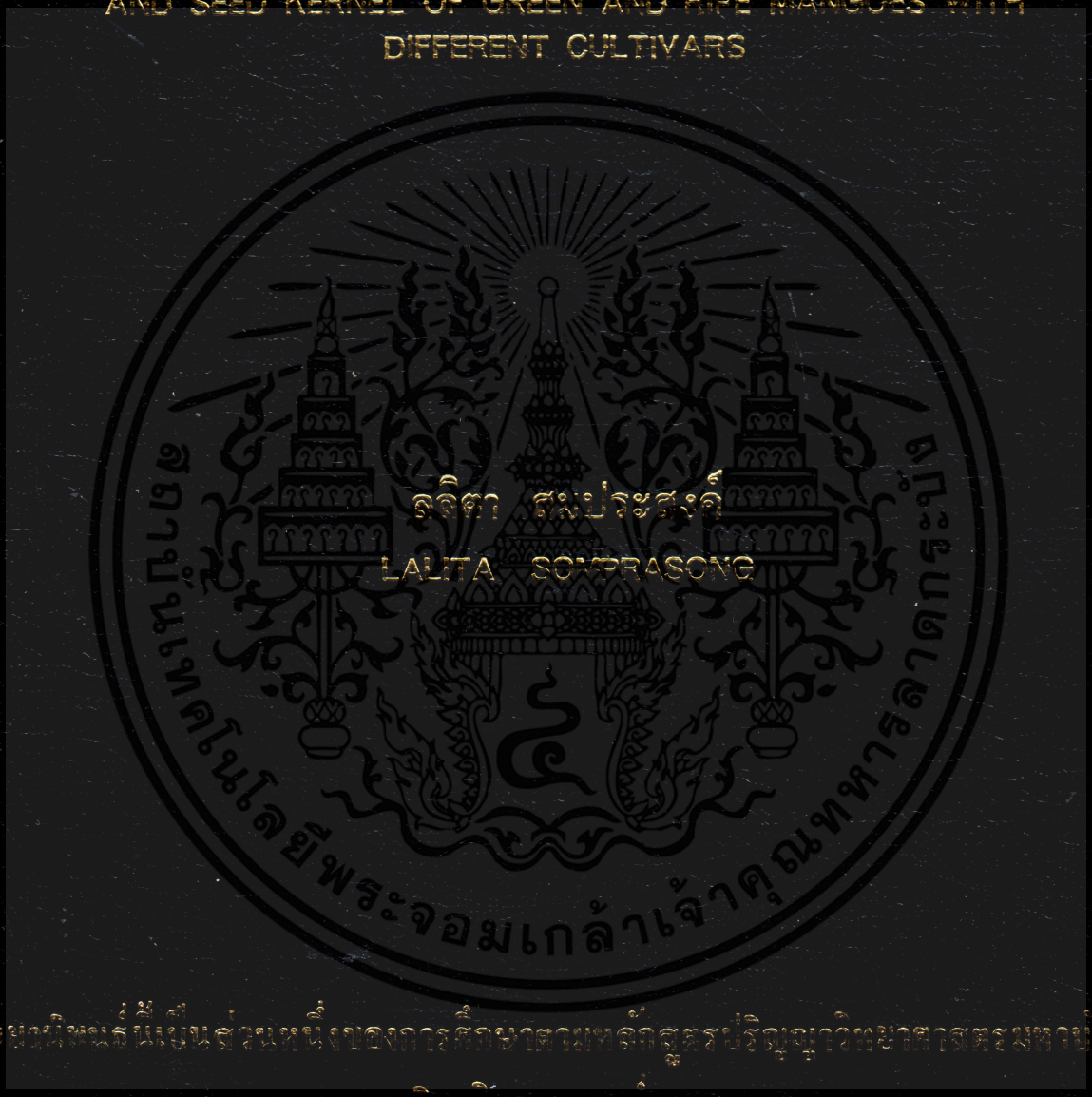
การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดใน มะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ

COMPARATIVE STUDY ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PEEL, PULP AND SEED KERNEL OF GREEN AND RIPE MANGOES WITH DIFFERENT CULTIVARS



ลลิตา สมประสงค์

LALITA SOMPRASONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-055

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดใน มะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ

COMPARATIVE STUDY ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PEEL, PULP AND SEED KERNEL OF GREEN AND RIPE MANGOES WITH DIFFERENT CULTIVARS

T105542

ลลิตา สมประสงค์

LALITA SOMPRASONG

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105542
วัน,เดือน,ปี 26 พ.ย. 2552

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

KMITL-2009AI-M-053-055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARATIVE STUDY ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PEEL, PULP AND SEED KERNEL OF GREEN AND RIPE MANGOES WITH DIFFERENT CULTIVARS

LALITA SOMPRASONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

KMITL-2009AI-M-053-055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ

Comparative Study on Antioxidant Properties of Peel, Pulp and Seed Kernel of Green and Ripe Mangoes with Different Cultivars

ชื่อนักศึกษา นางสาวลลิตา สมประสงค์

รหัสประจำตัว 49068510

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์อาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	
ดร.ยุพร พืชกมุทร	
รศ.อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 13 ตุลาคม 2552 เวลา 12.00-14.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

รักษาการแทนคณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 21 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** 2552

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 26 เดือน ต.ค. พ.ศ. 52
ลงชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบเปลี่ยนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดใน มะม่วงดิบและสุก สายพันธุ์ต่างๆ
นักศึกษา	นางสาว ลลิตา สมประสงค์
รหัสประจำตัว	49068510
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

บทคัดย่อ

มะม่วง (*Mangifera indica* L., Anacardiacea) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมบริโภคและมีผลผลิตเป็นอันดับที่ 5 ของผลิตผลผลไม้ทั้งหมดในโลก ในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากมะม่วง เช่น เนื้อมะม่วงบด น้ำมะม่วงเข้มข้น ซอสมะม่วง มะม่วงหั่นชิ้นในน้ำเชื่อม มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง และมะม่วงกวน มีเปลือกและเมล็ดเป็นของเหลือทิ้ง มะม่วงยังเป็นแหล่งของสารพฤษเคมีที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดั้งนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ เปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย (เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และแก้ว) ทั้งผลดิบและผลสุก จากการศึกษาพบว่าเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือก และ เนื้อ โดยมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 29.67 – 167.83, 22.11 – 47.77 และ 0.24 – 2.07 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ มีค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 28.66-71.59, 8.95 -19.51 และ 0.19-0.99 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ และมีค่าความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 17.48 – 90.08, 8.96 – 26.73, และ 0.28-1.61 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงโชคอนันต์ ที่ทั้งสองระดับความสุกจะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด สำหรับเปลือกและเนื้อมะม่วงสุกทุกสายพันธุ์ จะมีแนวโน้มของความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่า เปลือก และเนื้อมะม่วงดิบ จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธีคือ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของสารสกัดจากมะม่วงทุกสายพันธุ์ พบว่ามีความสัมพันธ์ลักษณะแปรผันตามในระดับสูง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามะม่วงโดยเฉพาะเปลือกและเมล็ดใน เป็นแหล่งของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Comparative study on antioxidant properties of peel, pulp and seed kernel of green and ripe mangoes with different cultivars
Student	Miss Lalita Somprasong
Student ID.	49068510
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2009
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Praphan Pinsirodom

ABSTRACT

Mango (*Mangifera indica* L., Anacardiacea) is an important tropical fruit in the world was ranked in the fifth produce of fruit production . After processing of mango products, such as mango puree, mango juice concentrate, mango sauce, mango slices in syrup, dried mango, and mango candy, peel and seed are of major by-products. It has been reported that mangoes are sources of valuable phytochemicals with antioxidant properties. In this study, antioxidant properties of peel, pulp and seed kernel of green and ripe mangos of 6 cultivars (Khiew Sawoey, Nam Dokmai, Rad, Chok-Anan, Falan and Kaew) were investigated. Mango seed kernel of all cultivars in ripening stages exhibited the highest DPPH scavenging activity, ferric reducing antioxidant potential (FRAP) and H_2O_2 scavenging activity, followed by those observed in peel and pulp. The DPPH scavenging activities of mango peel, pulp and seed kernel were ranged from 29.67-167.83, 22.11-47.77 and 0.24-2.07 mg trolox equivalent/g fresh wt, while FRAP were 28.66-71.59, 8.95 -19.51, and 0.19-0.99 mg trolox equivalent/g fresh wt, respectively and H_2O_2 scavenging activity were 17.48 – 90.08, 8.96 - 26.73 and 0.28-1.61 mg trolox equivalent/g fresh wt, respectively . In addition, the peel, pulp and seed kernel of green and ripe Chok-Anan showed the highest antioxidant properties. Peel and pulp of all ripe mango samples tended to possess higher antioxidant capacities compared to those of green mangoes, while green mango seed kernels showed higher antioxidant potentials over the ripe ones. Correlation analysis was used to explore the relationships amongst the three methods used for antioxidant activity measurement, For all mango extracts, the correlation between DPPH , FRAP and H_2O_2 were highly correlated with positive correlation coefficient. The results indicated that mangoes, especially in peel, and seed kernels, can be good sources of antioxidants.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ยุพร พืชกมุทร รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ผู้ซึ่ง ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำในการค้นคว้าหาข้อมูล การจัดทำและเรียบเรียงข้อมูล อีกทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รศ. อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้น ทั้งคุณพ่อคุณแม่และญาติทุกคน ที่ค่อยให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ และอื่นๆ ขอบคุณพี่ๆนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ทุกคน ที่ค่อยให้การดูแลให้คำแนะนำ ตลอดจน พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา และบุคคลต่างๆที่ช่วยให้สัมมนาฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ท้ายสุดนี้ผู้จัดทำหวังว่าสัมมนาฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ

ฉลิตา สมประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะม่วง..... 3

2.2 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant)..... 9

2.3 วิธีการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืช..... 10

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง..... 14

3.1 วัสดุและอุปกรณ์..... 14

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง..... 15

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 18

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ..... 18

4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน..... 23

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 32

บรรณานุกรม..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. การวัดค่าความเป็นกรดด่าง..... 37
ข. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด..... 38
ค. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์..... 40
ง. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น..... 43
จ. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH..... 44
ฉ. ความามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP)..... 48
ช. ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)..... 51

ประวัติผู้เขียน..... 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 สมบัติทางเคมีของตัวอย่างเนื้อมะม่วง.....21

4.2 ค่าพารามิเตอร์สีที่ได้จากเครื่องวัดสีของเปลือก และเนื้อ ของตัวอย่างมะม่วงดิบและสุก..... 22

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วง 6 สายพันธุ์..... 30

4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 3 วิธี ของ เปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์..... 31

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างผลมะม่วง..... 5

2.2 ปฏิกิริยาของ DPPH assay..... 11

2.3 ปฏิกิริยาของการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธี FRAP..... 11

4.1 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบและสุก..... 18

4.2 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ดิบและสุก..... 19

4.3 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงแรดดิบและสุก..... 19

4.4 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงโชคอนันต์ดิบและสุก.....19

4.5 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงฟ้าลั่นดิบและสุก..... 20

4.6 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงแก้วดำดิบและสุก.....20

4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH ของเปลือก(a) เนื้อ(b) และเมล็ดใน(c) ของ มะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน.....24

4.8 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของเปลือก(a) เนื้อ(b) และเมล็ดใน(c) ของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน..... 26

4.9 ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของเปลือก(a) เนื้อ(b) และเมล็ดใน (c) ของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน.....29

ค 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร..... 41

จ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....45

ฉ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ความสามารถ ในการรีดิวซ์เฟอร์ริก..... 49

ช 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ความสามารถ ในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันสารพฤษเคมี (phytochemicals) ต่างๆ ที่อยู่ในผักและผลไม้ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารเหล่านั้นมีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกันการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆได้ โดยเป็นสารที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ในผักและผลไม้นั้นสารดังกล่าวส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน(antioxidants) โดยสามารถยับยั้งหรือทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์ ซึ่งอนุมูลอิสระดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของชีวโมเลกุลต่างๆ เช่น ไขมัน โปรตีน กรดนิวคลีอิก ซึ่งนำไปสู่การเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และโรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น ดังนั้นการบริโภคผักและผลไม้เป็นประจำจึงช่วยป้องกันโรคต่างๆได้ (Ajila และคณะ, 2007b)

มะม่วง (*Mangifera indica* L., Anacardiacea) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมบริโภคและมีผลผลิตเป็นอันดับที่ 5 ของผลิตผล ผลไม้ทั้งหมดในโลกและในประเทศไทยจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผลิตภัณฑ์จากมะม่วง เช่น เนื้อมะม่วงบด น้ำมะม่วงเข้มข้น ซอสมะม่วง มะม่วงสไลด์ในน้ำเชื่อม มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง และ มะม่วงกวน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทั่วโลก และมีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นในตลาดยุโรปและอเมริกา (Loelillet, 1994) ในระหว่างกระบวนการแปรรูปมะม่วง มักมีผลิตภัณฑ์เหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือกและเมล็ด โดยเป็นส่วนของเปลือกประมาณ 15 – 20 % ของผล (Beerh และคณะ, 1976) จากงานวิจัยของ Ajila และคณะ (2007a) พบว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น โพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ วิตามินซี และวิตามินอี และใยอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังรายงานว่า สารสกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์ Raspuri มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี เช่นเดียวกับ Ribeiro และคณะ (2008) ซึ่งศึกษาพบว่า ในเปลือกและ เมล็ดในของมะม่วงมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าใน BHA และ กรดแกลลิก

พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ แก้วศรีสะเกษ มรกต โชคอนันต์ น้ำดอกไม้ทะวาย ฟ้าลั่น หนองแซง และเขียวเสวย เป็นต้น และมีพันธุ์ส่งเสริมแยกตามลักษณะการรับประทานดังนี้ พันธุ์รับประทานสุก ได้แก่ น้ำดอกไม้ อกร่อง ทองดำ พันธุ์รับประทานดิบ ได้แก่ ฟ้าลั่น เขียวเสวย และแรด พันธุ์แปรรูป ได้แก่ แก้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษามะม่วง 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และแก้วดำ ซึ่งเป็นตัวแทนของมะม่วงพันธุ์ที่ทั้งรับประทานสุก รับประทานดิบ และพันธุ์ที่ใช้ในการแปรรูป โดยศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในส่วนของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงทั้ง 6 สายพันธุ์ ดังกล่าว ที่ 2 ระดับความสุก คือผลดิบ และ ผลสุก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์
2. เพื่อศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงดิบ และสุก 6 สายพันธุ์
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธี ของ เปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงดิบ และสุก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นได้ทดลองศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพซึ่งได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) และสีของเปลือกและเนื้อของมะม่วง และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และ ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และแก้วดำ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยทำให้ทราบทิศ-ทางการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเปลือก เนื้อ และเมล็ดใน ของมะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อเป็นฐานข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าว ของมะม่วงพันธุ์เศรษฐกิจ 6 สายพันธุ์ ที่ระดับความสุกต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปคือเปลือกและเมล็ดมะม่วงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะม่วง

มะม่วงถือเป็นผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญ และให้ผลผลิตมากเป็นอันดับ 5 ของโลก พบในอินเดียมากกว่า 4,000 ปี และแพร่กระจายไปยังภูมิภาคเอเชียใต้ แอฟริกา และอเมริกาใต้ ปัจจุบันปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วไปในเขตร้อนและร้อนชื้น อินเดียเป็นประเทศที่มีการปลูกมะม่วงมากที่สุด ให้ผลผลิตประมาณ 9 ล้านตันต่อพื้นที่ 1 ล้านแฮกแตร์ (6.25 ล้านไร่) ประเทศไทยมีปริมาณมะม่วงที่สามารถเก็บเกี่ยวได้เป็นอันดับ 3 ของประเทศที่สามารถปลูกมะม่วงได้ (สถาบันคีนันแห่ง-เอเชีย, 2549) แต่ละปีประเทศไทยมีผลผลิตมะม่วงรวม 1-1.4 ล้านตัน มะม่วงหลายพันธุ์สามารถส่งออกตลาดต่างประเทศในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด อีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมดจะใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำมะม่วง มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง และมะม่วงกวน เป็นต้น มะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากปลูกง่าย โตเร็ว นอกจากนี้การรับประทานมะม่วงยังเป็นประโยชน์ให้คุณค่าทางอาหารแก่ร่างกาย เนื่องจากเนื้อมะม่วงประกอบด้วยน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และอุดมไปด้วยวิตามิน เอ บี และซี

