วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30:2 (68-77)

# การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก

# Changes in Fruit Physiological and Antioxidant Activity in 'Mahachanaka' Mango

**นวลอนงค์ ปุเรนเต[1] และลำแพน ขวัญพูล[1]**

## บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะสุกแตกต่างกัน โดยแบ่งตามสีผิวผล คือผิวผลสีม่วงแดงและสีเหลือง พบว่าในเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ มากกว่าในเนื้อถึง 4 เท่า เมื่อใช้ปริมาณสารสกัด 0.175 มิลลิลิตร สอดคล้องกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าในเปลือกของมะม่วงทั้งสองระยะมีกิจกรรมมากกว่าในเนื้อโดยมีค่าประมาณ 1.50 มิลลิกรัม DPPH/กรัมน้ำหนักสด ขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะการสุก โดยมีค่าประมาณ 0.46 มิลลิกรัม DPPH/กรัมน้ำหนักสด เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพในการรับประทาน พบว่าสีของเนื้อมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่า L* (ความสว่าง) และค่า chroma มากกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง แต่กลับพบว่าค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง) มีค่าต่ำกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง ส่วนค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) และค่า hue ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างระยะการสุก สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำในมะม่วงทั้งสองระยะการสุกไม่พบความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.26 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แต่พบว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำคั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะการสุก โดยพบว่าในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง มีค่าเท่ากับ 0.31% ซึ่งมากกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองที่มีค่าเท่ากับ 0.16% จึงทำให้ระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีค่าอัตส่วน TSS/TA มากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงประมาณ 2 เท่า

**คำสำคัญ** : มะม่วง, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

## Abstract

Changes in fruit physiological and antioxidant activity in 'Mahachanaka' mango at different ripeness stages based on skin color; red purple and yellow skin were studied. The results showed that, percentage of free radical inhibition in the peel was 4 times higher than in the pulp at 0.175 ml of the extracts. It was in accordance with antioxidant activity, the peel had about 1.50 mg DPPH/g FW while it showed only 0.46 mg DPPH/g FW in the pulp. Changes in fruit physiological and eating quality parameter were also recorded. The pulp of red purple skin had high L* (lightness) and chroma values, but lower in a* (redness) values than the yellow skin. None significantly different between ripeness stages were found in b* (yellowness) and hue angle values. The red purple skin had significant highly in pulp firmness than yellow skin approximately 0.64 N. The total soluble solid content showed no significantly different between ripeness stages, it was approximately 11.26 %brix. Significant difference between ripeness stages was found in titratable acidity content, higher in red purple skin (0.31%) than in the yellow skin (0.16%). Thus, TSS/TA ratio in yellow skin was 2 times higher than in red purple skin.

