริมาณความหวาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) (2) การประเมินอายุการเก็บรักษาซึ่งดอง ด้วยวิธี Q<sub>10</sub> พบว่า ซึ่งอเนกประสงค์แช่อิ่มบรรจุในถุงสุญญากาศเก็บได้นาน 10.5 เดือน และซึ่งอเนกประสงค์แช่อิ่มบรรจุในขวดแก้วสามารถเก็บได้นาน 4.0 เดือน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ระบบควบคุมอัตโนมัติ, การผลิตผักผลไม้แช่อิ่ม, ผักผลไม้หมักดอง

#### Abstract

The objectives of this study were to develop automatic pressure tank control system for vegetable and fruit compote production from pickled vegetables and fruits. The processes were to design and efficiency study of automatic control system. The components of the system used include: structural system used to units installation, the beam system to raise and the rack of mixers, pressure tank pressure gauge, temperature sensor, salinity sensor, sweetness sensor, programmable logic control processor unit and final equipment controller unit. The main processes of the system were to reducing salinity from salted pickled vegetables and fruits, then bringing syrup to replace it automatically. The results showed that: 1) The control system was able to operate in the process of salinity reduction and automatic bringing syrup as required. 2) The efficiencies of the control system obtained from the products quality analysis were (1) The hedonic Scaling test of ginger-compote products produced by automatic pressure tank was found that the consumers liked the color, smell, taste, texture, content at 60% syrup level and analyzed of ginger-compote comparing with the original production process of the company was no significant difference at 95% and ( $p < 0.05$ ) confidence level. (2) The shelf life evaluation by Q<sub>10</sub> method showed that ginger-compote was preserved both the packaged in a vacuum bag for 10.5 months and in a glass bottle can be stored for 4.0 months at 10 °C.

Keywords: automatic control sytem, fruit and vegetable compote production, pickled fruit and vegetable

## 1 บทนำ

เทคโนโลยีด้านการเกษตรหรืออุตสาหกรรมหมักดองหรือแช่อิ่มผักผลไม้ เป็นวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมานาน เพื่อชะลอการเน่าเสียของผักผลไม้และเป็นการยืดอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระบวนการหมักดองหรือแช่อิ่ม ผักผลไม้ต้องการยืดอายุการเก็บอาหารเพื่อใช้ในช่วงที่ไม่ใช่ฤดูกาลของผลิตผลนั้น ๆ นอกจากนี้การหมักดองหรือแช่อิ่มผักผลไม้ ยังทำให้เกิดลักษณะเฉพาะในด้านรสชาติเป็นขึ้นชอบของผู้บริโภคอีกด้วย ปัจจุบันการบริโภคผักผลไม้หมักดองหรือแช่อิ่ม ยังคงเป็นที่นิยมอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีความดันสูงก็เป็นวิธีที่ช่วยลดระยะเวลาในการผลิตทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้หมักดองเร็วขึ้น ซึ่งการใช้ความดันสูง ถือเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารแบบหนึ่งที่ไม่ใช้ความร้อน จึงไม่ทำให้รสชาติ กลิ่น สี ของอาหารเปลี่ยนไป และช่วยรักษาความสดของอาหารได้ดีกว่ากระบวนการที่ใช้ความร้อน และยังช่วยลดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษ ลดระยะเวลาในการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มกำลังการผลิตได้เป็นอย่างดี จึงเหมาะนำมาประยุกต์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพมาตรฐานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูปสำหรับภาคอุตสาหกรรมกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (นันทวัน เทอดไทย, 2551) โดยสามารถนำความดันของอากาศมาใช้ในการแปรรูปอาหาร โดยให้ความดันคงที่โดยไม่จำเป็นต้องให้พลังงานแก่ระบบอีก (วิไล รังสาตทอง, 2545)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำเสนอการวิจัยระบบควบคุมชุดถึงความดันแบบอัตโนมัติสำหรับการผลิตผักและผลไม้แช่อิ่มจากผักและผลไม้ดองเค็ม โดยนำองค์ความรู้ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับงานจริงในภาคอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูปที่มีคุณภาพมาตรฐาน ปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการแก่ผู้บริโภคของภาคอุตสาหกรรมกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมต่อไป