2.1.1 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ที่สำคัญของมะม่วง

มะม่วงมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์คือ *Mangifera* Linn. อยู่ในวงศ์อนาคาร์ดิอาซีอี (Anacardiaceae) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ต้นสูงได้ถึง 45 เมตร ลำต้นตรง เส้นผ่านศูนย์กลางวัดได้ถึง 120 เซนติเมตร เปลือกและลำต้นแข็ง มีลักษณะขรุขระและมีเกล็ดมาก เปลือกอ่อนสีเขียวแต่เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเทาปนน้ำตาล เนื้อไม้เมื่ออายุน้อยจะมีสีเขียว เมื่อแก่มีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมแดง มีกิ่งก้านสาขาใหญ่และแข็งแรง แผ่ออกเป็นทรงพุ่มที่แน่นทึบ เป็นรูปครึ่งวงกลม รูปไข่ หรือรูปไข่ค่อนข้างยาว ไม่ผลัดใบ อายุยืนมากกว่า 100 ปี ที่พบในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น มะม่วงขี้ยา (*Mangifera duperreana* Pierre.) มะม่วงแป๊บ (*M. flave* Evrard.) มะม่วงช้างเหยียบ (*M. aylvatica* Roxb.) มะม่วงป่า (*M. longipetiolata* King.) มะม่วงกะเลง (*M. longipes* Griff.) มะม่วงไขแลนหรือกิเลน (*M. cochichinensis* Engl.) มะม่วงป้อม (*M. lagenifera* Griff.) มะม่วงกะล่อน (*M. caloneura* Kurz.) มะม่วงคัน (*M. quadrifida* Jack.) มะม่วงชัน (*M. gracilipes* Hook. f.) มะม่วงจิ้งหรีด (*M. odorata* Griff.) มะม่วงบาป (*M. camptosperma* Pierre.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

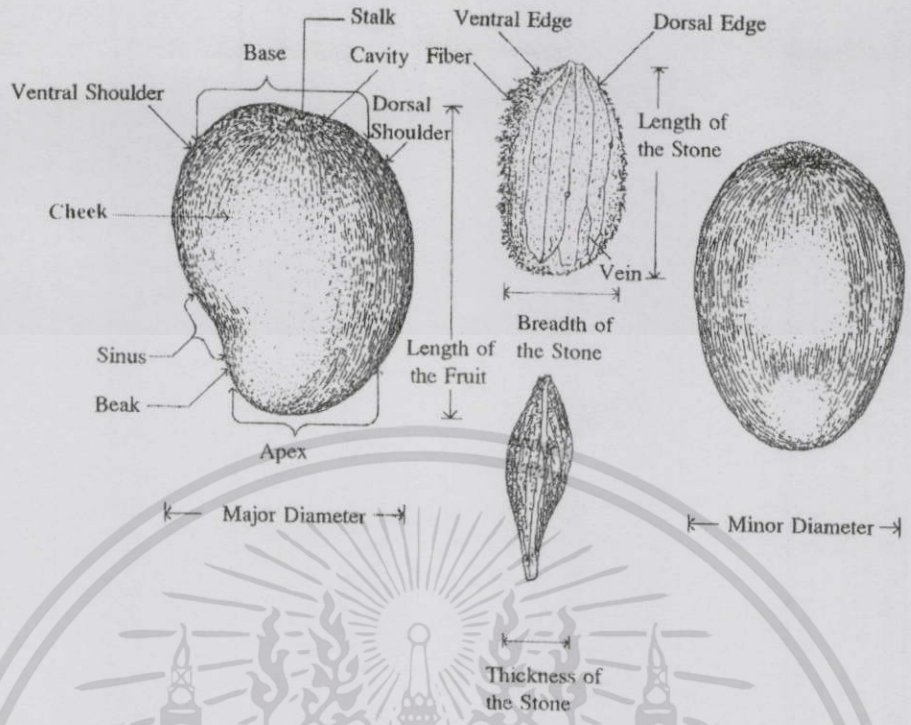
เป็นต้น แต่ชนิดที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายและเป็นการค้าคือ มะม่วงบ้าน (*Mangifera indica* Linn.) (วิจิตร, 2533)

ใบมะม่วงเป็นใบเดี่ยว เรียงตัวสลับกันทำให้มีลักษณะใบเรียงตัวเป็นเกลียว ใบไม่มีขน ไม่มีหูใบ ผลิใบออกมาเป็นระยะๆ ใบอ่อนมักมีสีออกแดง เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ผิวใบเป็นมัน ก้านใบยาว 1-10 เซนติเมตร แผ่นใบยาว 8-40 เซนติเมตร กว้าง 2-10 เซนติเมตร ใบมีรูปร่างแบบรูปโล่ รูปไข่ และเรียวยาว ฐานใบแคบ และค่อยๆ กว้างออกคล้ายรูปลิ่มแหลม ขอบใบเรียบ ฐานใบมน ปลายใบเรียวแหลม เส้นกลางใบนูนเด่นชัดทั้ง 2 ด้าน ปากใบอยู่ที่ผิวใบทั้งสองด้าน แต่ผิวใบด้านล่างมีจำนวนปากใบมากกว่าผิวใบด้านบน ใบมะม่วงมีอายุประมาณ 1 ปีหรือมากกว่านั้น

ช่อดอกและดอกของมะม่วงจะออกที่ปลายกิ่งหรือตาตามกิ่ง เป็นแบบช่อแยกแขนง วัดความยาวได้ถึง 10-16 เซนติเมตร ในแต่ละช่อจะมีดอกประมาณ 1,000-6,000 ดอก ก้านช่อดอกมักเจือสีแดงและมักมีขน ดอกมะม่วงมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ก้านดอกสั้นมาก มีกลิ่นหอม มีหลายสีแตกต่างกัน เช่น สีแดง ชมพูหรือขาว กลีบเลี้ยงมักมี 5 กลีบแยกกัน ดอกหนาแน่นมีขนอ่อนทั่วไป กลีบดอกมี 5 กลีบ และยาวเป็น 2 เท่าของกลีบเลี้ยง มีทั้งดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศในช่อเดียวกัน ปกติจะมีดอกสมบูรณ์เพศอยู่เพียง 1-30 เปอร์เซ็นต์ แต่มักจะอยู่คนละส่วนในช่อ เช่น ในมะม่วงพันธุ์อกร่อง ดอกเพศเมียมีน้อยที่บริเวณโคนช่อ มีมากขึ้นบริเวณกลางช่อ และมีมากที่สุดที่บริเวณปลายช่อ ขณะที่ดอกเพศผู้มีมากที่โคน และน้อยที่สุดบริเวณปลายช่อ ดอกก่อนบานสีเขียว ขาว และน้ำตาล ดอกเพศผู้มีเกสรเพศผู้ยาว 2 มิลลิเมตรจำนวน 4-5 ก้าน ที่ทำงานได้มีจำนวนเพียง 1-2 ก้านเท่านั้น ที่เหลือจะไม่ทำงาน เกสรตัวผู้มีสีชมพู เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีม่วง เกสรเพศเมียเป็นหมัน คือจะฝ่อไปเอง โดยปกติมีเพียง 1 ก้านเท่านั้นที่แข็งแรง ส่วนในดอกสมบูรณ์เพศ หรือดอกเพศเมียจะเห็นรังไข่ชัดเจน มี 1 ช่อง รูปร่างเบี้ยว ไม่มีก้าน ไข่มีจำนวน 1 ฟอง ดอกจะออกประมาณช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ผลจะแก่ภายใน 3-4 เดือนหลังจากดอกบาน

ผลเป็นพวกเนื้อหุ้มเมล็ดแข็ง มีความแตกต่างกันมากในเรื่องของขนาด รูปร่าง สี ปริมาณเสี้ยน รสชาติและกลิ่น ความยาวของผลมีตั้งแต่ 2.5-30 เซนติเมตร กว้าง 1.5-10 เซนติเมตร รูปร่างของผลมีตั้งแต่กลมไปจนถึงรูปไข่ค่อนข้างยาว ผลมักจะแบนด้านข้าง รูปร่างของผลอาจแตกต่างกันในส่วนของแก้ม ไหล่ หลัง ปลาย คางและจะงอย ลูกดิบมีสีเขียว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หรือเหลืองส้ม มีเมล็ดภายใน 1 เมล็ด รสชาติมีตั้งแต่หวานและฉ่ำน้ำมาก ไปจนถึงเปรี้ยวและค่อนข้างแข็ง กลิ่นมีตั้งแต่กลิ่นอ่อนไปจนถึงกลิ่นรุนแรง ความหนาของเนื้อมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ สำหรับโครงสร้างของผลมะม่วง แสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างผลมะม่วง

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2546)

เปลือกมะม่วงมีความแตกต่างกันในเรื่องของความหนาของเปลือก สีของเปลือกดิบและเปลือกสุก โดยความหนาของเปลือกมีขนาดตั้งแต่ 0.09 - 0.25 เซนติเมตร และมีสีต่างๆ เช่น สีเขียว เหลืองและเหลืองแดง เปลือกมะม่วงมีองค์ประกอบของ น้ำตาล เพคติน โปรตีน และเส้นใย โดยเพคติน จากเปลือกมะม่วงนั้น จัดเป็นเพคตินที่มีคุณภาพดี เหมาะสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแยม เยลลี

เมล็ดมะม่วงที่อยู่ถัดจากเปลือกชั้นในเข้าไป มีขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงเกือบไม่มีเมล็ดหรือเมล็ดลีบ เปลือกหุ้มเมล็ดมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น คือ ชั้นนอกและชั้นใน มีใบเลี้ยง 2 ใบ อาหารเลี้ยงคัพภะไม่อยู่ในใบเลี้ยง (เฉลิมชัย, 2539)

