



2019  
TSAE  
THAILAND

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562

ณ โรงแรมฮาร์ตโรค พัทยา จังหวัดชลบุรี

Available online at [www.tsae.asia](http://www.tsae.asia)

ผลของความเข้มสนามไฟฟ้าและเวลาต่อการทำลายจุลินทรีย์ในน้ำมะพร้าวด้วยเทคโนโลยีพัลส์สนามไฟฟ้า

Effect of Electrical Field and Time on Inactivating the Microorganisms of Coconut Water by Pulsed Electric Field Technology

จันทร์จิรา วันชนะ<sup>1</sup>, ฤทธิชัย อัสวาราชันย์<sup>1, 2\*</sup>

Janjira Wanchana<sup>1</sup>, Rittichai Assawarachan<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สันทราย เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Faculty of Engineering and Agro-Industry; Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290, Thailand

<sup>2</sup>หน่วยวิจัยเทคโนโลยีลดความชื้น และการอบแห้ง คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สันทราย เชียงใหม่

<sup>2</sup>Drying and Dehydration Technology Research Unit. Faculty of Engineering and Agro-Industry; Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-8-1792-0946, Fax: +66-53-878-123, E-mail: [rittichai.assawarachan@gmail.com](mailto:rittichai.assawarachan@gmail.com)

#### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ผลกระทบของการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ 5, 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup> และเวลาที่ 2, 4 และ 6 min ถูกเปรียบเทียบกับพาสเจอร์ไรซ์ด้วยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 95 °C เป็นเวลา 60 sec น้ำมะพร้าวที่ใช้ในการศึกษาถูกเติมเชื้อ aerobic plate count และมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 41.2x10<sup>4</sup> CFU mL<sup>-1</sup> ผลการศึกษาพบว่าพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic plate count เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของสนามไฟฟ้า และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์มากขึ้น การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ 15 kV cm<sup>-1</sup> และเวลา 6 min สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic plate count เท่ากับ 2.65 log<sub>10</sub> CFU mL<sup>-1</sup> ซึ่งเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic plate count เท่ากับ 2.81 log<sub>10</sub> CFU mL<sup>-1</sup> น้ำมะพร้าวสดถูกนำมาใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C อายุการเก็บรักษาของน้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า และการใช้ความร้อนมีอายุการเก็บรักษา ระหว่าง 21 ถึง 25 days และ 24 days ตามลำดับ การพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีแปรรูปสมัยใหม่ที่เข้ามาแทนที่การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน

**คำสำคัญ:** น้ำมะพร้าว การพาสเจอร์ไรซ์ เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า

#### Abstract

This research investigated the effect of pulsed electric field (PEF) pasteurization of coconut water. The 5, 10, 15 kV cm<sup>-1</sup> and 2, 4 and 6 min of PEF were compared with the 95 °C for 60 sec of conventional thermal pasteurization. The bacteria added and fresh coconut water were studied. The initial aerobic plate count of bacteria added coconut water was 41.2x10<sup>4</sup> CFU mL<sup>-1</sup>. The results demonstrated that the PEF decreased aerobic plate count when electric field and time increased. The 15 kV cm<sup>-1</sup> and 6 min of PEF was able to inactivate microorganisms to 2.81 log<sub>10</sub> CFU mL<sup>-1</sup> which comparable to 2.96 log<sub>10</sub> CFU mL<sup>-1</sup> of conventional thermal pasteurization. The fresh coconut water was used for shelf life study. The shelf life at 4 °C of processed coconut

water using PEF and thermal pasteurization were 21 to 25 days and 24 days respectively. Pulsed Electric Field technology is one of the emerging technologies for the replacement of traditional thermal pasteurization

**Keywords:** Coconut water, pasteurization, Pulsed Electric Field

## 1 บทนำ

น้ำมะพร้าวแปรรูปพร้อมดื่มเป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตและเป็นสินค้าที่มีแนวโน้มในการส่งออกสูงขึ้น ปัจจุบันการแปรรูปในอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำมะพร้าวพร้อมดื่มของประเทศไทยแปรรูปด้วยการใช้ความร้อนแบบดั้งเดิมเพื่อทำลายสารพิษ, จุลินทรีย์, เอนไซม์ และพยาธิในการแปรรูปน้ำมะพร้าว การแปรรูปด้วยความร้อนยังมีข้อจำกัดทั้งด้านการสูญเสียคุณภาพ และข้อเสียเปรียบด้านวิศวกรรมเนื่องจากการแปรรูปด้วยความร้อนใช้การถ่ายเทความร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เกิดข้อเสียต้นทุนด้านการผลิตด้านวิศวกรรมในการสร้างไอน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน และมีต้นทุนด้านการบำรุงรักษาใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเวลานานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลงเนื่องจากการเกิดตะกรันเกาะที่ผิวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลงส่งผลให้ต้นทุนในการบำรุงรักษาสูง ข้อจำกัดด้านการสูญเสียคุณภาพเนื่องจากการได้รับความร้อนเป็นเวลานาน (Assawarachan, 2017) ดังนั้นจึงได้มีความพยายามพัฒนาการแปรรูปโดยไม่ใช้ความร้อน (non-thermal process) ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าเพื่อรักษาคุณภาพการของน้ำมะพร้าว

เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed Electric Field, PEF) เป็นเทคนิคการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารเหลวด้วยกระบวนการอิเล็กโทรโพรเซชัน (electroporation) เมื่ออาหารเหลวถูกกระตุ้นด้วยความเข้มสนามไฟฟ้าสูงให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนภายใต้สถานะสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ในอัตราการให้ซ้ำที่ค่าความถี่หนึ่งค่าหนึ่ง (ทวิวรรณ, 2554, วิกานดา และคณะ 2555 และ Assawarachan, 2016) ในระยะเวลาที่สั้นมากปกติ นับเวลาเป็น  $10^{-3}$  ถึง  $10^{-6}$  sec ในลักษณะที่อาหารเหลวถูกกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าส่งผลให้เกิดแรงเสียดทานที่ผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ จะเกิดการฉีกขาดและทะลุจะเกิดรูพรุนรอบเซลล์ของจุลินทรีย์ (pore formation) ของเหลวจากภายนอกเซลล์จะแพร่เข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ตามรูพรุนรอบ ๆ ผนังเซลล์ส่งผลให้ความดันออสโมติกภายในของเซลล์จุลินทรีย์เกิดเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทำให้เกิดปรากฏการณ์การขยายตัวของเซลล์จุลินทรีย์จากความดันภายในเซลล์ (swelling) จนเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการฉีกขาดเป็นรู

ขนาดใหญ่ นำไปสู่การตายของเซลล์ จุลินทรีย์ (cell lysis) อย่างถาวร (Figure 1) ในขณะที่เซลล์อาหารที่มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์จุลินทรีย์นั้นจะไม่เกิดผลกระทบดังกล่าวเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์อาหารมีผนังหนาจึงเกิดการฉีกขาดเพียงเล็กน้อย และเซลล์อาหารสามารถซ่อมแซมตัวเองกับสู่สภาพเดิม (Yashwan et al., 2015)

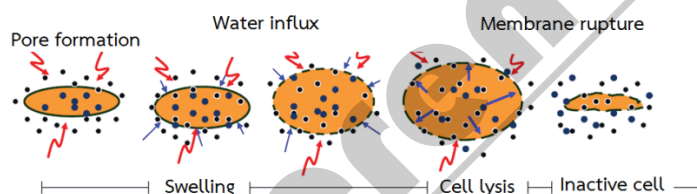


Figure 1 Destruction of microorganisms cell by PEF

(Source: Yashwan, et al., 2015)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มสนามไฟฟ้า (5, 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup>) และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ (2, 4 และ 6 min) ต่อการทำลายจุลินทรีย์ของน้ำมะพร้าว (น้ำมะพร้าวเต็มเชื้อ จุลินทรีย์กลุ่ม aerobic plate count การบ่มที่อุณหภูมิที่ 37.7 °C เป็นเวลา 24 hr ก่อนนำไปศึกษา) ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 60 sec) การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำมะพร้าวสดทั้ง 2 วิธี ด้วยการพาสเจอร์ไรซ์ บรรจุขวดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C และตรวจวัดอายุการเก็บรักษาโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะพร้าว (มผช 340/2547)

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมน้ำมะพร้าว

นำน้ำมะพร้าวจากผลมะพร้าวแก่ เจาะเอาน้ำมะพร้าวออกกรองด้วยเครื่องกรอง นำน้ำมะพร้าวเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกไขมัน และสิ่งสกปรก แบ่งกลุ่มน้ำมะพร้าวออกออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มน้ำมะพร้าวที่เต็มเชื้อ และบ่มเพื่อเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ (อุณหภูมิที่ 37.7 °C เป็นเวลา 24 hr) สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า และกลุ่มตัวอย่างน้ำมะพร้าวสดสำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา

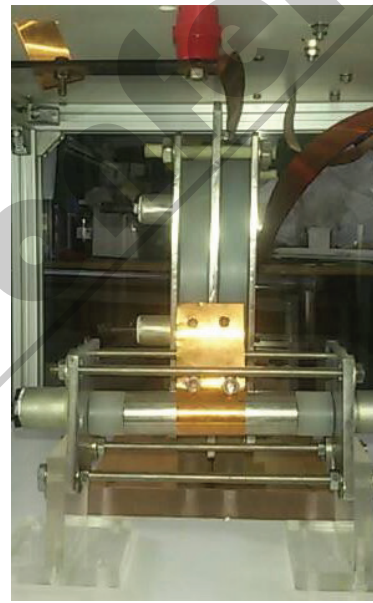
## 2.2 การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าขนาดห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นโดยหน่วยวิจัยเทคโนโลยีการลดความชื้นและการอบแห้ง (Assawarachan, 2018) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ชุดกำเนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ (High voltage pulse generator) วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่สูงและระบบควบคุม (High frequency pulses circuit and control system) และห้องทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (treatment Chamber) โดยค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดวัดด้วยเครื่อง Digital storage oscilloscope (Figure 2)

ผลการวิเคราะห์น้ำมะพร้าวสดพบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เท่ากับ  $27.7 \text{ CFU mL}^{-1}$  ซึ่งมี



(a)



(b)

Figure 2 Photography of laboratory pasteurizer using pulsed electric field technology

(a) Pulsed electric field pasteurizer (b) Pasteurization chamber

## 2.3 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของน้ำมะพร้าวสด น้ำมะพร้าวหลังผ่านการทำความร้อนแบบดั้งเดิม และเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้มข้นไฟฟ้า และเวลาในการพัลส์สนามไฟฟ้า ด้วยการใช้แผ่นเพาะเชื้อ Petrifilm Staph Express Count plate เป็นระบบอาหารเลี้ยงเชื้อพร้อมใช้ซึ่งประกอบด้วยสารก่อเจลที่ละลายได้ในน้ำเย็น

## 3. ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำมะพร้าวเดิมเชื้อและบ่มเพื่อเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ (อุณหภูมิที่  $37.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็น

ปริมาณที่น้อยกว่าที่สามารถใช้ในการศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นสนามไฟฟ้า และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า การศึกษาของโครงการวิจัยนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างน้ำมะพร้าวออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มน้ำมะพร้าวที่เดิมเชื้อและบ่มเพื่อเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ (อุณหภูมิที่  $37.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 hr) เพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นสนามไฟฟ้า และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ โดยเติมน้ำมะพร้าวครั้งละ 150 mL ในห้องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และหลังการพาสเจอร์ไรซ์นำน้ำมะพร้าวบรรจุในขวดขวด polyethylene terephthalate (PET) ขนาด 150 mL ปริมาณ 100 mL จากนั้นปิดฝาสนิท และนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ต่อไป

เวลา 24 hr) พบว่าตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทั้งหมด (Total plate count, TPC) เริ่มต้นเท่ากับ  $41.2 \times 10^4 \text{ CFU mL}^{-1}$  การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้มข้นสนามไฟฟ้า ( $5, 10$  และ  $15 \text{ kV cm}^{-1}$ ) และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ ( $2, 4$  และ  $6 \text{ min}$ ) ต่อการทำลายจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับวิธีการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน (อุณหภูมิ  $95 \text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 60 sec)

ผลการศึกษาพบว่า น้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อนแบบดั้งเดิมนำไปตรวจพบจำนวน aerobic count plate เท่ากับ

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562

640 CFU mL<sup>-1</sup> สามารถลดปริมาณ TPC เท่ากับ 99.81% เท่ากับ 2.81 log<sub>CFU</sub> reduction ในขณะที่

ผลการวิเคราะห์จำนวน TPC ของน้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้ม สนามไฟฟ้าที่ 5 kV cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 2 และ 4 min มีค่าเท่ากับ 8.2 x10<sup>4</sup> และ 1.73 x10<sup>4</sup> CFU mL<sup>-1</sup> สามารถลดจำนวนจำนวน TPC เท่ากับ 82.51 และ 96.41% เท่ากับ 0.75 และ 1.44 log<sub>CFU</sub> reduction ตามลำดับ การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้ม สนามไฟฟ้าที่ 5 kV cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 2 และ 4 min ไม่เหมาะสมกับการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าว ไม่สามารถทำลายของเซลล์จุลินทรีย์ได้อย่างถาวร (cell lysis) อาจส่งผลเพียงให้เกิดการบาดเจ็บของจุลินทรีย์ และเมื่อเวลาผ่านไปจุลินทรีย์สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ ดังนั้นผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic plate count จึงมีอัตราการการลดลงที่น้อย (Yashwan et al., 2015) ในขณะที่การพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าว ดังนั้นการแปรรูปน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ระดับ 5 kV cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 6 min ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic plate count เท่ากับ 7.1 x10<sup>3</sup> CFU mL<sup>-1</sup> สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic plate count เท่ากับ 1.76 log