## 2 อุปกรณ์ และวิธีการ

### 2.1 การพัฒนากระบวนการผลิตซิงอ่อนดองเค็มแบบเดิมเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่

การศึกษากระบวนการผลิตซิงอ่อนดองเค็มแช่อิ่มตามขั้นตอนของบริษัทฯ กับเจ้าของบริษัทหรือพนักงานที่รับผิดชอบในส่วนหน้าที่ในการผลิต จากนั้นลงมือปฏิบัติการทดลองกระบวนการผลิตซิงอ่อนดองเค็มแช่อิ่มตามขั้นตอนของบริษัทฯ ดัง Figure 1 และพัฒนากระบวนการผลิตซิงอ่อนดองเค็มแบบเดิมเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ Figure 2 และ Figure 3



Figure 1 shown the process of producing pickled gingers from salted ginger according to the company's procedures



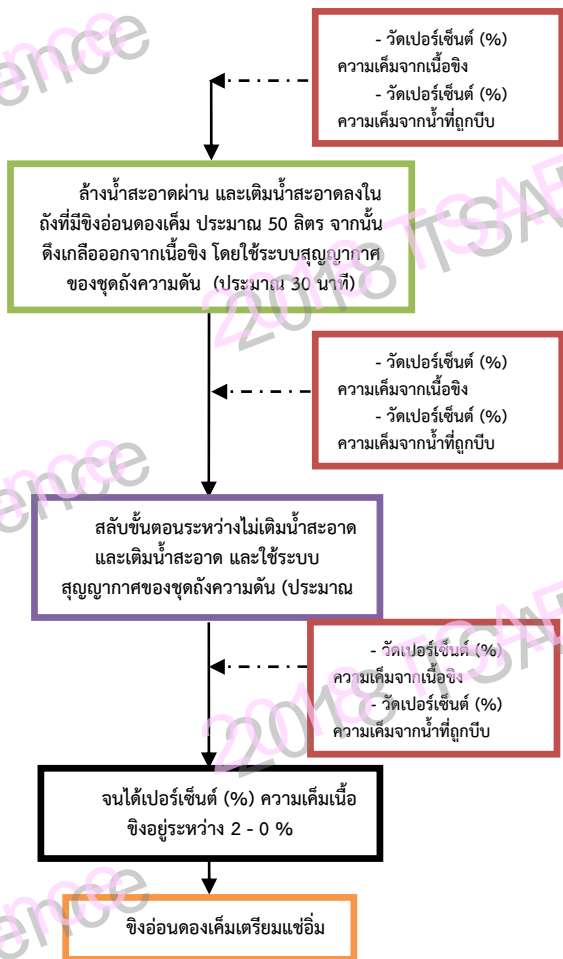
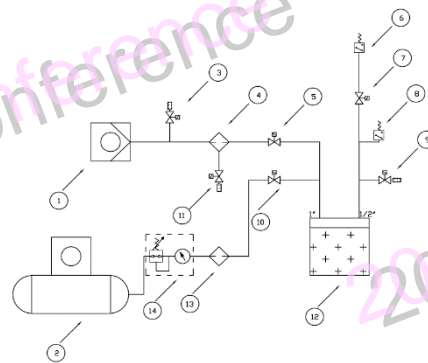


Figure 2 shown the preparation chart of pickled ginger from soft salted giggers for new production process



Figure 3 shown the new production process of pickled ginger has been developed



- Part Lists
- 1.Rotary vacuum pump ULVAC GLD-28B(AC220V)+TMX-1 +RX-8
  - 2.Air compressor (Swan, oil free, 3.0HP, AC220V, Tank 50L)
  - 3.Solenoid vent valve + silencer (SMC)
  - 4.Drain separator for vacuum (SMC)
  - 5.Solenoid valve (SMC)
  - 6.Vacuum gauge (choose 1 from 6.1 or 6.2)
  - 6.1 Dia no work, Type: AVG134N21, 0-133KPa, AC220V
  - 6.2 SMC pressure switch, -100KPa to 100KPa, DC24V
  - 7.Solenoid valve (SMC) = 1 pc
  - 8.Pressure switch (SMC, -0.1 MPa to 1.0MPa, DC24V)
  - 9.Solenoid vent valve + silencer (SMC)
  - 10.Solenoid valve (SMC)
  - 11.Solenoid vent valve + silencer (SMC)
  - 12.Ginger tank 250L
  - 13.Air filter (SMC)
  - 14.Air regulator (SMC)
  - 15.Pump and compressor stand (SUS304)
  - 16.Piping and hose system (SUS304, hose & fitting prove for vacuum and food grade)
  - 17.Equipment

Figure 4 shown the all components of the process and control system

## 2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ซังแช่อิ่มที่ได้

### 1) คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

- การวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยหาความแน่นเนื้อของเนื้อซังแช่อิ่ม ด้วยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.plus