มะม่วงสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์เป็น 3 ประเภท ได้แก่ มะม่วงรับประทานสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน ทองดำ โชคอนันต์ มหาชนก มะม่วงรับประทานดิบ เช่น เขียวเสวย แรด หนองแซง พิมเสนมัน ฟ้าลั่น และมะม่วงสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น แก้ว และสามปี นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกเป็นกลุ่มต่างๆ โดยใช้ลักษณะใบและทรงผลเป็นหลัก และลักษณะอื่นๆ เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มได้เป็น 8 กลุ่ม ดังต่อไปนี้คือ กลุ่มแก้ว กลุ่มเขียวเสวย กลุ่มน้ำดอกไม้ กลุ่มหนังกลางวัน กลุ่มอกร่อง กลุ่มพราหมณ์ กลุ่มผลกลม และกลุ่มเบ็ดเตล็ด (เกียรติเกษตร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจำแนกระยะความสุกของมะม่วง

การสุกของผลมะม่วง คือการเปลี่ยนแปลงที่จะเข้าสู่ระยะ Senescence มะม่วงจัดเป็นผลไม้ประเภทไคลแมคเทอริก (climacteric fruit) ลักษณะเด่นที่สำคัญของผลไม้ในกลุ่มนี้คือ มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นขณะที่ผลมะม่วงเริ่มสุก พบว่ามีลักษณะการเพิ่มขึ้นของการหายใจก่อนที่จะมีการสุก การจำแนกรูปแบบการหายใจของผลมะม่วงแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ ระยะ Preclimacteric ระยะนี้ผิวยังคงมีสีเขียวอัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ยังต่ำ ระยะที่สองคือ Climacteric rise ระยะนี้อัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผิวยังคงเขียว และเนื้อยังแน่นเช่นกัน ระยะที่สามคือ Climacteric peak เป็นระยะที่อัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงสุด โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 6-10 วันหลังการเก็บเกี่ยว ผิวผลเริ่มเปลี่ยนสี เนื้อผลเริ่มนิ่มและเริ่มมีกลิ่นสุก ระยะสุดท้ายคือ Postclimacteric การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะนี้จะลดลง สีผิวและกลิ่นพัฒนาเหมาะสมต่อการรับประทาน

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร (2544) จำแนกระยะการสุกของมะม่วง (state of ripeness) ออกเป็น 5 ระยะตามสีเนื้อมะม่วง (pulp color) ที่เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ระยะดิบ ระยะห่าม ระยะสุกพร้อมกิน ระยะสุกเต็มที่ และระยะสุกงอม โดยกระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการสุกของมะม่วงที่ทำให้เนื้อมะม่วงมีลักษณะของกลิ่นหอม (aroma) และกลิ่นรส (flavor) แตกต่างกัน ได้แก่

1) ระยะดิบ (Raw) ระยะนี้เนื้อของมะม่วงจะมีสีขาวอมเขียวอ่อนๆ (greenish white) และส่วนใหญ่จะมีรสชาติเปรี้ยว

2) ระยะห่าม (Half ripe) เนื้อมะม่วงจะมีสีเหลืองนวล (dell yellow) และมีรสเปรี้ยวที่ลดลง

3) ระยะสุกพร้อมกิน (Table ripe) เนื้อมะม่วงมีสีเหลือง (yellow) และมีความหวาน และกลิ่นหอมมากขึ้น

4) ระยะสุกเต็มที่ (Fully ripe) ระยะนี้เนื้อมะม่วงมีสีเหลือง-ส้ม (yellow-orange) มีกลิ่นและความหวานที่สูงกว่าระยะสุกพร้อมกิน

5) ระยะสุกงอม (Over ripe) ระยะนี้เนื้อมะม่วงมีสีส้ม (Orange) ซึ่งเป็นระยะที่มีความหวานมากที่สุด และเป็นระยะที่มะม่วงใกล้เสื่อมเสีย

จากการที่มะม่วงเป็นผลไม้ประเภทหนึ่งที่มีการหายใจสูงสุดช่วงผลสุก ซึ่งเป็นผลมาจากการกระตุ้นของก๊าซเอทธิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการสุกของผลไม้ที่มีการสร้างขึ้นภายในผลในช่วงนี้ ปริมาณก๊าซที่สูงจะเร่งการสุกให้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ (Ketsa และคณะ, 1999) โดยในเนื้อมะม่วงจะประกอบไปด้วย น้ำ น้ำตาล สตาร์ช เซลลูโลส และที่สำคัญคือ สารประกอบเพคตินที่ทำให้เนื้อมะม่วงมีความหนืดสูง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทางเคมีหลายประการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สี การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียสีเขียว เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เป็นผลให้คาโรทีนอยด์ที่มีอยู่เดิมปรากฏขึ้น ทำให้เห็นเป็นสีเหลืองชัดเจนขึ้น คาโรทีนอยด์ในผลมะม่วงสุกเป็นเบต้าคาโรทีน

2) การอ่อนตัว เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยสารโพลีแซคคาไรด์หลายชนิดที่สำคัญ คือสารประกอบเพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส จากเอนไซม์ต่างๆ ที่พัฒนาในช่วงสุก โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของเพคติน เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ โพลีกาแลคทูโรเนส (polygalacturonase) และ เพคติเนสเทอเรส (pectinaseterase) ที่มีความสำคัญต่อการทำให้เนื้อของมะม่วงมีการอ่อนตัว (Mohd และคณะ, 2004)

3) การสูญเสียน้ำหนัก เกิดมากในช่วงสุกเพราะการคายน้ำมากเนื่องจากช่วงนี้ไขที่อยู่ที่ผิวผลที่ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำจะเสื่อมสลายไปตามธรรมชาติ (จริงแท้, 2541)

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid, TSS) ในช่วงเวลาที่มะม่วงสุก แป้งที่สะสมไว้จะสลาย ตัวด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสได้น้ำตาล ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น น้ำตาลในมะม่วงสุกส่วนใหญ่ ร้อยละ 75 เป็นน้ำตาลซูโครส ผลสุกจึงมีน้ำตาลมากกว่าผลดิบทำให้มะม่วงสุกมีรสหวาน

2.1.3 ลักษณะประจำพันธุ์ของมะม่วงสายพันธุ์เศรษกิจ (เฉลิมชัย, 2539)

2.1.3.1 พันธุ์น้ำดอกไม้

เป็นมะม่วงรับประทานผลสุกที่มีผู้นิยมปลูกกันมาก เนื่องจากความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศมีสูง และยังเป็นพันธุ์ที่สามารถบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดูได้ดี ให้ผลที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 400 กรัม ผลกลมยาวปลายแหลม เนื้อมาก เมล็ดเล็ก ผิวเปลือกบาง ผิวผลเรียบ ผลแก่มีเปลือกสีเขียวอ่อนนวล เนื้อเนียน หนา สีขาว รสเปรี้ยวจัด เมื่อแก่มีรสมัน เมื่อผลสุกเปลือกมีสีเหลือง เนื้อเหลือง มีกลิ่นหอม รสหวานไม่จัด ฉ่ำน้ำ ไม่มีเส้นใย เวลาเก็บผลต้องเก็บเมื่อผลแก่จัด โดยสังเกตดูผิวของผล หากตรงส่วนหัวเริ่มมีสีแดงเรื่อๆ จึงสามารถเก็บได้

2.1.3.2 พันธุ์ฟ้าลั่น

เป็นมะม่วงที่มีการเจริญเติบโตดี ติดผลง่าย ผลค่อนข้างดก ต้นอายุ 9-10 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 400-500 ผลต่อต้น อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 95 วันหลังดอกบาน เก็บขายได้ก่อนมะม่วงพันธุ์อื่นๆ และสามารถเก็บได้ตั้งแต่ยังอ่อน แต่ความอร่อยอาจสู้เขียวเสวยไม่ได้ ต้นเป็นพุ่มปานกลาง ใบเรียวยาวปลายใบแหลม ขนาดผลไล่เลี่ยกับพันธุ์เขียวเสวย น้ำหนักต่อผลประมาณ 350 กรัม รูปทรงขอบขนานแกมรี หัวโต ปลายแหลม ด้านหลังผลและท้องผลโค้งนูน เมื่อแก่จัดเนื้อเปราะมาก เพียงเอามีดกดเข้าเนื้อเบาๆ ก็จะร้าวลั่นไปตลอดผล เป็นลักษณะเด่นประจำพันธุ์ จึงได้ชื่อว่าฟ้าลั่น เปลือกหนา วัดได้ 0.13 เซนติเมตร เมื่อดิบเปลือกสีเขียว เนื้อสีขาวนวล มีรสชาติมันอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรี้ยว เมื่อแก่จัดมีเนื้อสีขาวอมเหลือง รสชาติมันกรอบค่อนข้างจืด ผลสุกผิวมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อสีเหลือง รสหวานไม่จัดนัก มีเสี้ยนเล็กน้อย เนื้อมาก เมล็ดลีบ แหลมเล็ก จุดด้อยของพันธุ์นี้คือ ผลมักแตกง่ายเมื่อฝนตก

