

# ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมันเทศเนื้อสีส้ม

## Effects of Different Blanching Methods on Quality of Orange Sweet Potatoes

นรินทร์ เจริญพันธ์\* และน้ำทิพย์ มีมุข

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว  
ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

Narin Charoenphun\* and Namthip Meemuk

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus,  
Suwannasorn Road, Watthana Nakhon, Sa Kaeo 27160

### บทคัดย่อ

มันเทศเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ในฤดูกาลที่มีผลผลิตมากราคาจะถูกลงเกือบสิบเท่า การแปรรูปมันเทศเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศได้ การลวกเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยที่มีบทบาทสำคัญต่อการแช่แข็งมันเทศ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมันเทศเนื้อสีส้ม โดยเปรียบเทียบการลวก 3 วิธี (ลวกในน้ำเดือด ลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไมโครเวฟ) ต่อสมบัติเชิงหน้าที่บางประการของมันเทศเนื้อสีส้มด้วยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ การตรวจสอบคุณภาพด้านการสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี และความแน่นเนื้อของมันเทศที่ผ่านการลวกด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด มีค่าความสว่างของสีมากที่สุด และมีความแน่นเนื้อต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำ การติดตามกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการลวกในน้ำเดือด การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 90, 150 และ 40 วินาที ตามลำดับ เนื่องจากสามารถยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน พบว่ามันเทศที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการลวกด้วยไมโครเวฟ ดังนั้นการเลือกวิธีการลวกที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมคุณภาพของมันเทศแช่แข็งได้

คำสำคัญ : มันเทศ; การลวก; เพอร์ออกซิเดส; ไมโครเวฟ

### Abstract

Sweet potatoes are excellent source of nutritious foods. During the high season, prices of sweet potatoes are down nearly tenfold. Occasionally, sweet potato processing is an interesting

option, and value added for sweet potato farmers. In generally, blanching is an important unit operation in a sweet potato freezing. The purpose of this research was to investigate the effects of different blanching methods on quality of orange sweet potatoes. Three blanching methods (boiling water, steaming and microwave) were compared in this study in order to determine their effects on some functional properties of orange sweet potatoes by using completely randomized design. Weight loss, color, firmness of blanched sweet potatoes by different methods were evaluated. The results showed that microwave blanching had the most weight loss, the highest color brightness value and the lowest firmness compared to blanching in boiling water and steam blanching. Monitoring of peroxidase activity found that the appropriate time to blanch in boiling water, steaming and microwave were 90, 150, and 40 seconds, respectively. Apparently, as they could completely inhibit the activities of the enzyme peroxidase. The sensory evaluation of 30 untrained panelists were investigated. The blanched sweet potatoes in boiling water and steam blanching had mean scores on sensory acceptability on appearance, color, texture, and overall liking at moderate level which were higher than microwave blanching. Therefore, the selection of suitable blanching method will help control the quality of sweet potatoes frozen.

Keywords: sweet potato; blanching; peroxidase; microwave

## 1. บทนำ

มันเทศ (sweet potato) เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญอันดับ 7 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าวบาร์เลย์ และมันสำปะหลัง มันเทศสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทยและมีแนวโน้มปริมาณผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันเทศ 23,717 ไร่ ผลผลิต 27,654 ตัน [1] มันเทศมีประโยชน์ในด้านการบริโภค ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และอาหารสัตว์ได้ทั้ง หัว ถั่ว ใบ และยอดอ่อน ในประเทศไทยมันเทศใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด ทั้งคาวหวาน ได้แก่ แกง-เสียง แกงคั่ว มันทอด มันเทศสามารถทำเป็นแป้งมันเทศ ส่วนผสมอาหารเด็ก อาหารว่างชนิดต่าง ๆ เส้นก๋วยเตี๋ยวมันเทศ แอลกอฮอล์ สุรามันเทศ และทำเป็นกาว เป็นต้น มันเทศเป็นพืชหัวที่มีคุณค่าอาหารสูง ทั้ง หัวและใบ โดยเฉพาะในมันเทศเนื้อสีเหลืองหรือสีส้มมี

สารเบตาแคโรทีนสูง ช่วยบำรุงสายตา และมันเทศเนื้อสีม่วงมีสารแอนโทไซยานินสูง ซึ่งสารดังกล่าวมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [2] นอกจากนี้มันเทศยังสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้หลายชนิด ได้แก่ สุกร วัว ควาย แพะ แกะ กระต่าย เป็ด ไก่ และปลา เป็นต้น ปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ คือ ช่วงเวลาที่มันเทศออกมามาก ราคาผลผลิตจะตกต่ำ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนและราคาขายไม่เพียงพอต่อการจุนเจือครอบครัวของเกษตรกร การแปรรูปมันเทศจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ที่ช่วยแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดได้ในระยะยาวได้ การผลิตมันเทศตัดแต่งแช่แข็งเพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ เพิ่มศักยภาพแข่งขันทางการตลาด เป็นการยกระดับสินค้าชุมชนให้มีคุณภาพสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม และทำให้ผู้บริโภคสามารถบริโภคมันเทศ ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทาง

โภชนาการได้ตลอดทั้งปี

การลวก (blanching) เป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยที่นิยมใช้ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูป มีบทบาทสำคัญต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง การลวกเป็นการให้อาหารสัมผัสกับน้ำร้อน ไอน้ำร้อน หรือไมโครเวฟ อุณหภูมิที่ใช้ลวกอยู่ระหว่าง 70-105 °C ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ที่เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด วัตถุประสงค์หลักของการลวกเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียก่อนการแปรรูป หรือเพื่อป้องกันการทำงานของเอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษา และช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบ โดยปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการลวก ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ ขนาดของชิ้นอาหาร อุณหภูมิของการลวก และวิธีการให้ความร้อน [3] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมันเทศเนื้อสีส้ม ซึ่งเป็นการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการแช่แข็ง โดยประเมินสมบัติเชิงหน้าที่บางประการของเนื้อมันเทศที่ผ่านการลวกด้วยวิธีการที่ต่างกัน องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมมันเทศ

มันเทศสดเนื้อสีส้ม [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] หรือมันเทศพันธุ์แครอท ชื่อจากเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศในอำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว เก็บจากต้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด คัดเลือกหัวที่สมบูรณ์ไม่มีตำหนิ จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาด กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 1.5 x 1.5 เซนติเมตร แต่ละชิ้นจะมีน้ำหนักเฉลี่ย 5 กรัม

2.2 การศึกษาผลของวิธีการลวกที่ต่างกันต่อคุณภาพของมันเทศ

การลวกในน้ำเดือด (hot water blanching) : ต้มน้ำสะอาดให้เดือดด้วยอัตราส่วนน้ำสะอาดต่อมันเทศเท่ากับ 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ลวกมันเทศในน้ำเดือดเป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 180 วินาที แช่ตัวอย่างในน้ำเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วินาที ตักขึ้นจากน้ำ วางบนกระดาษซับน้ำออกจากผิวมันเทศ

การลวกด้วยไอน้ำ (steam blanching) : ต้มน้ำสะอาดให้เดือดในหม้อตั้งไอน้ำ ลวกมันเทศด้วยไอน้ำเป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 180 วินาที แช่ตัวอย่างในน้ำเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วินาที ตักขึ้นจากน้ำ วางบนกระดาษซับน้ำออกจากผิวมันเทศ

การลวกด้วยไมโครเวฟ (microwave blanching) : มันเทศใส่ในกล่องพลาสติกมีฝาปิด สำหรับเตาอบไมโครเวฟ อบด้วยเตาอบไมโครเวฟ (Samsung รุ่น ME711K/XST, ประเทศเกาหลีใต้) กำลังไฟ 800 วัตต์ อบเป็นเวลา 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 วินาที แช่ตัวอย่างในน้ำเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วินาที ตักขึ้นจากน้ำ วางบนกระดาษซับน้ำออกจากผิวมันเทศ

## 2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของมันเทศ

### 2.3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักทดสอบเริ่มจากการชั่งน้ำหนักมันเทศก่อนลวก ด้วยเครื่องชั่ง (Zepper EPS-3001, จีน) และชั่งน้ำหนักหลังการลวก นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเป็นร้อยละการสูญเสีย น้ำหนัก ดังสมการ การสูญเสีย น้ำหนัก (ร้อยละ) = [(น้ำหนักก่อนลวก - น้ำหนักหลังลวก) ÷ น้ำหนักก่อนลวก] x 100

### 2.3.2 ค่าสี

วัดค่าสีของมันเทศด้วยเครื่องวัดสี (Minolta colorimeter CR-400, Japan) ด้วยระบบ

CIE โดยค่า L\* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a\* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) ค่า b\* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน) ค่า C\* ความเข้มของสีที่ปรากฏ และ H° เข้าใกล้ 0 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ค่า H° เข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า H° เข้าใกล้ 180 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ค่า H° เข้าใกล้ 270 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีนํ้าเงิน

### 2.3.3 ค่าความแน่นเนื้อ

วัดความแน่นเนื้อของมันเทศด้วยเครื่อง fruit hardness tester (Daiichi FG 520K, Japan) ใช้ cylinder probe ชนิดหัวกรวย ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N)

### 2.3.4 กิจกรรมเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

หั่นมันเทศเป็นชิ้นขนาดเล็ก ชั่งนํ้าหนัก 10 กรัม บดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดตัวอย่าง แล้วเติมนํ้ากลั่น 30 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นนำนํ้าที่กรองได้มาใส่หลอดทดลอง 2 หลอด หลอดละ 2 มิลลิลิตร แล้วเติมนํ้ากลั่น หลอดละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดทดลองที่มีสารสกัดมา 1 หลอด มาเติมสารไกวเอคอลล (guaiacol) ร้อยละ 0.5 จำนวน 1 mL และเติมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ร้อยละ 0.08 จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าโดยปิดจุก แล้วกลับหลอดไปมา เริ่มจับเวลาเพื่อสังเกตการเปลี่ยนสี ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนสีภายในเวลา 3.5 นาที แสดงผลการทดลองเป็นลบ คือ ไม่มีการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส เกิดการเปลี่ยนสีภายในเวลา 3.5 นาที แสดงผลการทดลองเป็นบวก คือ มีการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ใช้ตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารไกวเอคอลล ร้อยละ 0.5 เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบกับสี [4]