- การวิเคราะห์ค่าความหวาน (°Brix) โดยหาค่าความหวานด้วยเครื่องวัดความหวาน (Brix Refractometer)

- การวิเคราะห์ค่าสี (Color) โดยหาค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE

### 2) คุณภาพทางเคมีของซังแช่อิ่ม

- การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography ดัดแปลงวิธีของ Yuan and Chen (1999)

- การวิเคราะห์ปริมาณกรดโดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography ดัดแปลงวิธีของ Escobal et. al. (1997)

### 3) คุณภาพทางจุลชีววิทยา

โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์และรา *Staphylococcus aureus*, โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *Escherichia coli* โดยการเก็บตัวอย่างทำทุกชุด ชุดละ 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบจุลินทรีย์ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC (2000)

4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scaling Test โดยการชิมและการให้คะแนนระดับความชอบของซิงแฉ้อต้ม ทั้ง 9 ระดับ

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการพัฒนากระบวนการผลิตแบบใหม่

ได้พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติขึ้นมาใช้สำหรับการผลิตผักผลไม้แช่อิ่มจากผักผลไม้ดองเค็ม ประกอบด้วย ระบบประมวลผล และควบคุมชุดความดันแบบอัตโนมัติ ซึ่งระบบสามารถทำงานในแต่ละขั้นตอนของระบบการผลิตซิงแฉ้อดองเค็มแช่อิ่มแบบอัตโนมัติได้ตามที่กำหนดไว้ ดัง Figure 5



Figure 5 shown the developed new production process from designed

3.2 ผลการลดปริมาณเกลือสุดท้ายของซิงแฉ้อดองเค็มแบบใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

จากปริมาณเกลือในเนื้อซิงแฉ้อดองเค็ม อยู่ที่ 14 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำแช่เนื้อซิงแฉ้อดองเค็ม อยู่ที่ 14 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน ผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมสามารถทำงานในกระบวนการลดความเค็มที่สภาวะสุญญากาศทำให้ปริมาณเกลือในเนื้อซิงแฉ้อดองเค็ม ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 5 ชั่วโมง แต่ใช้การแช่น้ำเปล่าในการลดปริมาณเกลือในเนื้อซิงแฉ้อ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ดังนั้นที่สภาวะสุญญากาศสามารถช่วยดึงเอาปริมาณเกลือจากเนื้อซิงแฉ้อดองเค็มได้รวดเร็วกว่า โดยวิเคราะห์ผลแบบ RCBD พบว่า ปริมาณเกลือในเนื้อซิงแฉ้อดองเค็มที่ใช้ระบบควบคุมกับไม่ใช้ระบบควบคุมตาม

ช่วงระยะเวลาที่ทดสอบ มีค่า Sig. เท่ากับ 0.790 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนปริมาณเกลือในน้ำแช่ซิงแฉ้อดองเค็มที่ใช้ระบบควบคุมกับไม่ใช้ระบบควบคุมตามช่วงระยะเวลาที่ทดสอบ มีค่า Sig. เท่ากับ 0.514 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) Figure 6 Figure 7 และ Figure 8

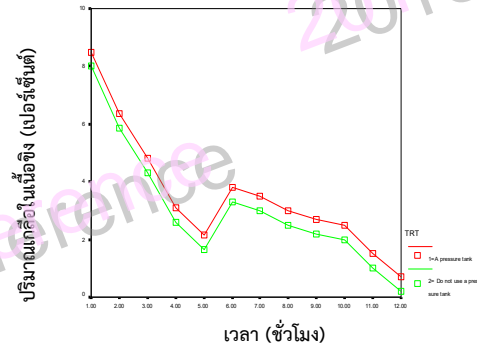


Figure 6 shown the comparative analysis of salt content in soft salted ginger in pressure tank and no pressure tank

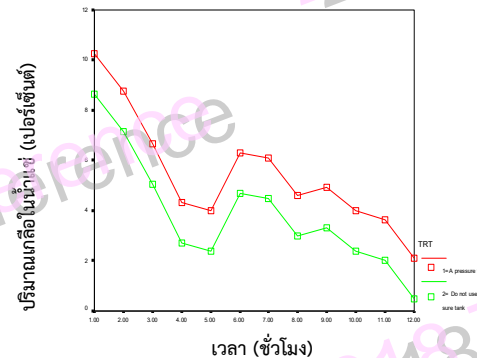


Figure 7 shown the comparative analysis of salt content of water immersion in pressure tank of soft salted ginger