2.1.3.3 พันธุ์เขียวเสวย

จัดเป็นมะม่วงมัน เหมาะสำหรับรับประทานในระยะแก่จัด เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะความต้องการของตลาดมีสูง ขายง่ายได้ราคาดีเมื่อเทียบกับมะม่วงพันธุ์อื่นๆ มีทรงผลยาว น้ำหนักต่อผลประมาณ 335 กรัม ไซนัสตื้น ปลายผลออกแหลมมน ผิวเรียบ ผิวผลมีสีเขียวเข้ม เปลือกหนาและเหนียว เนื้อสีขาวอมเหลือง เนื้อผลดิบมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ผลสุกผิวของเปลือกมีสีเขียวปนเหลือง สีของเนื้อเหลือง ลักษณะเนื้อละเอียด มีเสี้ยนน้อย รสหวานอร่อย เมล็ดทั้งเปลือกหุ้มค่อนข้างยาวแบน เนื้อเมล็ดค่อนข้างเต็ม มีเสี้ยนติดกับเมล็ดน้อย

2.1.3.4 พันธุ์แรด

เป็นมะม่วงพันธุ์เบาคือออกดอกตลอดปี เจริญเติบโตเร็ว ผลมีขนาดโตปานกลาง น้ำหนักต่อผลประมาณ 200-280 กรัม ลักษณะของผลค่อนข้างกลม หัวใหญ่อ้วน ปลายผลเรียวเล็กน้อยและมน ผิวผลเป็นคลื่นไม่เรียบ ส่วนมากบริเวณด้านหลังของผลจะปรากฏลักษณะที่เห็นได้เด่นชัดเรียกกันว่า "นอ" หรืออาจจะไม่มีเห็นเป็นเพียงรอยจางๆ เปลือกค่อนข้างหนาและเหนียว ผลดิบมีสีเขียวนวล เนื้อสีขาว ลักษณะเนื้อหยาบกรอบและหนา มีรสอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีเสี้ยนค่อนข้างมาก เมื่อผลสุกผิวออกเหลืองเข้ม และอาจจะมีสีส้มแต้มที่บริเวณขั้วผล เนื้อสีเหลืองละเอียด รสหวานอ่อนๆ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย เมล็ดค่อนข้างสั้น มีเนื้อในเมล็ดค่อนข้างเต็ม

2.1.3.5 พันธุ์แก้ว

มะม่วงแก้วเป็นพันธุ์พื้นบ้านของไทยที่รู้จักกันดี แบ่งออกได้ 3 สายพันธุ์ด้วยกัน คือ แก้วขาวหรือแก้วทอง แก้วดำหรือแก้วแดง และแก้วจุก ผลมะม่วงแก้วขาวเมื่อดิบมีสีเหลืองอมเขียวหรือมีสีขาวนวล เมื่อสุกเนื้อผลมีสีจางกว่ามะม่วงแก้วดำ ส่วนแก้วดำผลดิบผิวมีสีเขียวคล้ำ เนื้อผลสุกมีสีส้มแดง สำหรับสายพันธุ์แก้วจุกนั้นมีสีคล้ายๆ ทั้งแก้วขาวและแก้วดำ แตกต่างกันตรงที่ผลมีขนาดโตกว่าและที่หัวมีจุก มะม่วงแก้วมีน้ำหนักประมาณ 160-200 กรัมต่อผล ผลมีลักษณะกลม ผิวผลสีเขียวเข้ม เปลือกหนาปานกลาง เนื้อผลหยาบมีแป้งมาก มีรสหวานอมเปรี้ยว ผลสุกผิวสีเหลืองเข้ม เนื้อแน่น รสหวาน เมล็ดค่อนข้างใหญ่

2.1.3.6 พันธุ์โชคอนันต์

เป็นพันธุ์ที่กำเนิดมาจากการเพาะเมล็ดมะม่วงสามปี มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ เป็นมะม่วงรับประทานสุก ออกทะวายติดผลตลอดปี น้ำหนักประมาณ 270-300 กรัม ผลดิบมีสีเขียวอ่อน ผิวเรียบ ผลสุกผิวสีเหลืองส้ม เปลือกหนา เนื้อผลแน่นสีเหลืองอ่อน รสหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidants)

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หมายถึง สารประกอบใดๆ ในระดับความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารตั้งต้นที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Willcox และคณะ, 2004) ในที่นี้คือสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน (วัลยา และพัชรี, 2542) ตัวอย่างของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้แก่ กระบวนการออกซิเดชันที่ทำให้เหล็กกลายเป็นสนิม ทำให้แอปเปิ้ลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือทำให้น้ำมันพืชเหม็นหืนเป็นต้น ในความเป็นจริงไม่มีสารประกอบสารใดสารหนึ่งสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ทั้งหมด แต่ละกลไกอาจต้องใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันในการหยุดกระบวนการออกซิเดชันนั้นๆ

ในอีกแง่มุมหนึ่ง กระบวนการออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่มีสำคัญต่อร่างกาย เช่น เราใช้ออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปเพื่อเผาผลาญอาหารที่ร่างกายได้รับให้เป็นพลังงานสำหรับการทำงานของเซลล์ต่างๆ แต่ก็ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเป็นผลพลอยได้ อนุมูลอิสระต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอ็นเอ ทำให้เกิดความเสียหายต่อโมเลกุลดังกล่าว ตัวอย่างเช่น เมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับแอลดีแอล (LDL : low - density lipoprotein) ทำให้เกิดออกซิไดซ์แอลดีแอล (oxidized LDL) ซึ่งมีหลักฐานยืนยันว่า ออกซิไดซ์แอลดีแอล เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด และเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหัวใจ (ศรีวัฒนา และคณะ, 2548)

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภทดังนี้ (Frankel และ Meyer, 2000)

1) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของเอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ คาตาเลส(catalase) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) และ กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เป็นต้น

2) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของวิตามิน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผลไม้ ผักสด เป็นต้น

3) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของแร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี ทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

4) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคปีน แซนโธฟิล แทนนิน และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเหล่านี้จะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ สารที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทั่วไปจะมีสมบัติข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อต่อไปนี้

1) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (antiradical properties) คือความสามารถในการต้าน หรือทำลายอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

2) สมบัติการต้านปฏิกิริยาไลโปเปอร์ออกซิเดนท์ (antilipoperoxidant properties) คือความสามารถในการยับยั้งหรือหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

3) สมบัติการกำจัดออกซิเจน (antioxigen properties) คือความสามารถในการกำจัดโมเลกุลของออกซิเจนซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปฏิกิริยาออกซิเดชันหลายชนิด

4) สมบัติการจับไอออนของโลหะ (chelating properties) คือความสามารถในการจับไอออนของโลหะเช่น Fe^{3+}, Cu^{2+} ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ

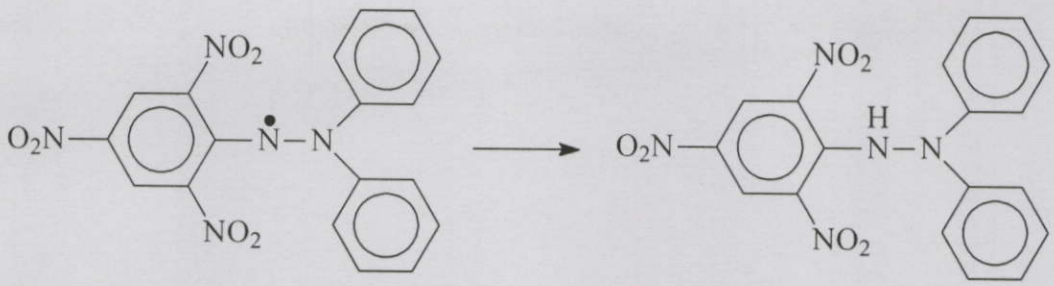
2.3 วิธีการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพืช

ในการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างสารสกัดจากพืชมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้ เช่น ความสามารถในการกระจายตัวในเฟสของน้ำมันและน้ำของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สภาวะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสภาวะทางกายภาพของสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น(Prior และคณะ, 2005) จากอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ ทำให้ไม่สามารถใช้เพียงวิธีใดเพียงวิธีหนึ่งในการประเมินสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารใดๆ วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารหรือสารประกอบต่างๆ มีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