### 2.3.5 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

คัดเลือกมันเทศในสภาวะเหมาะสมของ

การลวกแต่ละวิธี นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน คะแนน 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

## 2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) [6] ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) โดยทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

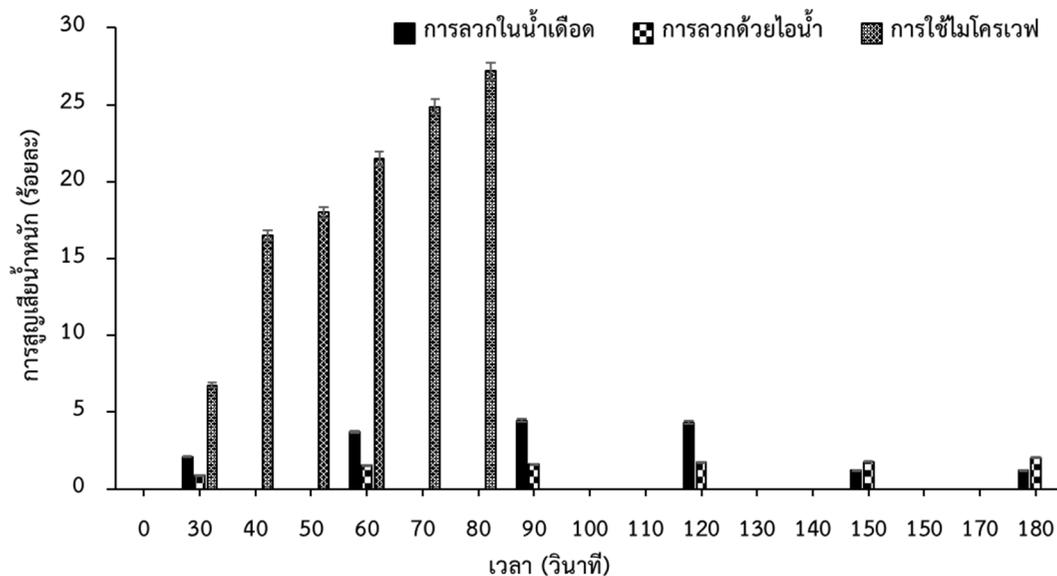
## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

### 3.1 ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อการสูญเสียนํ้าหนักของมันเทศ

ผลของการลวกมันเทศด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ การลวกในนํ้าเดือด การลวกด้วยไอนํ้า และการลวกด้วยไมโครเวฟต่อร้อยละการสูญเสียนํ้าหนัก (รูปที่ 1) พบว่าการลวกมันเทศด้วยไมโครเวฟส่งผลให้เกิดการสูญเสียนํ้าหนักของมันเทศสูงที่สุด รองลงมา คือ การลวกในนํ้าเดือด และการลวกด้วยไอนํ้า ตามลำดับ การลวกในนํ้าเดือดและการลวกโดยใช้ไอนํ้าทำให้เซลล์เนื้อเยื่อมันเทศถูกทำลายและเกิดการสูญเสียนํ้า การลวกจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของมันเทศอ่อนตัวลง เพิ่มความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ให้มากขึ้น เพิ่มโอกาสการแพร่ของนํ้าออกจากเซลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ควบคุมขนาดช่องเปิดของเซลล์ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้น [7] เกิดการสูญเสียนํ้าหนักของมันเทศเมื่อเทียบกับการไม่ลวก ในส่วนของการลวกด้วยไมโครเวฟ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุกับอินฟราเรด มี

ความถี่ประมาณ 300-30,000 เม็กกะเฮิรตส์ คลื่นไมโครเวฟที่นำมาใช้ประโยชน์กับอาหาร มีความถี่ 915-2,450 เม็กกะเฮิรตส์ มีแม่กนิตรอน (magnetron) เป็นส่วนประกอบหลักทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ โดยทั่วไปอาหารที่จะร้อนได้ด้วยไมโครเวฟ จะต้องมีส่วนที่ขูดขูดหนึ่ง คือ เป็นสารที่มีโมเลกุล 2 ชั้น เช่น โมเลกุลของน้ำ เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟซึ่งมีความถี่ที่สูงมาก เหนียวน้ำให้โมเลกุลของน้ำเปลี่ยนทิศสลับไปมาอย่างรวดเร็ว ตามทิศทางของสนามไฟฟ้า เกิดการเสียดสีกันระหว่างโมเลกุลของน้ำที่สัมผัสเพื่อน หรือกับโมเลกุลอื่น ๆ ภายในอาหาร

จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นมา หรือเป็นสารที่มีไอออนอยู่ในของเหลว สนามไฟฟ้าที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟจะทำให้เกิดการเสียดสี ทำให้เกิดความร้อนขึ้นมา [8] จากการทดลองใช้ไมโครเวฟที่มีกำลังไฟ 800 วัตต์ ให้ความร้อนมันเทศทำให้เกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็ว ซึ่งมันเทศโดยทั่วไปมีปริมาณความชื้นร้อยละ 60-75 [9] ไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการเสียดสีกันเกิดความร้อนขึ้น และเกิดการสูญเสียน้ำจากการระเหยส่งผลให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 ผลของการลวกด้วยวิธีที่แตกต่างต่อร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของมันเทศ

### 3.2 ผลของวิธีการลวกที่ต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมันเทศ

ตารางที่ 1 ถึง 3 แสดงค่าสีที่บริเวณผิวของมันเทศที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไมโครเวฟที่เวลาต่าง ๆ วัดค่าสีด้วยระบบ CIE พบว่าค่าความสว่าง (L) มีแนวโน้มลดลงเมื่อ

เปรียบเทียบกับมันเทศก่อนลวก ซึ่งแปรผันตรงกับค่าความเข้มสี ( $H^*$ ) โดยค่าความเข้มสีเข้าใกล้ 90 คือ อยู่ในกลุ่มสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับค่า  $a^*$  และ  $b^*$  มีค่าอยู่ในช่วงสีเหลืองและสีแดง การลวกด้วยไมโครเวฟมีค่าความสว่างลดลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการลวกวิธีอื่นสอดคล้องกับการรายงานของ ณีภูวาลินคล และคณะ

[10] การพาสเจอร์ไร้น้ำผักข้าวผสมน้ำเสาวรสดด้วยไมโครเวฟ 700 วัตต์ ระยะเวลา 45 นาที ส่งผลให้ค่าความสว่างมีค่ามากกว่าการพาสเจอร์ไรส์ด้วยวิธีการต้มจากการสังเกตลักษณะปรากฏ การลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำจะมีทำให้เนื้อมันเทศมีสีส้มเข้มขึ้นเมื่อเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น ส่วนการลวกด้วยไมโครเวฟ

เมื่อเวลาในการลวกเพิ่มขึ้นเนื้อมันเทศจะมีสีส้มจางลงแต่จะมีความคล้ำเพิ่มขึ้น สารสีในมันเทศเนื้อสีส้มเป็นกลุ่มแคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และคลอโรฟิลล์ โดยแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยแคโรทีนและอนุพันธ์ของแซนโทฟิลล์ โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ แอนโทไซยานิน ฟลาโวน

ตารางที่ 1 ค่าสีของมันเทศที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ

เวลาการลวกในน้ำร้อน	ค่าสี				
	L*	a*	b*	C*	H°
0 วินาที	72.36±0.36 <sup>a</sup>	23.41±0.39 <sup>d</sup>	42.64±0.12 <sup>f</sup>	48.39±0.61 <sup>e</sup>	60.82±0.37 <sup>d</sup>
30 วินาที	67.68±0.04 <sup>b</sup>	28.15±0.11 <sup>a</sup>	46.57±0.06 <sup>c</sup>	54.45±0.05 <sup>b</sup>	58.78±0.05 <sup>e</sup>
60 วินาที	60.54±0.24 <sup>c</sup>	26.36±0.18 <sup>b</sup>	47.60±0.11 <sup>b</sup>	54.46±0.12 <sup>b</sup>	61.03±0.18 <sup>d</sup>
90 วินาที	55.86±0.05 <sup>f</sup>	24.12±0.21 <sup>c</sup>	47.78±0.15 <sup>b</sup>	53.45±0.32 <sup>c</sup>	63.18±0.07 <sup>c</sup>
120 วินาที	60.31±0.09 <sup>c</sup>	22.38±0.08 <sup>e</sup>	50.41±0.09 <sup>a</sup>	55.15±0.09 <sup>a</sup>	65.93±0.32 <sup>b</sup>
150 วินาที	57.32±0.67 <sup>e</sup>	19.51±0.36 <sup>f</sup>	43.66±0.13 <sup>e</sup>	47.82±0.26 <sup>f</sup>	66.06±0.08 <sup>b</sup>
180 วินาที	58.19±0.13 <sup>d</sup>	19.15±0.26 <sup>f</sup>	46.20±0.19 <sup>d</sup>	50.01±0.27 <sup>d</sup>	67.48±0.20 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ค่าสีของมันเทศที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำที่เวลาต่าง ๆ