Figure 8 shown the appropriate syrup concentration for pickled ginger production of 250 liters mobile automatic pressure tank

### 3.3 ผลการเชื่อมซิงอ่อนดองเค็มด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

จากการเชื่อมซิงอ่อนดองเค็มทำให้ทราบว่าปริมาณ น้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อม เนื่องจากว่าระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นภายใต้ความดันทำให้ผนังเซลล์แตกและยอมให้มีการซึมผ่านของปริมาณน้ำเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณความหวานของน้ำตาลที่แช่ลดลง เมื่อถึงจุดสมดุลของกระบวนการออสโมซิส ปริมาณความหวานของเนื้อซิงอ่อนดองเค็มที่ใช้ระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณความหวานเพิ่มขึ้น ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก็ถึงจุดสมดุลที่ความหวานของเนื้อซิงกับน้ำเชื่อม โดยวิเคราะห์ผลแบบ RCBD พบว่า ปริมาณความหวานในเนื้อซิงอ่อนดองเค็มที่ใช้ระบบควบคุมกับไม่ใช้ระบบควบคุมตามช่วงระยะเวลาที่ทดสอบ มีค่า Sig. เท่ากับ 0.033 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) และปริมาณความหวานในน้ำเชื่อมที่ใช้ระบบควบคุมกับไม่ใช้ระบบควบคุมตามช่วงระยะเวลา ที่ทดสอบ มีค่า Sig. เท่ากับ 0.025 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

Figure 9 และ Figure 10

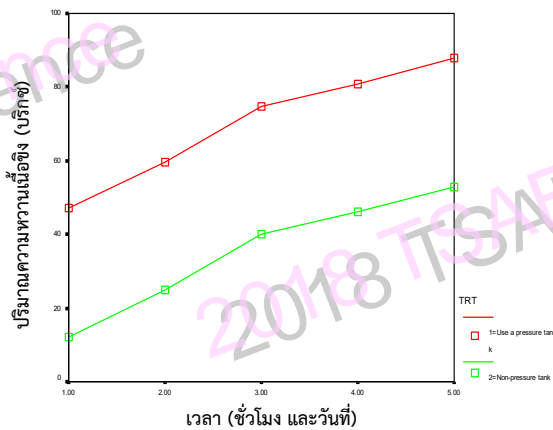
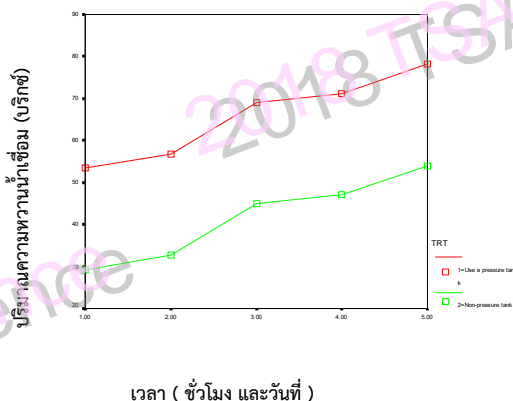


Figure 9 shown the comparison of time and sweetness of ginger in compressed pressure tank and with non-use pressure tank



เวลา ( ชั่วโมง และวันที่ )

Figure 10 shown the comparison of the time with the syrup used in the compaction of soft salted ginger in in compressed pressure tank and with non-use pressure tank ginger

### 3.4 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ซิงเชื่อมที่ผลิตด้วยระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scaling test ของผลิตภัณฑ์ซิงเชื่อมที่ผลิตด้วยชุดถังความดันแบบอัตโนมัติ ดัง Table 1

Table 1 sensory analysis of soft pickled ginger ginger products

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 50	6.05	4.75	5.05	6.15	5.95
ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 60	6.80	4.95	5.50	6.40	5.95
ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 70	5.25	5.35	5.75	5.80	5.65

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ Hedonic Scaling test ของผลิตภัณฑ์ซิงเชื่อมด้วยชุดถังหมักควบคุมแบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ได้ขนาด 50 ลิตร ที่ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 50 60 และ 70 โดยน้ำหนัก ภายใต้ความดัน 5 บาร์ เวลา 2 ชั่วโมง พบว่า สี กลิ่น ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมผู้ทดสอบชิม ให้ค่าสี กลิ่น และค่ารสชาติ ที่ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 60 มีคะแนน 6.80 และ 4.95 ส่วนความแน่นเนื้อ ที่ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 70 มีคะแนน 5.80 และความชอบโดยรวม ที่ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 50 และ 60 มีคะแนน 5.95 เท่ากัน แต่วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test พบว่า สี กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