**Keyword** : Mango, Total soluble solids, Antioxidant activity

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ปัจจุบันสารต้านออกซิเดชันจัดเป็นสารที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระด้วยคุณสมบัติที่สำคัญของสารประเภทนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์พยายามค้นคว้าหาแหล่งของสารต้านออกซิเดชันใน พืช ผัก ผลไม้ที่บริโภคกันเป็นประจำ เพื่อนำมาสกัดและประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป ทำให้กระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเกิดการค้นคว้าวิจัยหาสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะจากผักและผลไม้ เช่น การศึกษาวิธีการสกัดและประเมินคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนเนื้อและเมล็ดของมะขาม มะม่วง ขนุน และลำไย (Soong and Barlow, 2004) การศึกษาการเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้เหลือทิ้งสิบชนิด คือ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ กล้วยน้ำว้า มะไฟ แตงโม สับปะรด แคนตาลูป มะละกอ มะม่วงดิบ และมะม่วงสุก (ปฏิวิทย์ และคณะ, 2554) และการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงฟ้าลั่น (ปรางค์ทิพย์ และพธินิตร, 2551) เป็นต้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกัน และชะลอการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ระบบกำจัดอนุมูลอิสระที่เรียกว่าระบบต้านอนุมูลอิสระประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase; POD) โดยเอนไซม์ทั้งสองชนิดเกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอล ซึ่งสารประกอบฟีนอลเป็นสารที่พบมากที่สุดในพืช (Robards *et al*., 1999) และมีบทบาทอย่างมากในการต่อต้านการเกิดสารอนุมูลอิสระที่อาจเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและมะเร็ง (อุษาวดี และนิธิยา, 2549) สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ ซิลิเนียม แอนโทไซยานิน เบต้าแคโรทีน สารพฤกษเคมีต่างๆ (phytochemicals) เช่น สารประกอบโพลีฟี-นอล (polyphenol) และไอโซฟลาโวน (isoflavones) เป็นต้น ซึ่งสารสำคัญข้างต้นมักพบในผักและผลไม้ที่มีสีเข้มไม่ว่าจะเป็นคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นสารที่พบได้ในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช มีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดการดูดซึมของสารก่อมะเร็ง (จริงแท้, 2550) หรือในผักและผลไม้ที่มีสีแดง ส้ม และเหลือง เนื่องจากมีสารสีแคโรทีนอยด์ โดยมีศักยภาพต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นตัวก่อมะเร็ง และโรคหัวใจ (นูรีดาน, 2551) และแอนโทไซยานิน ซึ่งสามารถพบได้ในส่วนดอกและผลที่มีสีม่วงและแดง

สำหรับมะม่วงพันธุ์มหาชนกจัดได้ว่าเป็นพันธุ์ที่ส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศเป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากมีผิวผลสีแดงเมื่อผลบริบูรณ์เต็มที่ และสีเหลืองสวยงามเมื่อเกิดการสุก พบว่ามะม่วงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากการที่มีวิตามินซีค่อนข้างสูง ซึ่งมีมากกว่ามะนาวถึง 3 เท่า (และยังมีคุณสมบัติ reducing glucids ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าเรียบลื่นนุ่มชุ่มชื้น ยังช่วยกำจัดเซลล์ที่ตายแล้ว จึงช่วยทำให้ผิวหน้าสดใส ในมะม่วงยังมีสารจำพวกน้ำตาลร่วมกับกรดอะมิโนที่จะช่วยคงความชุ่มชื้นไว้ที่ชั้นของผิวหนัง) นอกจากนี้ยังพบว่าวิตามินเอ และซีในมะม่วงยังช่วยกำจัดเซลล์ที่ตายแล้วและทำให้ผิวหน้าคงสภาพความอ่อนเยาว์ลบรอยเหี่ยวย่นได้ดี (สุกานดา, 2533) โดยทั่วไปในการสกัดตัวอย่างน้ำมะม่วงต้องใช้ความร้อนร่วมด้วยเนื่องจากมีลักษณะเนื้อแขวนลอย คงตัว เกิดการตกตะกอนได้ช้า (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2555) อย่างไรก็ตามมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิในการสกัด ระยะเวลาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบชา พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ และใช้เวลาในการชงชาเขียว ชาอูหลง และชาดำนานขึ้น ทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงขึ้น (วุฒิชัย และอรพรรณ, 2549) ขณะที่การศึกษาในใบบัวบกพบว่า สภาวะในการสกัดปริมาณ โพลีฟีนอลโดยรวม และสารต้านอนุมูลอิสระคือการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง (Chew *et al*., 2011) อย่างไรก็ตามการศึกษากิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนกระหว่างที่ผลเกิดการสุกยังไม่มีการศึกษามาก่อน ซึ่งการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระหว่างการสุกของผลและกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในมะม่วงพันธุ์มหาชนก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการบริโภคผลไม้ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะมะม่วงพันธุ์มหาชนกทั้งตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ และเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะม่วงพันธุ์มหาชนกในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระยะการสุกและส่วนของเนื้อเยื่อต่อศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ**

ทำการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่บริบูรณ์เต็มที่มีความสม่ำเสมอทั้งขนาด สีผล และไม่มีโรคเข้าทำลาย ปล่อยให้ผลเกิดการสุกที่อุณหภูมิห้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือผิวผลสีม่วงแดงและสีเหลือง(หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 4 วัน ตามลำดับ) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 3 ผล (แต่ละทรีตเมนต์ใช้มะม่วงทั้งหมด 15 ผล) โดยแบ่งทรีตเมนต์ของการทดลองได้ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เนื้อมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง
ทรีตเมนต์ที่ 2 เนื้อมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง
ทรีตเมนต์ที่ 3 เปลือกมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง
ทรีตเมนต์ที่ 4 เปลือกมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง

ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ในตัวอย่างเปลือกและเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Murakami *et al*. (2004) โดยนำเปลือก 0.3 กรัม และเนื้อ 3 กรัม ตวงใส่บีกเกอร์ เติมแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บดละเอียด จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปบ่มโดยใช้ในตู้อบ Heraeus ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของสารสกัดเท่ากับ 45±2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พร้อมกับคนตัวอย่างทุก 20 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman #1 จากนั้นปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูล-อิสระ DPPH โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.08 มิลลิโมลาร์ โดยเตรียมจากความเข้มข้นเริ่มต้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ด้วยการเจือจางด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรในแต่ละหลอดให้เป็น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐาน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (มิลลิโมลาร์)

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างเปลือกและเนื้อของมะม่วงมหาชนก มาทำการเจือจางด้วยแอลกอฮอล์ต่างๆ 7 ระดับ ตั้งแต่ 0.025-0.175 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 5.4 มิลลิลิตร ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และเตรียมปฏิกิริยาควบคุม (control) โดยใช้แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัด นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[ 1- \left[ \frac{[\text{DPPH}]_T}{[\text{DPPH}]_{T=0}} \right] \right] \times 1$$

โดยที่ $[\text{DPPH}]_T$ = ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH ของตัวอย่างสารสกัด

$[\text{DPPH}]_{T=0}$ = ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH ของปฏิกิริยาควบคุม (control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant activity)

จากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การทำลายสารอนุมูลอิสระ DPPH ทำการบันทึกค่าความเข้มข้นของปริมาณตัวอย่างที่ทำให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมีค่าเท่ากับ 50% (ค่า $EC_{50}$) มาคำนวณค่า $1/EC_{50}$ โดยใช้สมการเส้นตรง จากการเขียนกราฟระหว่างปริมาตรตัวอย่างสารสกัด (แกน x) และเปอร์เซ็นต์การทำลายสารอนุมูลอิสระ DPPH (แกน y) ซึ่งค่า $1/EC_{50}$ จะใช้ในการประเมินศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กล่าวคือหากตัวอย่างหรือทรีตเมนต์ใดที่มีค่า $1/EC_{50}$ สูง แสดงว่ามีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าทรีตเมนต์ที่มีค่า $1/EC_{50}$ ต่ำ

**การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะการสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพในการรับประทาน**

นำผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ปล่อยให้เกิดการสุกที่อุณหภูมิห้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะการสุก คือระยะผิวผลสีม่วงแดง และสีเหลือง สำหรับการวัดคุณภาพในการรับประทาน ซึ่งทำการศึกษาเฉพาะในส่วนของเนื้อมะม่วงทั้งสองระยะ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 2 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 3 ผล (แต่ละทรีตเมนต์ใช้มะม่วงทั้งหมด 15 ผล) โดยแบ่งทรีตเมนต์ของการทดลองได้ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เนื้อมะม่วงในระยะสุกผิวผลสีม่วงแดง