2.3.1 DPPH (2,2- diphenyl-1-picryhydrazyl) radical scavenging assay

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันทั่วไปในการประเมินประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมได้ อนุมูลอิสระ DPPH จะถูกรีดิวซ์และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีม่วงเข้มไปเป็นไม่มีสี (Brand-Williams และคณะ, 1995) โดยสารตัวอย่างที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีจะทำให้สีม่วงจางหายไปมากขึ้น สามารถติดตามประสิทธิภาพการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 2 .2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Diphenylpicrylhydrazyl (free radical) (สีม่วง)

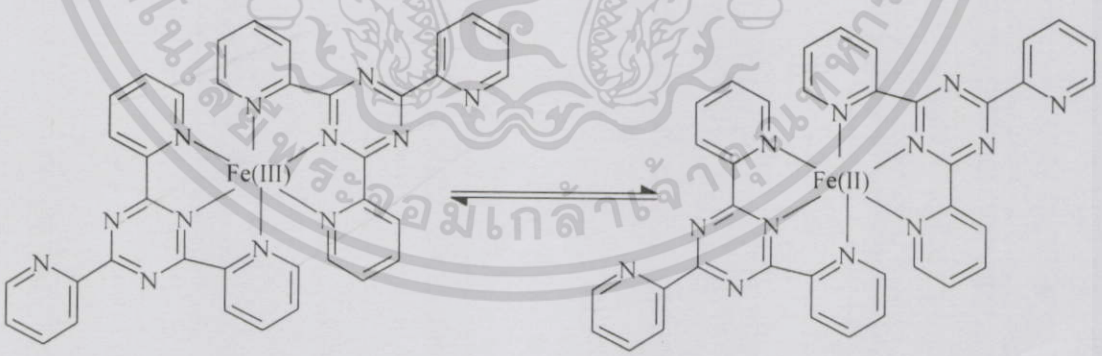
Diphenylpicrylhydrazine (nonradical) (ไม่มีสี)

รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาของ DPPH assay

ที่มา: ดัดแปลงจาก Molyneux (2004)

2.3.2 The ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

FRAP เป็นวิธีการทดสอบโดยตรงเพื่อวัดความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันรวมทั้งหมด (total antioxidant power) โดยวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันภายใต้สภาวะความเป็นกรด สารประกอบเชิงซ้อน ferric tripyridyltriazine (Fe^{III}-TPTZ) จะถูกรีดิวซ์ได้เป็น ferrous tripyridyltriazine (Fe^{II}-TPTZ) ซึ่งให้สารสีน้ำเงินและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนี้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (Benzie และ Strain, 1996) ดังปฏิกิริยา ในรูปที่ 2.3



Fe_3^+-TPTZ + reducing antioxidant (สีส้มแดง) $\rightleftharpoons$ Fe_2^+-TPTZ (สีน้ำเงิน)

รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาของการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธี FRAP

ที่มา: ดัดแปลงจาก Prior และคณะ (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหากสารใดให้อิเล็กตรอนเพื่อเปลี่ยน Fe^{III}-TPTZ ไปเป็น Fe^{II}-TPTZ ได้ดีก็จะทำให้สารละลายมีค่าการดูดกลืนแสงมาก ซึ่งแสดงว่าสารนั้นมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยการรีดิวซ์ Fe^{3+} ให้เป็น Fe^{2+} ได้ดี

2.3.3 Hydrogen peroxide scavenging assay

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) สามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างต่ออนุพันธุ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive oxygen species, ROS) โดยติดตามปริมาณ H_2O_2 ที่เหลืออยู่ ซึ่ง H_2O_2 ดูดกลืนแสงได้ที่ 230 นาโนเมตร ดังสมการต่อไปนี้ (Yen และ Chen, 1995)

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \dashrightarrow 2H_2O$$

ในกรณีสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลาย H_2O_2 ได้ดีจะทำให้เกิดการสลายตัวของ H_2O_2 มาก

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Soong และ Barlow (2004) ศึกษาหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในส่วนเนื้อและเมล็ดของมะม่วง และผลไม้เมืองร้อนอื่นๆ ได้แก่ อโวคาโด ขนุน ลำไย และมะขาม พบว่าผลไม้ทุกชนิดที่ศึกษามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในส่วนของเมล็ดสูงกว่าในส่วนของเนื้อมะม่วง

Berardini และคณะ (2005) ศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในเปลือกมะม่วงพันธุ์ Raspuri และ Badami ทั้งดิบและสุก โดยนำเปลือกมะม่วงมาอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เปลือกมะม่วงที่นำไปผ่านกระบวนการไลโอ-ฟีไลซ์ (lyophilized) เป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าในเปลือกมะม่วงมีสารในกลุ่มของแซนโธน-ไกลโคไซด์ (xanthone *C*-glycosides) 4 ชนิด คือ แมนจิเฟอริน (mangiferin) ไอโซแมนจิเฟอริน (isomangiferin) แมนจิเฟอริน แกลเลต (mangiferin gallate) และไอโซแมนจิเฟอริน แกลเลต (isomangiferin gallate) โดยพบองค์ประกอบของแมนจิเฟอรินเป็นหลัก ซึ่งปริมาณของแมนจิเฟอรินในเปลือกมะม่วงจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนสารประกอบฟีนอลิกอีก 3 ชนิดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และยังพบว่ามีสารที่อยู่ในกลุ่มของเควอซิตินกลัยโคไซด์ (quercetin 3-*O*-glycosides) หลายชนิด แต่ชนิดที่มีปริมาณสูงสุด คือ เควอซิ-ตินกาแลกโทไซด์ (quercetin 3-*O*-galactoside) รองลงมาคือ เควอซิตินกลูโคไซด์ (quercetin 3-*O*-glucoside) ส่วนเควอซิตินไกลโคไซด์ที่เหลือพบเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเควอซิ-ตินกลูโคไซด์ มีความเสถียรต่ออุณหภูมิสูงกว่าเควอซิตินกาแลกโทไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ajila และคณะ (2007a) ศึกษาปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณแอนโธไซยานิน ในมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือพันธุ์ Raspuri และ Badami พบว่ามะม่วงดิบทั้ง 2 สายพันธุ์ มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในส่วนของเปลือกสูงกว่ามะม่วงสุก ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือกมะม่วงสุกมีค่ามากกว่าในเปลือกมะม่วงดิบ นอกจากนี้ยังศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการหาค่า reducing power การต้านอนุมูลอิสระ DPPH การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และการยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) พบว่า สารสกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์ Badami มีค่า reducing power สูง ในขณะที่การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี สารสกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์ Raspuri มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกมะม่วงสุกมีความสามารถในในขณะที่สารสกัดจากเปลือกมะม่วงดิบมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส และมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ดี

Ajila และคณะ (2007b) ศึกษาองค์ประกอบที่มีคุณค่าในเปลือกมะม่วงดิบและสุกของมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Raspuri และ Badami พบว่าเปลือกมะม่วงประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีความสำคัญ คือ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ วิตามินซี วิตามินอี และเส้นใยอาหาร โดยในส่วนของเปลือกมะม่วงดิบทั้ง 2 สายพันธุ์ มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าในเปลือกมะม่วงสุก ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณวิตามินอี และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในเปลือกมะม่วงสุกมีค่ามากกว่าในเปลือกมะม่วงดิบ โดยเปลือกมะม่วงสุกพันธุ์ Badami มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงที่สุด และเปลือกมะม่วงดิบพันธุ์ Raspuri มีปริมาณของใยอาหารทั้งหมดต่ำที่สุด

Ribeiro และคณะ (2008) ศึกษาปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และ แซนโธน ไกลโคไซด์ (xanthone glycoside) ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการหาค่า reducing power การต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยศึกษาใน เนื้อเปลือก และเมล็ดในของมะม่วงสุก จากบราซิล 4 สายพันธุ์ คือ Haden, Tommy atkins, Palmer และ Ubá พบว่าเมล็ดในและเปลือกของมะม่วงสุกพันธุ์ Ubá มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงสุดโดยมีปริมาณ 82,540 และ 57,240 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ ในเนื้อและเปลือกของมะม่วงพันธุ์ Ubá พบ ฟลาโวนอยด์ 12 ชนิด และ แซนโทน ไกลโคไซด์ ในด้านความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นพบว่า ในเปลือกและ เมล็ดมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยจากการศึกษาพบว่า มะม่วงพันธุ์ Ubá มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดรองลงมาคือ Tommy atkins, Haden และ Palmer ตามลำดับ ในเนื้อของมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์ แสดงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่า ใน BHA และ กรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