Figure 10



ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 50 ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 60 ระดับน้ำเชื่อม ร้อยละ 70 Figure 10 shown the ginger products preserved with the mobile automatic controlled tank at 50, 60 and 70 percent syrup levels

### 3.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ซิงแฉ่มที่ได้

#### 1. คุณภาพทางกายภาพ (Physical Analysis)

ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยหาความแน่นเนื้อของเนื้อซิงแฉ่ม ด้วยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร ยี่ห้อ TA.XT.plus วิเคราะห์ค่าความหวาน (บริกซ์) โดยหาค่าความหวานด้วยเครื่องวัดความหวาน (Brix Refractometer) และวิเคราะห์ค่าสี (Colour) โดยหาค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Color Spectrophotometer) จากนั้นนำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม ดัง Table 2

Table 2 shown the physical qualitative analysis of salted pickled ginger

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	Force (N)	ค่าการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ			
		ปริมาณ	ค่าสี		
ซิงอ่อน		ความ	L*	a*	b*
ดองเค็ม		หวาน			
แฉ่ม		(บริกซ์)			
ซิงอ่อน	134.55	47.00	39.91	3.18	1.93
ดองเค็ม					
แฉ่ม					

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่มแบบใช้ระบบควบคุม และแบบไม่ใช้ระบบควบคุม ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าแรงที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง ค่าสี L\* a\* และ b\* และปริมาณความหวาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) ดัง Figure 11



Figure 11 shown the

ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (ของบริษัท )      ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (จากระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น)

convention pickled ginger and pickled ginger from pressure tank

#### 3.6 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ได้นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์ และรา *Staphylococcus aureus*, โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *Escherichia coli* โดยการเก็บตัวอย่างทำทุกชุด ชุดละ 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบจุลินทรีย์ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม ดัง Table 3

Table 3 The total amounts of microorganisms, yeasts and fungi, and the pH of the pickled ginger products

วันที่ทดลอง	pH	Total Microorganism (cfu/g)		Yeast and Mold (cfu/g)	
		ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (ใช้ระบบ)	ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (แบบไม่ใช้ระบบ)	ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (ใช้ระบบ)	ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่ม (แบบไม่ใช้ระบบ)
0	-	-	0	0	0
7	4.1	4.4	0	0	0
14	4.4	3.5	0	1x10 <sup>2</sup>	0
21	3.6	3.0	1x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>3</sup>	0
28	3.8	3.3	1x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	0

ซิงอ่อนดองเค็มแฉ่มผ่านความดัน และไม่ใช้ความดันไม่พบจุลินทรีย์ในซิงแฉ่ม ณ วันที่ 0 ของการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์เจริญในซิงแฉ่มทั้งที่ใช้ความดัน และไม่ใช้ความดัน ณ วันที่ 7-28 ของการบ่ม ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา (Table 1) จุลินทรีย์ที่เจริญในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีการปนเปื้อนระหว่างการผลิตหรือการบรรจุซิงแฉ่มลงในบรรจุภัณฑ์ แต่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แฉ่ม (มผช. 161/2558) ด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1x10<sup>6</sup> โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 1x10<sup>3</sup> โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการหมักของจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศทำให้เกิดกรดแลกติกเกิดขึ้น

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

### 3.7 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาซิงคอง ด้วยวิธี Q<sub>10</sub>

คุณสมบัติทางกายภาพของซิงคองเค็มแช่อบบรรจุในขวดแก้วที่สภาวะต่าง ๆ

Table 4 shows the physical properties of pickled ginger packed in glass bottles at various conditions

อุณหภูมิ (°C)	เวลาการเก็บ (วัน)	Force (N)	Physical Properties		
			L*	a*	b*
37	7	134.06	49.11	-2.13	14.44
	14	138.74	46.41	-3.18	10.23
	21	102.00 <sup>a</sup>	48.11	-3.35	5.47
45	7	138.74	46.41	-3.18	10.23
	14	148.96	45.04	-2.71	9.35
	21	101.03 <sup>a</sup>	49.00	-3.30	5.47
55	7	138.96	45.09	-3.42	13.04
	14	103.72 <sup>ab</sup>	47.10	-3.32	7.30 <sup>a</sup>
	21	100.02	49.50	-2.68	6.09