ทรีตเมนต์ที่ 2 เนื้อมะม่วงในระยะสุกผิวผลสีเหลือง

ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. สีเนื้อ

ทำการวัดสีของเนื้อผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกแต่ละผล โดยใช้เครื่องวัดสี color flex spectrophotometer และรายงาน เป็นค่า L*a*b* color space , ค่า Chroma และ Hue angle โดยวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือด้านขั้วผล กลางผล และปลายผล โดยทำการวัดตำแหน่งละ 2 จุดซึ่งอยู่ตรงข้ามกัน ค่าที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าความสว่างของสี (L) ค่าสีเขียว (-a) หรือค่าสีแดง (+a) ค่าสีน้ำเงิน (-b) หรือค่าสีเหลือง (+b) ค่า Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีซีดหรือเป็นสีเทา ค่าเข้าใกล้ 60 แสดงว่าวัตถุมีสีเข้ม และค่า Hue angle ถ้าค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว โดยคำนวณหาค่า Chroma และ Hue angle จากสมการดังนี้

โดย Chroma $= (a^2+b^2)^{1/2}$

Hue angle = arctangent (b/a) เมื่อ a>0 และ b<0

= arctangent (b/a) +180° เมื่อ a<0

= arctangent (b/a) +360° เมื่อ a>0 และ b<0

2. ความแน่นเนื้อของผล (firmness)

โดยใช้เครื่อง penetrometer ซึ่งมีหัวกด (plunger) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกลึก 0.5 เซนติเมตร ทั้งสองด้านของแก้มผล โดยรายงานหน่วยเป็นนิวตัน (newton; N)

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solid; TSS)

นำเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนกหนัก 5 กรัม มาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำมาคั้นน้ำออกใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำด้วย Hand Refractometer ซึ่งผ่านการปรับให้เป็นศูนย์ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นหยดตัวอย่างน้ำคั้น 1-2 หยด ลงบน Hand Refractometer แล้วอ่านค่าเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%brix)

4. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity; TA)

นำน้ำคั้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 5 มิลลิลิตร หยดสารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไตเตรทด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(sodium hydroxide; NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติ end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูจาง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงภายใน 30 วินาที) บันทึกปริมาตรของสารละลายด่างที่ใช้ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดที่ไตเตรทได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดที่ไตเตรทได้} = \frac{(\text{N base} \times \text{มิลลิลิตร Base} \times \text{meq.wt. ของกรดมาลิก}) \times 100}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของ NaOH คือ 0.1 นอร์มอล

มิลลิลิตร Base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt ของกรดมาลิก = 0.067

5. ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำกับปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA ratio)

## ผลการทดลอง

**1. ผลของระยะการสุกและส่วนของเนื้อเยื่อต่อศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ**

1.1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของมะม่วงทั้งสองระยะพบว่าในเปลือกของมะม่วงทั้งสองระยะมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าในเนื้อประมาณ 4 เท่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างส่วนของเปลือกและส่วนของเนื้อในทุกปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ (ตั้งแต่ 0.025-0.175 มิลลิลิตร) โดยในเปลือกระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 74.53% ซึ่งมากกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 73.30% แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่ในส่วนเนื้อของมะม่วงทั้งสองระยะมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันโดยมีค่าประมาณ 20.32% เมื่อใช้ปริมาตรสารสกัด 0.175 มิลลิลิตร และพบว่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดที่เพิ่มขึ้น (Table 1)

**Table 1** Percentage of free radical inhibition in peel and pulp of 'Mahachanaka' mango from different ripeness stages.

| Ripening stage (Fruit issue) | Percentage of free radical inhibition (milliliters of extraction volume) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.025 | 0.050 | 0.075 | 0.100 | 0.125 | 0.150 | 0.175 |
| red purple skin (pulp) | 3.68c | 6.56c | 9.95b | 12.04b | 15.31b | 18.23c | 20.32c |
| yellow skin (pulp) | 3.64c | 6.46c | 9.93b | 12.24b | 14.93b | 17.89c | 20.32c |
| red purple skin (peel) | 5.55b | 15.15b | 27.06a | 37.16a | 54.51a | 58.15b | 73.30b |
| yellow skin (peel) | 6.49a | 16.38a | 27.20a | 37.46a | 53.85a | 60.84a | 74.53a |
| *f*-test | * | * | * | * | * | * | * |
| C.V. (%) | 6.31 | 2.43 | 1.65 | 2.64 | 2.36 | 0.98 | 0.43 |