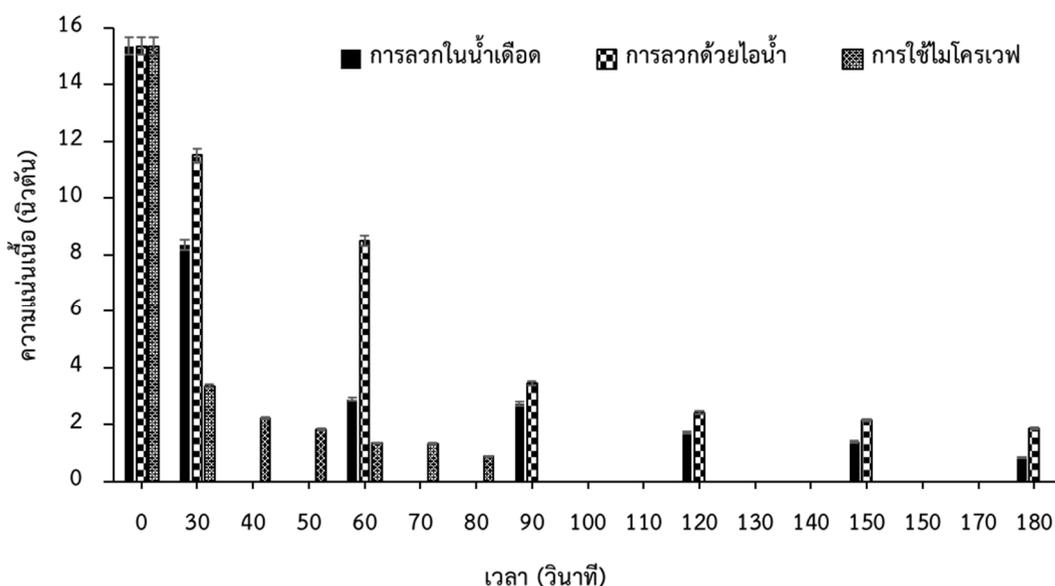
เวลาในการลวกด้วยไอน้ำ	ค่าสี				
	L*	a*	b*	C*	H°
0 วินาที	72.36±0.36 <sup>b</sup>	23.41±0.39 <sup>b</sup>	42.64±0.12 <sup>d</sup>	48.39±0.61 <sup>d</sup>	60.82±0.37 <sup>d</sup>
30 วินาที	75.21±0.00 <sup>a</sup>	26.32±0.30 <sup>a</sup>	47.60±0.15 <sup>a</sup>	54.40±0.28 <sup>a</sup>	61.07±0.20 <sup>d</sup>
60 วินาที	67.04±0.09 <sup>c</sup>	24.01±0.07 <sup>b</sup>	46.52±0.18 <sup>b</sup>	52.35±0.15 <sup>b</sup>	62.69±0.12 <sup>c</sup>
90 วินาที	64.02±0.37 <sup>d</sup>	23.58±0.62 <sup>b</sup>	46.43±0.55 <sup>b</sup>	52.08±0.75 <sup>b</sup>	62.97±0.51 <sup>c</sup>
120 วินาที	63.63±0.21 <sup>d</sup>	20.23±0.05 <sup>c</sup>	46.07±0.04 <sup>b</sup>	50.27±0.04 <sup>c</sup>	66.27±0.05 <sup>b</sup>
150 วินาที	61.68±0.34 <sup>e</sup>	16.41±0.08 <sup>d</sup>	43.03±0.54 <sup>d</sup>	46.05±0.51 <sup>f</sup>	69.12±0.26 <sup>a</sup>
180 วินาที	59.67±0.09 <sup>f</sup>	16.95±0.57 <sup>d</sup>	44.18±0.18 <sup>c</sup>	47.35±0.03 <sup>e</sup>	69.01±0.73 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3 ค่าสีของมันเทศที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟที่เวลาต่าง ๆ

เวลาในการลวกด้วยไมโครเวฟ	ค่าสี				
	L*	a*	b*	C*	H°
0 วินาที	72.36±0.36 <sup>c</sup>	23.41±0.39 <sup>b</sup>	42.64±0.12 <sup>c</sup>	48.39±0.61 <sup>b</sup>	60.82±0.37 <sup>e</sup>
30 วินาที	67.04±0.01 <sup>d</sup>	24.01±0.07 <sup>a</sup>	46.51±0.27 <sup>a</sup>	52.34±0.28 <sup>a</sup>	61.83±0.08 <sup>d</sup>
40 วินาที	65.78±0.85 <sup>e</sup>	22.22±0.14 <sup>c</sup>	43.73±0.64 <sup>b</sup>	49.10±0.60 <sup>b</sup>	62.42±0.20 <sup>c</sup>
50 วินาที	64.05±0.24 <sup>f</sup>	21.71±0.16 <sup>d</sup>	41.58±0.61 <sup>d</sup>	46.89±0.62 <sup>c</sup>	63.09±0.52 <sup>c</sup>
60 วินาที	72.45±0.20 <sup>c</sup>	18.03±0.07 <sup>e</sup>	43.94±0.11 <sup>b</sup>	47.50±0.09 <sup>c</sup>	63.78±0.34 <sup>b</sup>
70 วินาที	73.23±0.19 <sup>b</sup>	17.12±0.04 <sup>f</sup>	34.77±0.59 <sup>e</sup>	38.75±0.54 <sup>d</sup>	67.71±0.15 <sup>a</sup>
80 วินาที	75.44±0.22 <sup>a</sup>	14.22±0.08 <sup>g</sup>	35.22±0.04 <sup>e</sup>	37.99±0.04 <sup>d</sup>	68.01±0.12 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ, ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 2 ผลของการลวกด้วยวิธีที่แตกต่างต่อความแน่นเนื้อของมันเทศ

คาเทชิน และฟลาโวนอล รงควัตถุที่สำคัญในมันเทศ คือ แคโรทีนมีสีเหลืองอ่อนหรือสีครีมไปจนถึงสีส้ม และแอนโทไซยานินมีสีแดงจนถึงสีม่วง [11] แคโรทีนอยด์เป็นสารรงควัตถุสีเหลืองแดง สามารถละลายในไขมันได้ ประกอบไปด้วยคาร์บอน 40 อะตอม มีไฮโดรเจน 8

หน่วย และพันธะคู่ของคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดสี แคโรทีนอยด์มีหลายร้อยชนิดที่สามารถตรวจพบในธรรมชาติ แต่มีเพียง 24 ชนิด ที่พบในอาหาร ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ไลโคพีน เบต้าคริปโตแซนทีน ลูเทอีน และไวโอลาแซนทีน [12] การให้ความร้อนทำให้

ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคพีนลดลง การให้ความร้อนโดยการต้มจะส่งผลกระทบต่อลดลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคพีนสูงกว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ [10] การลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำค่าสีของเนื้อมันเทศมีสีส้มเข้มเมื่อเวลาการลวกเพิ่มขึ้น โดยความร้อนช่วยเพิ่มชีวประสิทธิผล (bioavailability) ของแคโรทีนอยด์ ส่งผลให้โครงสร้างของเบต้าแคโรทีนเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณการไหลเวียนของอากาศช่วยเพิ่มการสลายเบต้าแคโรทีนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างเบต้าแคโรทีนกับออกซิเจนในอากาศ [13]

### 3.3 ผลของวิธีการลวกที่ต่างกันต่อความแน่นเนื้อของมันเทศ

รูปที่ 2 แสดงผลของการลวกด้วยวิธีที่แตกต่างกันต่อความแน่นเนื้อของมันเทศ พบว่าค่าความแน่นเนื้อของมันเทศมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น โดยการลวกด้วยไมโครเวฟทำให้ค่าความแน่นเนื้อของมันเทศลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ การลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำ ตามลำดับจากการสังเกตลักษณะปรากฏการลวกด้วยไมโครเวฟจะได้เนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแห้งยุ่ย ส่วนการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำจะได้เนื้อสัมผัสที่นิ่มและฉ่ำน้ำ สอดคล้องกับการรายงานของ Olivera และคณะ [14] เนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและลวกด้วยไอน้ำมีเนื้อสัมผัสแตกต่างจากการใช้ไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากความแตกต่างของหลักการให้ความร้อนของวิธีการลวกในน้ำเดือดอาศัยน้ำเป็นตัวพาความร้อน การลวกด้วยไอน้ำใช้ไอน้ำเป็นตัวพาความร้อน ส่วนไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนได้ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนในอาหาร การลวกจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของมันเทศอ่อนตัวลงส่งผลให้ความแน่นเนื้อลดลงโดยทั่วไปความแข็งแรงด้านเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้

ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ผนังเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักเป็นเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยไม่ละลายน้ำ ประสานอยู่ร่วมกับโครงข่ายของเฮมิเซลลูโลสและเพคติน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจับยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง และสามารถต้านทานการฉีกขาดได้ ส่วนเพคตินและเฮมิเซลลูโลสให้ความเป็นพลาสติกมีความสามารถในการยืดเกาะได้ดี เพคตินมีบทบาทในการยึดเกาะระหว่างเซลล์ [15] การลวกส่งผลให้ความแข็งแรงในโครงข่ายผนังเซลล์ของมันเทศลดลง ทำให้เนื้อสัมผัสของมันเทศที่ผ่านการลวกอ่อนตัวลง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรโตเพคตินและเพคติน โปรโตเพคตินเป็นสารประกอบตั้งต้นของเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถเกิดเจลได้ เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์หรือถูกไฮโดรไลซิสจะเปลี่ยนเป็นเพคติน พบในเนื้อเยื่อในส่วนมิดเดิลลามেলা ส่วนเพคตินเป็นสารโมเลกุลใหญ่ มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ที่เชื่อมประสานกันประมาณ 200-1,000 หน่วย ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 โกลโคซิดิก ( $\alpha$ -1,4 glycosidic) ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลอิสระและหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับเมทิลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) และอาจพบน้ำตาลกาแล็กโทส อะราบิโนส และแรมโนส ที่โซ่พันธะของเพคติน กรดกาแลคทูโรนิกบางส่วนจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยหมู่เมทิลได้ ซึ่งเมทิลเลชันจะช่วยบ่งบอกสมบัติของเพคตินได้ โดยพิจารณาได้จากค่า degree of methyl esterification (DM) ที่แสดงถึงหมู่เมทิลเอสเทอร์ต่อปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 100 หน่วย เพคตินแบ่งตามระดับของเอสเทอร์ฟิเคชันได้ 2 ระดับ คือ เพกทินที่มีเมทิลเอสเทอร์สูง เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่าร้อยละ 50 เพคตินที่มีเมทิลเอสเทอร์ต่ำ เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่าร้อยละ 50 [3]

### 3.4 ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

วัตถุประสงค์หลักของการลวกเพื่อทำลายเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย เช่น เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส คือ เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำ มีความสำคัญสำหรับการลวก และใช้เป็นดัชนีบอกประสิทธิภาพของการลวก เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ง่ายและทนความร้อนมากกว่าเอนไซม์ตัวอื่น ๆ วัตถุประสงค์ประเภทผัก และผลไม้ที่จะนำไปแปรรูปด้วยการแช่เยือกแข็ง จำเป็นต้องผ่านกระบวนการลวกก่อน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการแช่เยือกแข็งไม่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น กลิ่น สี และรสชาติในระหว่างการเก็บรักษาได้ [4] เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในมันเทศมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 4,900 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน [16] กิจกรรมของเพอร์ออกซิเดสจะใช้ของผสมระหว่างไควเอคอลและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์สารละลายทั้งสองจะเตรียมแยกกันและจะผสมรวมกันทันทีก่อนที่การทดสอบจะเริ่มขึ้น ของผสมจำนวนที่เพียงพอจะถูกเติมลงในตัวอย่างแล้วคอยสังเกต หากเกิดสีน้ำตาลแดงแสดงว่ามีเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส จากผลการทดลองพบว่าเวลาในการลวกที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของการลวกในน้ำร้อน การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไมโครเวฟด้วยกำลังไฟ 800 วัตต์เท่ากับ 90, 150 และ 40 วินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง และความเข้มข้นของเอนไซม์ เมื่อเปรียบเทียบการลวกระหว่างการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำ เอนไซม์เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมี การ

เปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของเอนไซม์มีผลทำให้โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนแปลงแต่ไม่ทำลายพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะระหว่างกรดแอมิโน โมเลกุลของเอนไซม์ แต่ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างระดับต่าง ๆ ของเอนไซม์ถูกทำลาย โครงสร้างจึงเกิดการคลายตัว เปลี่ยนจากโครงสร้างเดิมตามธรรมชาติเป็นโครงสร้างใหม่ ดังนั้นการให้ความร้อนกับเนื้อมันเทศส่งผลให้เอนไซม์เสียสภาพ การสูญเสียสภาพธรรมชาติด้วยความร้อนเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ถูกทำลาย เมื่อเอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติส่งผลให้เกิดการสูญเสียสภาพในการเร่งปฏิกิริยาเคมี [3] การลวกในน้ำเดือดใช้เวลาในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสสั้นกว่าการลวกด้วยไอน้ำ เนื่องจากการลวกในน้ำเดือดมันเทศถูกจุ่มในน้ำร้อนโดยตรงทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทสู่อันเทศได้เร็วกว่าวิธีการลวกด้วยไอน้ำ ในส่วนของการใช้ไมโครเวฟแสดงให้เห็นว่าการลวกด้วยไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดี เนื่องจากการระเหยของความชื้นเนื่องจากความร้อนเฉพาะที่ การใช้ไมโครเวฟสามารถลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้มากกว่าวิธีการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำ [17]

### 3.5 ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมันเทศ

การคัดเลือกเวลาที่เหมาะสมในการลวกด้วยวิธีการลวกในน้ำเดือด ลวกด้วยไอน้ำ และลวกด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 90, 150 และ 40 วินาที ตามลำดับ เนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งลักษณะปรากฏบริเวณผิวของตัวอย่างมันเทศก่อนการลวกและมันเทศที่ผ่านการลวกด้วยวิธีการที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมันเทศที่

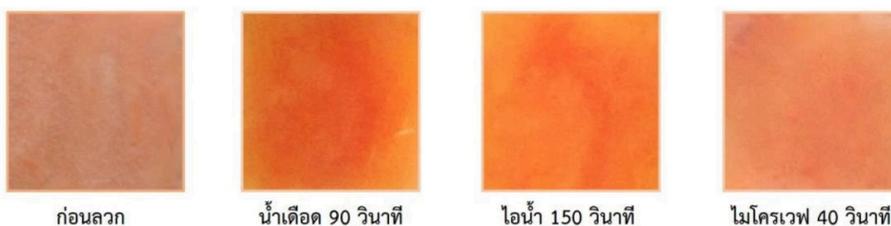
ลวกด้วยวิธีการที่แตกต่าง (ตารางที่ 5) พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของมันเทศที่ผ่านการลวกทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของมันเทศที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและลวกด้วยไอน้ำมีคะแนนใกล้เคียงกัน ซึ่งสูงกว่าการลวกด้วยไมโครเวฟ ส่วนด้านกลิ่นพบว่ามันเทศที่ผ่านการลวกทั้ง 3 วิธี มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มันเทศลวกในน้ำร้อนและมันเทศลวกด้วยไอน้ำให้กลิ่นที่คล้ายกัน คือ กลิ่นมันเทศต้มทั่วไป ส่วนมันเทศที่ลวกด้วยไมโครเวฟให้กลิ่นหอมคล้ายมันเทศปิ้ง เนื่องจากการลวกด้วยไมโครเวฟทำให้

เกิดการสูญเสียน้ำมันบางส่วนไป สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งการลวกด้วยไมโครเวฟมีแนวโน้มสูญเสียน้ำมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลวกในน้ำร้อนและการลวกด้วยไอน้ำ การเปลี่ยนแปลงของมันเทศระหว่างการใช้ไมโครเวฟ ระหว่างการให้ความร้อนมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผิวหนังของมันเทศ น้ำในเนื้อมันเทศจะระเหยออกไป เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ อาทิ มันเทศมีสีซีดลงบริเวณผิว มีกลิ่นหอมคล้ายการอบย่าง หรือคล้ายมันเทศปิ้ง ด้านเนื้อสัมผัสเมื่อเกิดการสูญเสียน้ำส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งบริเวณขอบ มีความแห้งกรอบ บริเวณตรงกลางนุ่ม

ตารางที่ 4 ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างต่อการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

วิธีการลวก	กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส						
	0 วินาที	30 วินาที	60 วินาที	90 วินาที	120 วินาที	150 วินาที	180 วินาที
น้ำร้อน	+++++	++	+	-	-	-	-
ไอน้ำ	+++++	++++	+++	++	+	-	-
วิธีการลวก	0 วินาที	30 วินาที	40 วินาที	50 วินาที	60 วินาที	70 วินาที	80 วินาที
ไมโครเวฟ	+++++	+	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : + หมายถึง เกิดสีน้ำตาลแดงในการทดสอบแสดงว่ามีการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส จำนวนเครื่องหมายมากขึ้นแสดงความเข้มของสี, - หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำตาลแดงแสดงว่าไม่มีการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส



รูปที่ 3 ลักษณะปรากฏบริเวณผิวของมันเทศก่อนและหลังการลวกด้วยวิธีที่แตกต่าง

#### 4. สรุป

การลวกเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยที่มีบทบาทสำคัญในขั้นตอนของการเตรียมมันเทศสด ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการแช่แข็ง การใช้วิธีการลวกที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อมันเทศ ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส การลวกโดยใช้ไมโครเวฟใช้เวลาในการลวกน้อยที่สุด ส่วนการลวกในน้ำเดือดและการลวกด้วยไอน้ำช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของมันเทศเนื้อสีส้มให้มีสีเข้มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลวกด้วยไมโครเวฟ เวลาที่เหมาะสมต่อการลวกมันเทศด้วยวิธีการลวกในน้ำเดือด การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 90, 150 และ 40 วินาที ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีการใช้วิธีการอื่นร่วมกับวิธีการลวกเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมันเทศให้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น อาทิ การแช่ในสารละลายแคลเซียม-คลอไรด์และเกลือแคลเซียมอื่น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแปรรูปมันเทศ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของมันเทศแช่แข็ง สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ สามารถเก็บรักษามันเทศได้นานขึ้นในฤดูกาลที่มีผลผลิตมันเทศออกมามาก ตลอดจนสามารถพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรมได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่กรุณาให้ใช้สถานที่เครื่องมือในการทดลอง และสนับสนุนงบประมาณบางส่วนในการวิจัยนี้

#### 6. รายการอ้างอิง

[1] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ, แหล่งที่มา : <http://www.doa.go.th/hortold/images/sto>

ries/academy/sweetpotato.pdf, 8 กันยายน 2560.

- [2] นรินทร์ เจริญพันธ์, ฐิติพงศ์ ปัญญาคำ และพชรกร ปัญญาคำ, 2559, การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมันเทศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตผลเกษตรท้องถิ่นของจังหวัดสระแก้ว, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว, สระแก้ว, 84 น.
- [3] นิธิยา รัตนานพนธ์, 2557, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 504 น.
- [4] เศรษฐการ นุชนิยม, 2554, การผลิตน้ำตาลสีม่วงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 19: 51-63.
- [5] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557, มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร, เล่มที่ 2, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 220 น.
- [6] Duncan, D.B., 1995, Multiple range and multiple F tests, *Biometrics* 11: 1-42.
- [7] วิชมนิ ยินยงพุทธกาล, 2556, ปัจจัยที่มีผลต่อการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้, ว.วิทยาศาสตร์บูรพา 18: 226-233.
- [8] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์, ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>, 16 กันยายน 2560.
- [9] วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, 2550, การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของมันเทศ แป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศ จากอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- [10] ณีภูวลินศล เศรษฐบุปราโมทย์, ชมิษา จินาการ และสุกัญญา วงวาท, 2557, ผลของการให้ความ

- ร้อนด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของน้ำพริกข้าวผสม  
น้ำเสาวรส, ว.วิชาการและวิจัย มทร. พระนคร  
ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5: 274-279.
- [11] กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2547, Potential uses  
of sweet potato in food industry, ว .  
วิทยาศาสตร์บูรพา 9: 81-93.
- [12] หยาดฝน ทนงการกิจ, กาญจนา นาคประสม  
และนักรบ นาคประสม, 2559, ผลของ  
กระบวนการต่อสมบัติทางกายภาพและปริมาณ  
แคโรทีนอยด์ในสีผสมอาหารธรรมชาติจากเยื่อ  
หุ้มเมล็ดพริกข้าว, ว.เทคโนโลยีการอาหาร  
มหาวิทยาลัยสยาม 11: 47-57.
- [13] พจนา สีมันตร, อัญมณี อารุชานนท์, ธรธ อัมพล  
และภูเบศร์ คล้อยสวาท, 2557, การเปลี่ยนแปลง  
สีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในพริกทองปรงสุก  
, แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ) 3: 870-875.
- [14] Olivera, D.F., Vina, S.Z., Marani, C.M.,  
Ferreyra, R.M., Mugridge, A., Chaves, A.R.  
and Mascheroni, R.H., 2008, Effect of  
blanching on the quality of Brussels  
sprouts (*Brassica oleracea* L. *gemmifera*  
DC) after frozen storage, J. Food Eng. 84:  
148-155.
- [15] Sila, D.N., Smout, C., Vu, S.t., Loey, A.V.  
and Hendrickx, M., 2005, Influence of  
pretreatment conditions on the texture  
and cell wall components of carrots  
during thermal processing, J. Food Sci. 70:  
E85-E91.
- [16] Leon, J.C., Alpeeva, L.S., Chubar, T.A.,  
Galaev, I.Y., Csoregi, E. and Sakharov, I.Y.,  
2002, Purification and substrate specificity  
of peroxidase from sweet potato tubers,  
Plant Sci. 163: 1011-1019.
- [17] Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D. and  
Bognar, A., 2002, Microwave blanching of  
vegetables, J. Food Sci. 67: 390-398.