\*\*a และ b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

Table 5 shows the shelf life of pickled ginger in glass bottles

Temperature (°C)	Shelf life (month)
5	12.50
10	11.50
15	10.50
20	7.00
25	5.50
30	3.50
35	2.00
40	1.25

ผลการศึกษา พบว่า ซิงคองเค็มที่บรรจุในขวดแก้วที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และสภาวะที่แตกต่างกัน (ดัง Table 4 และ Table 5) โดยค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีแดง - เขียว (a\*) และค่าสีน้ำเงิน - เหลือง (b\*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ค่าแรง ที่ใช้ในการตัดตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p < 0.05$ ) โดยสรุปที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (สีเหลืองของตัวอย่าง) ส่วนที่อุณหภูมิ 45 และ 55 เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (สีเหลืองของตัวอย่าง)

เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (สีเหลืองเข้ม) ดังนั้นอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมินี้จึงได้จากการคำนวณ Q<sub>10</sub> ดัง Figure 12 แสดงซิงคองเค็มที่ผ่านความดันที่บรรจุในขวดแก้ว



Figure 12 shows the soft pickled ginger in a glass bottles

Table 6 shows the physical properties of salted pickled gingers in vacuum bags at various conditions

อุณหภูมิ (°C)	เวลาการเก็บ (วัน)	Force (N)	Physical Properties		
			L*	a*	b*
37	7	115.30	32.50	3.20	17.20
	14	131.74	46.41	-2.18	10.23
	21	125.30	46.50	-2.13	7.60
45	7	131.50	44.10	-3.10	15.30
	14	124.90	45.04	-2.10	9.35
	21	110.05	45.00	-2.00	5.47
55	7	130.68	45.09	-3.20	13.04
	14	120.50	47.10	-2.02	7.30
	21	110.02	45.50	-2.01	6.09

\*\*a และ b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

ผลการศึกษา พบว่า ซิงคองเค็มที่บรรจุในถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และสภาวะที่แตกต่างกัน (ดัง Table 5 และ Table 6) โดยค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีแดง - เขียว (a\*) และค่าสีน้ำเงิน - เหลือง (b\*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ค่าแรง ที่ใช้ในการตัดตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p < 0.05$ ) โดยสรุปที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (สีเหลืองของตัวอย่าง) ส่วนที่อุณหภูมิ 45 และ 55 เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (สีเหลืองคล้ำลงของตัวอย่าง) ดังนั้นอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมินี้จึงได้จากการคำนวณ Q<sub>10</sub> ดัง Figure 13 แสดงซิงคองเค็มที่ผ่านความดันที่บรรจุในขวดแก้ว



Figure 13 shown the soft salted pickled ginger from pressure tank packed in a vacuum bag

#### 4 สรุป

ผลการศึกษาการใช้ชุดถังความดันแบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ได้สามารถดึงเกลือออกจากซิงอ่อนดองเค็มได้ด้วยสภาวะสุญญากาศ ซึ่งใช้เวลาในการดึงเกลือ 3 - 4 ชั่วโมง แล้วแต่ปริมาณเกลือเริ่มต้นและการประยุกต์ใช้ชุดถังความดันแบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ได้ในการแช่ซิงอ่อนดองเค็ม พบว่าผลของความดันที่มีต่อซิงอ่อนดองเค็มแช่ซึม ภายใต้ความดัน 5 บาร์ เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง พบว่า น้ำตาลสามารถซึมเข้าไปในเนื้อซิงอ่อนดองเค็มได้มากขึ้น เนื่องจากความดันสามารถทำให้ผนังเซลล์เนื้อซิงแตกสามารถทำให้น้ำเชื่อมซึมผ่านเข้ามาได้ง่ายกว่าแบบไม่ใช้ความดัน และสามารถลดเวลาในการแช่ซึมได้จากเดิมที่บริษัทฯ ผลิต 5 วัน ลดเหลือเพียง 3 - 4 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตเดิมของบริษัทฯ ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในซิงดองผ่านความดัน มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไว้นานขึ้น อายุการเก็บรักษาซิงอ่อนดองเค็มแช่ซึมขึ้นอยู่กับสภาวะที่ทำการเก็บรักษา และชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าบรรจุในถุงสุญญากาศ

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และภาคเอกชนที่สนับสนุนวัตถุดิบและสถานที่ศึกษาวิจัย (ขอสงวนนาม)

#### 6 เอกสารอ้างอิง

- นันทวัน เทอดไทย. 2551. การออกแบบกระบวนการทางอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ. 401.