* = significantly different at $P \leq 0.05$

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Turkey

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การศึกษากิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในมะม่วงที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH โดยคิดจากค่า $1/EC_{50}$ จากการศึกษาพบว่าระยะการสุกของผลมะม่วงทั้งสองระยะมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อศึกษาจากส่วนของเนื้อเยื่อชนิดเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะการสุกเดียวกันแต่แยกส่วนระหว่าง ส่วนของเปลือกและเนื้อ พบว่าในส่วนของเปลือกมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าในส่วนของเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไม่ว่าจะวัดจากผลสุกผิวผลสีม่วงแดงหรือผลสุกผิวผลสีเหลืองก็ตาม โดยในส่วนของเปลือกมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าในส่วนของเนื้อประมาณ 1.0 mg DPPH/g FW โดยมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันประมาณ 1.50 mg DPPH/g FW ในส่วนของเปลือก และในส่วนของเนื้อมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ค่าประมาณ 0.46 mg DPPH/g FW (Figure 1)

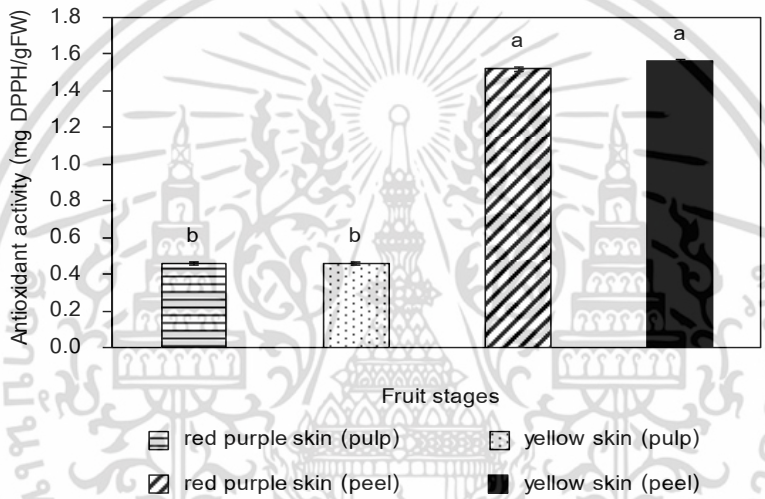


**Figure 1** Antioxidant activity in peel and pulp of 'Mahachanaka' mango from different ripeness stages.

**2. ผลของระยะการสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และคุณภาพในการรับประทาน**

2.1 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อในมะม่วงทั้งสองระยะ พบว่ามะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่าความสว่าง (L*) ประมาณ 64.76 ส่วนมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีค่า L* ประมาณ 62.17 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) สำหรับค่า a* พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่า a* ประมาณ 20.62 ส่วนมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีค่า a* ประมาณ 22.73 (Table 2) ขณะที่ค่า b* พบว่ามะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่ามากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองโดยมีประมาณ 56.72 และ 56.32 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในมะม่วงทั้งสองระยะ (Table 2)

สำหรับค่า chroma ของสีเนื้อในมะม่วงทั้งสองระยะการสุกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในระยะสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่ามากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองโดยมีค่าเท่ากับ 70.03 และ 68.02 ตามลำดับ และค่า hue angle พบว่าในส่วนของเนื้อทั้งสองระยะมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 60.35 และ 60.74 ในเนื้อระยะสุกผิวผลสีม่วงแดง และระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง ตามลำดับ (Table 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2** Changes in L* (lightness), a*(red), b*(yellow), chroma and hue angle values in pulp of 'Mahachanaka' mango from different ripeness stages.