CFU reduction ดังนั้นเมื่อเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์มากขึ้นส่งผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ในน้ำมะพร้าวมากขึ้น

ผลการศึกษาผลของความเข้มสนามไฟฟ้าที่ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup> ที่ช่วงเวลา 2-6 mins สามารถลดจำนวน TPC ได้ต่ำกว่า 10<sup>4</sup> CFU mL<sup>-1</sup> แต่มีเพียงสภาวะการพาสเจอร์ไรซ์ที่ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ 15 kV cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 6 mins สามารถลด TPC ได้ใกล้เคียงกับพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน ปริมาณ TPC เท่ากับ 910 CFU mL<sup>-1</sup> สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์เท่ากับ 99.77% หรือ 2.65 log<sub>CFU</sub> reduction และมีอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 46.7±3.1 °C ในขณะที่การพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวแปรรูปด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ 10 kV cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 6 mins สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic plate count เท่ากับ 99.41% หรือ 2.23 log<sub>CFU</sub> reduction ดังนั้นการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของสนามไฟฟ้ามากขึ้น และเวลาในการได้รับกระแสไฟฟ้าที่มากเพียงพอส่งผลให้อัตราการทำลายจุลินทรีย์มีแนวโน้มที่มากขึ้น (Yashwan et al., 2015 and Barba et al., 2015)

Table 1 Comparison of pasteurization methods on inactivating the spoilage microorganisms

| Electric field intensity<br>(kV cm <sup>-1</sup> ) | Pasteurization time of Pulsed electric field |  |   |
|--|--|--|---|
|  | 2 min  | 4 min                                      | 6 min                                     |
| Coconut water using thermal pasteurization         | 640 CFU mL <sup>-1</sup>                     |  |   |
| 5 kV cm <sup>-1</sup>                              | 8.2 x10 <sup>4</sup> CFU mL <sup>-1</sup>    | 1.73 x10 <sup>4</sup> CFU mL <sup>-1</sup> | 7.1x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup>  |
| 10 kV cm <sup>-1</sup>                             | 5.22 x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup>   | 3.74 x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup> | 2.42x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup> |
| 15 kV cm <sup>-1</sup>                             | 2.73 x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup>   | 1.62 x10 <sup>3</sup> CFU mL <sup>-1</sup> | 910 CFU mL <sup>-1</sup>                  |

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะพร้าวสดด้วยวิธีการให้ความร้อน (อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 60 sec) เปรียบเทียบน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup> ที่เวลา 6 min จากนั้นนำน้ำมะพร้าวที่ผ่านพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าบรรจุขวด polyethylene terephthalate (PET) ขนาด 150 mL ปริมาณ 100 mL จากนั้นปิดฝาสนิท (จำนวน 3 ตัวอย่างต่อการทดสอบ 1 สภาวะ) เก็บในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 5±1 °C นำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทุก ๆ 3 days โดยเกณฑ์ในการวิเคราะห์การเก็บ

รักษา กำหนดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (aerobic plate count) ต้องไม่เกิน 1x 10<sup>4</sup> CFU/mL และปริมาณ yeast & mold ต้องไม่เกิน 100 CFU/mL เพื่อใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาโดยอ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะพร้าว (มผช 340/2547)

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะพร้าวแปรรูปด้วยความร้อน และน้ำมะพร้าวแปรรูปด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (5, 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup>) เป็นเวลา 6 min ด้วยการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่ม aerobic plate count และปริมาณ yeast & mold ของน้ำมะพร้าวทุก 3 days โดยใช้มาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำมะพร้าว (มผช 340/2547) เป็นเกณฑ์ในวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาของน้ำมะพร้าวได้ การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของน้ำมะพร้าวแปรรูปด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าเป็นเวลา 6 min มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 21 และ 25 days ที่

ความเข้มข้นไฟฟ้าที่ 10 และ 15 kV cm<sup>-1</sup> ในขณะที่การการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่ความเข้มข้นไฟฟ้าที่ 5 kV/cm นั้นไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด

พาสเจอร์ไรซ์ด้วยด้วยความร้อนมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 24 days

Table 2 Inactivating the spoilage microorganisms and shelf life of coconut water by PEF

| Inactivating the spoilage microorganisms and shelf life         | Thai Industrial standards institute 340/2004 | Thermal Pasteurization (95 °C, 60 sec) | Electric field intensity (V/cm) |         |         |
|---|--|--|---------------------------------|---------|---------|
|   |  |  | 5                               | 10      | 15      |
| Shelf life (days) (Aerobic count plate (CFU mL <sup>-1</sup> )) | 1x10 <sup>4</sup>                            | 24 days                                | -                               | 21 days | 25 days |
| yeast and mold count plates (CFU mL <sup>-1</sup> )             | 100  | ND                                     | ND                              | ND      | ND      |

### 3 สรุป

ผลการศึกษากการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยเทคโนโลยีด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า พบว่าเมื่อความเข้มข้นไฟฟ้า และเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์เพิ่มขึ้นสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic plate count ของน้ำมะพร้าวได้มากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 60 sec ที่สภาวะความเข้มข้นสนามไฟฟ้า ที่ 15 V cm<sup>-1</sup> เป็นเวลา 6 mins มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 46.7±3.1 °C สามารถลดจุลินทรีย์เท่ากับ 2.65 log<sub>CFU</sub> reduction ในขณะที่การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อนสามารถลดจุลินทรีย์เท่ากับ 2.81 log<sub>CFU</sub> reduction น้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ทั้ง 2 วิธี ตรวจไม่พบปริมาณ yeast & mold

การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของน้ำมะพร้าวสดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า และการใช้ความร้อนมีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 16 ถึง 25 days และ 24 days ตามลำดับ เนื่องจากเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าส่งผลต่อสภาวะพักตัวเพื่อสร้างสปอร์ (spore forming bacteria) เกิดการบาดเจ็บช่วยทำลายเซลล์บางส่วนที่เป็น forspore และสามารถเป็นการ

ยับยั้งการเกิดสปอร์ที่เป็นอิสระในน้ำมะพร้าวได้มากขึ้น ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นจึงสามารถรักษาคุณภาพของน้ำมะพร้าวได้ดี และลดการสูญเสียสารสำคัญในน้ำมะพร้าวที่ไวต่อความร้อน (เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ) สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และเปรียบเทียบค่าพลังงานซึ่งเป็นแนวทางการศึกษาขั้นต่อไปในอนาคต ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำเสนอในโครงการวิจัยเรื่องต่อไป

### 4 กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน ทุนวิจัยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2560 และได้รับความอนุเคราะห์เครื่อง Pulsed electric field pasteurizater ในโครงการวิจัยเทคโนโลยีการแปรรูปโดยไม่ใช้ความร้อนแบบผสมผสานด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าร่วมกับการใช้ความดันสูงสำหรับการแปรรูปน้ำมะพร้าว (CRP5905020420)

### 5 เอกสารอ้างอิง

Assawarachan, R. 2016. Review articles: Non-thermal processing for liquid food using electrical pulsed field technique. Kasem Bundit Engineering Journal 6(2), 87-99. (in Thai)

Assawarachan, R. 2017. Emerging technologies for food process. Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences 22 (2), 41-48. (in Thai)

Assawarachan, R. 2018. Emerging technologies of thermal and non thermal for food processing. Chiangmai: Office of academic administration and development maejo university press. (in Thai)

Barba, F.J. Parniakov, O. Pereira, S.A. Wiktor S.A, Grimi, N. Boussetta, N. Saraiva, J.A. Raso, J. Martin-Belloso, O. DorotaWitrowa-Rajchert, Lebovka, N and Vorobiev, Eugène. 2015. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. Food Research International 77, 773–798.

Intra, P. Manopian, P. and Pengmanee, C. and Somsri, N. 2015. Inactivation of *E. coli* in Milk Tea Undergoing Pulsed Electric Field Pasteurization. The Journal of KMUTNB 25(3), 1–13. (in Thai)

Panyamuangjai, V. Janthara, S. Kusuya, R. Yawootti, A. and Intra, P. 2012. Application of Pulsed Electric Field for Milk Pasteurization. KMUTT Research and Development Journal 35(4), 469–483. (in Thai)

Yashwan, K, Krishna, K.P. and Vivek, K. 2015. Pulsed Electric Field Processing in Food Technology. International Journal of Engineering Studies and Technical Approach 1(2), 6-17.