มะม่วง 6 สายพันธุ์ ได้แก่ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ ซื้อจากตลาดไท ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง และตลาดสี่มุมเมือง ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	SUNTEX, SP-701	เยอรมัน
- เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	Sartorius, BT 3100s	เยอรมัน
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	SHIMADZU UV-1601	ญี่ปุ่น
- ชุดกรอง Suction Flask และ Vacuum pump	BUCHI B-169	สวิสเซอร์แลนด์
- เครื่องวัดสี	Minolta, CR 300	ญี่ปุ่น
- เครื่องผสม (Vortex Mixer)	Wiggen Hauser	มาเลเซีย
- เครื่องบดละเอียด	Moulinex	แมกซิโก
- ตู้อบลมร้อน	Memmert UM 400	เยอรมัน
- ออโต้ปิเปต	Gilson	ฝรั่งเศส
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)	Memmert	เยอรมัน
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)	Allegra 64 R	อเมริกา

3.1.3 สารเคมี

- เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์	Lab-Scan	ไอร์แลนด์
- กรดไฮโดรคลอริค (HCl)	Merck	เยอรมัน
- 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH)	Sigma	เยอรมัน
- โทรลอกซ์ (Torlox)	Aldrich	เยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sodium dihydrogen phosphate monohydrate ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$)	Merck	เยอรมัน
- Disodium hydrogen phosphate heptahydrate ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$)	Merck	เยอรมัน
- เฟอริค คลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$)	Aldrich	เยอรมัน
- โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	Merck	เยอรมัน
- กรดอะซิติก (CH_3COOH)	Merck	เยอรมัน
- 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ)	Sigma	เยอรมัน

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

มะม่วง 6 สายพันธุ์ ได้แก่ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ ซื้อจากตลาดไท และตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยเลือกผลแก่จัดที่มีเปลือกสีเขียวทั้งผลและเนื้อในยังไม่สุก นำมาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์พิจารณาตามการจำแนกระยะการสุกของมะม่วง ของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร คือ

กลุ่มที่ 1 ใช้ระยะดิบ นำมาล้างให้สะอาด ถ่ายรูป วัดสีเปลือกและเนื้อ จากนั้นแยกส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ดไปแช่แข็งที่ -70 องศาเซลเซียสก่อนจะนำมาทดลองต่อไป

กลุ่มที่ 2 ใช้ระยะสุกเต็มที่ โดยนำไปบ่มให้สุก นิ่ม เปลือกเหลือง โดยวางไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ 2 ชั้น คลุมไว้ จากนั้นเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1

3.2.2 การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี

วัดสีเปลือกและเนื้อของมะม่วงทุกสายพันธุ์ ทั้งดิบและสุก โดยวัดสีตัวอย่างเปลือกและเนื้อมะม่วง 6 ผล แบ่งออกเป็นตัวอย่างเปลือกและเนื้อมะม่วงดิบ 3 ผล และตัวอย่างเปลือกและเนื้อมะม่วงสุก 3 ผล ผลละ 10 ตำแหน่ง โดยบันทึกค่า CIE L*, a* และ b*

3.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างมะม่วง

ตัวอย่างเปลือกและเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์ ทั้งดิบและสุก จะวิเคราะห์เฉพาะปริมาณความชื้นเท่านั้น สำหรับตัวอย่างเนื้อมะม่วงทุกสายพันธุ์ ทั้งดิบและสุก จะวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด (total titratable acidity) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างด้วย pH meter รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ข

- วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในตัวอย่างน้ำที่บีบคั้นได้จากเนื้อมะม่วงโดยใช้ hand refractrometer

- วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์โดย DNS method ใช้วิธีซึ่งรายงานโดย Neilson (1998) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ค

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ง

3.2.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3.2.4.1 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง

การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง ทำโดยการนำเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง ปริมาณ 1, 20 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ มาผสมกับเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ที่ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้กระจกนาฬิกาปิด คนทุก 10 นาที นำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman NO. 4 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป

3.2.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระตัวอย่างส่วนต่างๆของมะม่วง จะใช้วิธี DPPH method ซึ่งรายงานโดย Murakami และคณะ (2004) วิธีการวิเคราะห์ทำโดยปิเปตสารสกัดที่ได้ในข้อ 3.2.4.1 ปริมาตร 0.07 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองปรับปริมาตรด้วยเอธานอล 95% ให้ปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ (ชั่ง DPPH 0.0316 กรัม ละลายในเอธานอล 95% ปรับให้เป็น 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer)ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และเตรียมปฏิกิริยาควบคุมโดยปิเปตเอธานอล 95% แทนตัวอย่างสารสกัด คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1-\left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right)\times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์รายละเอียดการวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก จ

3.2.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Benzie และStrain (1999) โดยปิเปตสารสกัดที่ได้ในข้อ 3.2.4.1 มา 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย FRAP reagent (เตรียมโดยใช้อะซิเตต บัพเฟอร์ pH 3.6 ความเข้มข้น 3 มิลลิโมลาร์ ผสมกับ TPTZ ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ และ $FeCl_3.6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 5:1:1) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร และคำนวณหาค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์รายละเอียดการวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ฉ

3.2.4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จะวิเคราะห์ตามวิธีที่รายงานโดย Yen และ Chen (1995) โดยปิเปตสารสกัดที่ได้ในข้อ 3.2.4.1 มา 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 90 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในฟอสเฟสบัฟเฟอร์ pH 7.4 ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร และคำนวณหาค่าความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของตัวอย่างในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ รายละเอียดการวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ช

3.2.5 การหาความสัมพันธ์ของสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธีของเปลือก เนื้อและเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์

วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาความแตกต่างของสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างมะม่วงแต่ละชนิด โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation cofficient) ของวิธีวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธี และนำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองทั้งหมดมาศึกษาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธี โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
105542

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของมะม่วงดิบ และสุก 6 สายพันธุ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพบางประการของเนื้อมะม่วง และการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อมะม่วง ที่นำมาใช้ในการทดลอง โดยวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) และสีของเปลือกและเนื้อของมะม่วงสายพันธุ์ต่างๆ 6 สายพันธุ์ เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงจากมะม่วงดิบเป็นมะม่วงสุก โดยใช้เกณฑ์ในการจำแนกระยะการสุกของมะม่วงซึ่งรายงานโดย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร (2544) โดยมะม่วงดิบ จะใช้มะม่วงในระยะดิบ (raw) เนื้อมะม่วงจะยังมีสีขาวอมเขียวอ่อนๆ และมะม่วงสุกจะใช้มะม่วงในระยะสุกเต็ม(fully ripe) ซึ่งระยะนี้เนื้อจะมีสีเหลือง-ส้ม และมีกลิ่นหอมมากขึ้น

ลักษณะปรากฏของตัวอย่างมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ ได้แก่ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และแก้วดำ แสดงดังรูปที่ 4.1 – 4.6 สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อของมะม่วงจากระยะดิบไปเป็นระยะสุกเต็มที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เป็นผลให้สีเหลืองของสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ปรากฏให้เห็นเด่นชัดขึ้น

รูปที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบและสุก

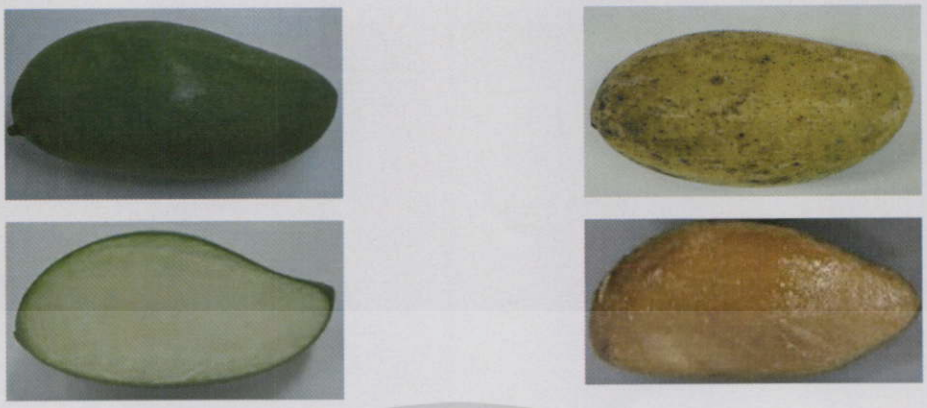
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ดิบและสุก

รูปที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงแรดดิบและสุก

รูปที่ 4.4 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อ มะม่วงโชคอนันต์ดิบและสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงฟ้าลั่นดิบและสุก

รูปที่ 4.6 ลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อมะม่วงแก้วดำดิบและสุก