| Ripeness stages | Color indices | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | L* value | a* value | b* value | chroma value | hue angle |
| red purple skin | 64.76a | 20.62b | 56.72a | 70.03a | 60.35a |
| yellow skin | 62.17b | 22.73a | 56.32a | 68.02b | 60.74a |
| *t*-test | * | * | ns | * | ns |
| C.V. (%) | 1.24 | 3.97 | 1.49 | 1.70 | 0.86 |

* = significantly different at $P \leq 0.05$

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Turkey

2.2 ความแน่นเนื้อ

เมื่อวัดค่าความแน่นเนื้อในมะม่วงทั้งสองระยะ พบว่ามะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.18 นิวตัน ส่วนในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองพบว่ามีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 4.54 นิวตัน ซึ่งจากค่าที่บันทึกได้พบว่าผลมะม่วงในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่ามากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองประมาณ 0.64 นิวตัน แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าความแน่นเนื้อของมะม่วงทั้งสองระยะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

**Table 3** Firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS/TA ratio of 'Mahachanaka' mango from different ripeness stages.

| Ripeness stages | Quality parameters | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Firmness (N) | TSS (%brix) | TA (%) | TSS/TA ratio |
| red purple skin | 5.18a | 11.14a | 0.31a | 36.30b |
| yellow skin | 4.54a | 11.39a | 0.16b | 68.81a |
| *t*-test | ns | ns | * | * |
| C.V. (%) | 16.12 | 7.85 | 14.01 | 17.38 |

* = significantly different at $P \leq 0.05$ and ns = not significantly different at $P \leq 0.05$

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Turkey

2.3 คุณภาพในการรับประทาน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในการรับประทาน พบว่าในมะม่วงทั้งสองระยะมีค่า TSS มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงและระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีค่า TSS เฉลี่ยประมาณ 11.14 และ 11.39%brix (Table 3) สำหรับปริมาณ TA ที่ได้จากการไตเตรทน้ำคั้นของตัวอย่างมะม่วง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงมีค่า TA เท่ากับ 0.31% ซึ่งมากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองที่มีค่าเท่ากับ 0.16% ถึง 2 เท่า และเมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ TSS/TA ซึ่งเป็นค่าคุณภาพในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับประทานโดยรวม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมะม่วงระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง มีค่า TSS/TA มากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงถึง 2 เท่า โดยมีค่าเท่ากับ 68.81 และ 36.3 ในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองและระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงตามลำดับ (Table 3)

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของระยะการสุกและส่วนของเนื้อเยื่อต่อศักยภาพในเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีการสุก 2 ระยะ คือ ระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง และระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง พบว่าในเปลือกทั้งสองระยะการสุกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าในเนื้อถึง 4 เท่า โดยที่ในเปลือกระยะผลสุก ผิวผลสีเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงเล็กน้อย ขณะที่ในเนื้อทั้งสองระยะการสุกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานที่ว่าในเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี โดย Larrauri *et al*. (1997) พบว่าเส้นใยของเปลือกมะม่วงมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าวิตามินอี (DL-$\alpha$-tocopherol) ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกมะม่วงประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบแคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Ajila *et al.*, 2007) ซึ่งแอนโทไซยานินและแคโรทีนอยด์เป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่ถูกค้นพบว่ามีคุณสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระได้อย่างดี (นูรีดาน, 2551) ขณะที่พงศธร และคณะ (2551) พบว่าในเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุด สอดคล้องกับรายงานของ Ajila และคณะ (2007) ที่พบว่าเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าในเปลือกมะม่วงระยะผลบริบูรณ์ และพบว่าสารสกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์ Raspuri มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี และสารสกัดจากเปลือกมะม่วงสุกยังมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี นอกจากนี้ Berardini *et al*. (2005) ได้รายงานว่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันในเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด และยังมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดเช่นกัน (พงศธร และคณะ, 2551) ซึ่งกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันเส้นเลือด โรคเบาหวาน และโรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น (โอภา และคณะ, 2549) จึงทำให้ทราบว่าในส่วนของเปลือกมะม่วงมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าในเนื้อ แต่ทั้งสองระยะไม่มีความแตกต่างกันของกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ยังเป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อทำให้ทราบถึงคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันที่พบในมะม่วงที่มีระยะการสุกของผลแตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกระยะการสุกที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์จากมะม่วงพันธุ์มหาชนกให้ได้ประโยชน์สูงสุด ทั้งในการบริโภคสด หรือแปรรูป เช่น การนำมะม่วงพันธุ์มหาชนกไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือเครื่องสำอางต้านออกซิเดชัน ซึ่งอาจช่วยชักจูงให้ผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์จากมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพิ่มมากขึ้น มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกร จากที่ปลูกเพื่อเพียงให้ร่มเงา หรือบริโภคภายในครัวเรือน นอกจากนี้ยังอาจช่วยลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและผลไม้จากต่างประเทศ และสามารถส่งเสริมให้เป็นผลไม้ส่งออกอันดับต้น ๆ อีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย

จากการศึกษาสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง และระยะผลสุกผิวผลสีเหลือง ในส่วนเนื้อมะม่วงพบว่ามีการพัฒนาสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อการสุกมากขึ้น โดยสอดคล้องกับการลดลงของค่าความสว่าง (L*) ถึงแม้ว่าค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จะไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะการสุกของผล แสดงว่าเนื้อมะม่วงสุกจะมีความสว่างลดลงทำการพัฒนาสีแดงหรือสีเหลืองมีความโดดเด่นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่เห็นได้ด้วยตา (ปรางค์ทิพย์ และพธินิตร, 2551) โดย Tucker (1993) ได้รายงานว่าสีเปลือกและสีเนื้อของผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อมะม่วงมีอายุของผลเพิ่มขึ้น เป็นเพราะว่าในระหว่างการสุกของผลมะม่วงมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์เบต้าแคโรทีนมากขึ้น และเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์มากขึ้นเช่นกัน โดยจะเห็นได้จากสีเนื้อของผลมะม่วงที่มีการเปลี่ยนสีจากสีขาวครีมเป็นสีเหลืองและสีเหลืองเข้ม ซึ่งให้ผลการศึกษาคล้ายคลึงกับมะม่วงหลายสายพันธุ์ เช่น Carabao และ Tommy Atkins (Lizada, 1991) อีกทั้งยังพบว่าเมื่อผลมะม่วงที่มีระยะการสุกเพิ่มขึ้นเนื้อสัมผัสมีความแน่นเนื้อลดลง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

ในส่วนของปริมาณ TSS พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณ TA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ TSS/TA ซึ่งเป็นค่าคุณภาพในการรับประทานโดยรวม พบว่ามะม่วงระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีค่า TSS/TA มากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง จากการศึกษาของจริงแท้ (2538) พบว่ามะม่วงทุกระยะความแก่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Lizada (1993) ที่ได้รายงานว่ามะม่วงเป็นผลไม้ประเภทบ่มสุก ซึ่งในระหว่างการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีภายในผลหลายอย่างเกิดขึ้น เช่นการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล ขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้นั้นจะมีปริมาณลดลงระหว่างการสุก โดยกรดส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจและสร้างน้ำตาล จึงทำให้พบการลดลงของกรดที่ไตเตรทได้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลระหว่างการสุก (Medlicott and Thompson, 1985) ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพในการรับประทานในระหว่างการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกระยะการสุกที่เหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ให้ได้สูงสุดทั้งในการบริโภคสดหรือแปรรูป

## สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนก สรุปได้ว่า

1. ในเปลือกของมะม่วงทั้งสองระยะการสุกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าในเนื้อถึง 4 เท่าเมื่อใช้ปริมาณสารสกัด 0.175 มิลลิลิตร
2. ในเปลือกระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดง
3. มะม่วงระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีความเหมาะสมสำหรับการบริโภคสดหรือแปรรูปมากกว่าผลสุกผิวผลสีม่วงแดง
4. มะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะผลสุกผิวผลสีเหลืองมีคุณภาพในการรับประทานโดยรวม (TSS/TA ratio) มากกว่าในระยะผลสุกผิวผลสีม่วงแดงถึง 2 เท่า

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยด้วยงบประมาณเงินรายได้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ นครปฐม.

นูรีดาน ดอแล. 2551. เบต้าแคโรทีน พืชผักสีเหลือง. โปรแกรมวิชา ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. มหาชนก. [Online]. Available: http://www.thaihealth.or.th/healthcontent/article/6617 (17 พฤษภาคม 2553).

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย ทิพวรรณ ผาสกุล และราตรี มงคลไทย. 2554. เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 42(2)(พิเศษ): 385-388.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรางค์ทิพย์ ไชยสรณะ และพธินิตร พันธุ์สุวรรณ. 2551. ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงฟ้าลั่น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และศศิธร ตรงจิตภักดี. 2551. ผลของระยะการเจริญเติบโตต่อปริมาณสารพฤกษเคมี คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกมะม่วงสายพันธุ์มหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3): 279-282.

วุฒิชัย นาครักษา อรพรรณ บุญวิธวาเจริญ. 2549. ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารต้านนออกซิเดชันในน้ำชา. ว. พระจอมเกล้าลาดกระบัง. 14(2): 8-16.

สุกานดา ป่านเพชร. 2533. ต้อนรับเทศกาลมะม่วง ประโยชน์เหลือเชื่อ!. [Online]. Available: http://www.oknation.net/blog/sukanda/2010/01/31/entry-1. (12 กรกฎาคม 2554).

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน). 2555. กระบวนการแปรรูปผลไม้.สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร. ผลของการใช้ความร้อนในการสกัดมะม่วง. [Online]. Available: http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process_fruit_juice.html#top. (7 มีนาคม 2555).

อุษาวดี ชนสุต และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์ พอลีฟีนอลออกซิเดสของผลมะเขือ 16 สายพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 37(5): 15-18.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2549. สารต้านออกซิเดชัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Ajila, C.M., Bhat, S.G. Pasada Rao, U.J.S. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. Food. Chem. 102: 1006-1011.

Berardini, N., R. Fezer, J. Conrad, U. Beifuss, R. Carle and A. Schieber. 2005. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol *O*- and xanthone *C*-glycosides, anthocyanins and pectin. J. Agric. Food. Chem. 53: 1563–1570.

Chew, K. K., Ng, S. Y., 1Thoo, Y. Y., Khoo, M. Z., Wan Aida, W. M. and Ho, C. W. 2011. Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. Int. Food. Res. J. 18: 571-578.

Larrauri, J.A., P. Rupe'rez and F. Saura-Calixto. 1997. Mango peel fibres with antioxidant activity. Eur. Food. Res. Technol. 205:39-42.

Lizada, M.C.C. 1991. Postharvest physiology of the mango: A Review. Acta Hort. 291: 411-412.

Lizada, M.C.C. 1993. Mango. p. 255-271. *In* G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucker (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman & Hall, London.

Medticott, A.P. and A.K Thompson. 1985. Analysis of sugars and organic acid in ripening mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. J. Sci. Food. Agric. 36: 561-566.

Murakami, M., Yamaguchi T., Takamura H., A*na* T. Matoba. 2004. Effects of thermal treatment on radical-scavenging activity of singleand mixed polyphenolic compounds. Food. Chem. and Toxicology. 69: FCT7-FCT10.

Robards, K., P.D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang and W. Glover. 1999. Phenolic compoounds and their role in oxidative processes in fruits. Food. Chem. 66: 401-436.

Soong, Y.Y., P.J. Barlow. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. Food. Chem. 88:411-417.

Tucker, G. A. 1993. Biochemistry of fruit ripening, pp. 1–51. Chapman & Hall, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้