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น และค่าพารามิเตอร์สี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อมะม่วงดิบอยู่ในช่วง 2.68 - 4.30 ส่วนในเนื้อมะม่วงสุกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.48 - 5.24 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่มีค่าลดลงเฉลี่ยจาก 5.08 เปอร์เซ็นต์ เป็นเฉลี่ย 0.78 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือเมื่อมะม่วงสุกจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดลดลง เมื่อพิจารณาแต่ละสายพันธุ์ พบว่าเนื้อมะม่วงฟ้าลั่นดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด รองมาคือพันธุ์เขียวเสวย แรด น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และเนื้อมะม่วงแก้วดำดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดนั้นจะสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่าง กล่าวคือพันธุ์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ก็จะมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำ จะเห็นว่าพันธุ์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงคือมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำเมื่อยังดิบนั้น เป็นมะม่วงที่มีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยหรือเรียกกันว่ามะม่วงมัน ได้แก่ พันธุ์เขียวเสวย ฟ้าลั่น และแรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของตัวอย่างมะม่วง

สมบัติทางเคมีของตัวอย่างมะม่วง	ระดับความสุก	สายพันธุ์					
		เขียวเสวย	น้ำดอกไม้	แรด	โชคอนันต์	ฟ้าลั่น	แก้วดำ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เนื้อมะม่วงดิบ	4.12 ± 0.02	3.33 ± 0.00	3.41 ± 0.00	2.97 ± 0.00	4.30 ± 0.00	2.68 ± 0.00
	เนื้อมะม่วงสุก	5.05 ± 0.00	5.24 ± 0.01	4.89 ± 0.00	4.48 ± 0.00	5.20 ± 0.10	4.57 ± 0.00
ปริมาณกรดทั้งหมด (%โดยน้ำหนัก เทียบกับกรดซิตริก)	เนื้อมะม่วงดิบ	2.13 ± 0.00	6.40 ± 0.21	4.69 ± 0.00	5.55 ± 0.00	3.04 ± 0.05	8.68 ± 0.25
	เนื้อมะม่วงสุก	0.85 ± 0.00	0.64 ± 0.00	0.85 ± 0.00	0.78 ± 0.02	0.77 ± 0.00	0.78 ± 0.02
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เนื้อมะม่วงดิบ	13.60 ± 0.00	8.00 ± 0.00	7.40 ± 0.00	7.80 ± 0.00	9.50 ± 0.40	7.00 ± 0.00
	เนื้อมะม่วงสุก	21.50 ± 0.00	20.20 ± 0.00	14.00 ± 0.00	12.00 ± 0.00	19.60 ± 0.60	18.00 ± 0.00
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส/กรัมตัวอย่าง)	เนื้อมะม่วงดิบ	12.69 ± 0.43	14.13 ± 0.09	11.78 ± 0.40	15.86 ± 0.47	10.91 ± 0.03	10.76 ± 0.12
	เนื้อมะม่วงสุก	14.82 ± 0.22	17.62 ± 0.40	12.44 ± 0.37	19.05 ± 0.28	17.41 ± 0.33	14.78 ± 0.87
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)	เปลือกมะม่วงดิบ	67.62 ± 0.02	70.93 ± 0.39	79.33 ± 0.74	76.66 ± 0.22	70.75 ± 0.38	71.57 ± 0.17
	เปลือกมะม่วงสุก	69.80 ± 0.45	68.62 ± 2.23	78.16 ± 0.37	71.24 ± 0.68	68.36 ± 1.69	71.83 ± 0.60
	เนื้อมะม่วงดิบ	75.99 ± 0.34	80.69 ± 0.46	84.82 ± 0.34	86.62 ± 0.41	77.10 ± 6.01	84.62 ± 0.43
	เนื้อมะม่วงสุก	75.98 ± 0.44	78.46 ± 0.34	84.53 ± 0.10	83.67 ± 0.64	75.23 ± 3.55	80.31 ± 0.44
	เมล็ดในมะม่วงดิบ	56.24 ± 0.48	60.84 ± 0.49	68.42 ± 0.03	71.81 ± 0.96	65.32 ± 3.82	49.65 ± 0.33
	เมล็ดในมะม่วงสุก	59.36 ± 0.64	49.21 ± 4.09	54.93 ± 0.32	55.83 ± 0.44	76.03 ± 7.18	39.25 ± 0.33

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์สีของเปลือก และเนื้อ ของตัวอย่างมะม่วงดิบและสุก

สายพันธุ์	ตัวอย่างมะม่วง	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
เขียวเสวย	เปลือกดิบ	46.18 ± 1.73	-13.47 ± 0.52	16.95 ± 1.61
	เปลือกสุก	62.79 ± 1.74	-5.95 ± 2.19	47.51 ± 3.56
	เนื้อดิบ	83.54 ± 0.68	-5.23 ± 0.53	32.70 ± 3.06
	เนื้อสุก	73.93 ± 2.74	-1.46 ± 0.89	59.57 ± 1.36
น้ำดอกไม้	เปลือกดิบ	55.71 ± 2.56	-17.53 ± 1.13	29.61 ± 3.12
	เปลือกสุก	67.24 ± 2.49	4.01 ± 1.65	37.91 ± 3.00
	เนื้อดิบ	84.93 ± 1.68	-5.36 ± 1.18	13.51 ± 2.07
	เนื้อสุก	69.40 ± 1.71	9.49 ± 1.06	53.32 ± 1.58
แรด	เปลือกดิบ	59.17 ± 1.04	-18.03 ± 0.63	31.57 ± 1.56
	เปลือกสุก	71.02 ± 1.68	-1.38 ± 2.63	43.91 ± 3.42
	เนื้อดิบ	86.57 ± 3.59	-5.71 ± 1.28	18.31 ± 1.65
	เนื้อสุก	79.56 ± 1.26	-3.04 ± 0.37	40.55 ± 1.76
โชคอนันต์	เปลือกดิบ	54.46 ± 3.65	-17.35 ± 0.91	27.61 ± 1.99
	เปลือกสุก	71.60 ± 1.48	-3.11 ± 1.30	46.80 ± 3.66
	เนื้อดิบ	84.89 ± 0.95	-6.69 ± 0.99	22.55 ± 0.95
	เนื้อสุก	73.15 ± 0.83	6.05 ± 1.86	56.52 ± 1.35
ฟ้าลั่น	เปลือกดิบ	46.59 ± 1.13	-16.56 ± 0.24	22.90 ± 0.69
	เปลือกสุก	60.67 ± 2.53	-8.40 ± 3.16	37.51 ± 2.05
	เนื้อดิบ	84.44 ± 1.15	-6.68 ± 0.23	23.50 ± 0.64
	เนื้อสุก	72.59 ± 0.54	-0.75 ± 0.03	49.44 ± 0.53
แก้วดำ	เปลือกดิบ	49.56 ± 2.15	-18.36 ± 0.81	26.99 ± 2.89
	เปลือกสุก	71.28 ± 1.89	5.48 ± 2.29	54.31 ± 3.91
	เนื้อดิบ	84.78 ± 0.78	-6.54 ± 1.35	16.87 ± 2.25
	เนื้อสุก	66.49 ± 4.19	16.93 ± 2.90	64.87 ± 2.89

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปของกลูโคส มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมะม่วงสุก โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้เฉลี่ย เพิ่มขึ้นจาก 8.88 เป็น 17.55 องศาบริกซ์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ย จะเพิ่มขึ้นจาก 12.69 เป็น 16.02 มิลลิกรัม/มะม่วง 1 กรัม โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเนื้อมะม่วงสุก เนื่องจากในกระบวนการสุกของผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ขององค์ประกอบทางเคมี เช่นเมื่อมะม่วงสุกแป้งจะสลายตัวเป็นน้ำตาลด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติน ซึ่งได้แก่ โปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำเปลี่ยนเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ เป็นผลให้เนื้อมะม่วงมีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มขึ้น (Mohd และคณะ, 2004) ปริมาณความชื้นในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์ มีปริมาณอยู่ในช่วง 39.25 ± 0.33 ถึง 86.62 ± 0.41 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อมะม่วงมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือเปลือก และเมล็ดในของมะม่วง โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 80.67, 72.07 และ 58.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อมะม่วงแสดงในตารางที่ 4.2 โดยรายงานผลการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อมะม่วงด้วยค่า L*, a* และ b* จะเห็นได้ว่าเมื่อมะม่วงสุกค่าความสว่าง (ค่า L*) ของเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่างของส่วนเนื้อมีค่าลดลง สำหรับค่าสีเขียว (ค่า a*) จะมีค่าติดลบน้อยลงจนถึงมีค่าเป็นบวกเมื่อมะม่วงสุก ส่วนค่าสีเหลือง (ค่า b*) จะเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนเปลือกและเนื้อของมะม่วง แสดงว่าเมื่อมะม่วงสุกทั้งเปลือกและเนื้อมีสีเขียวลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา

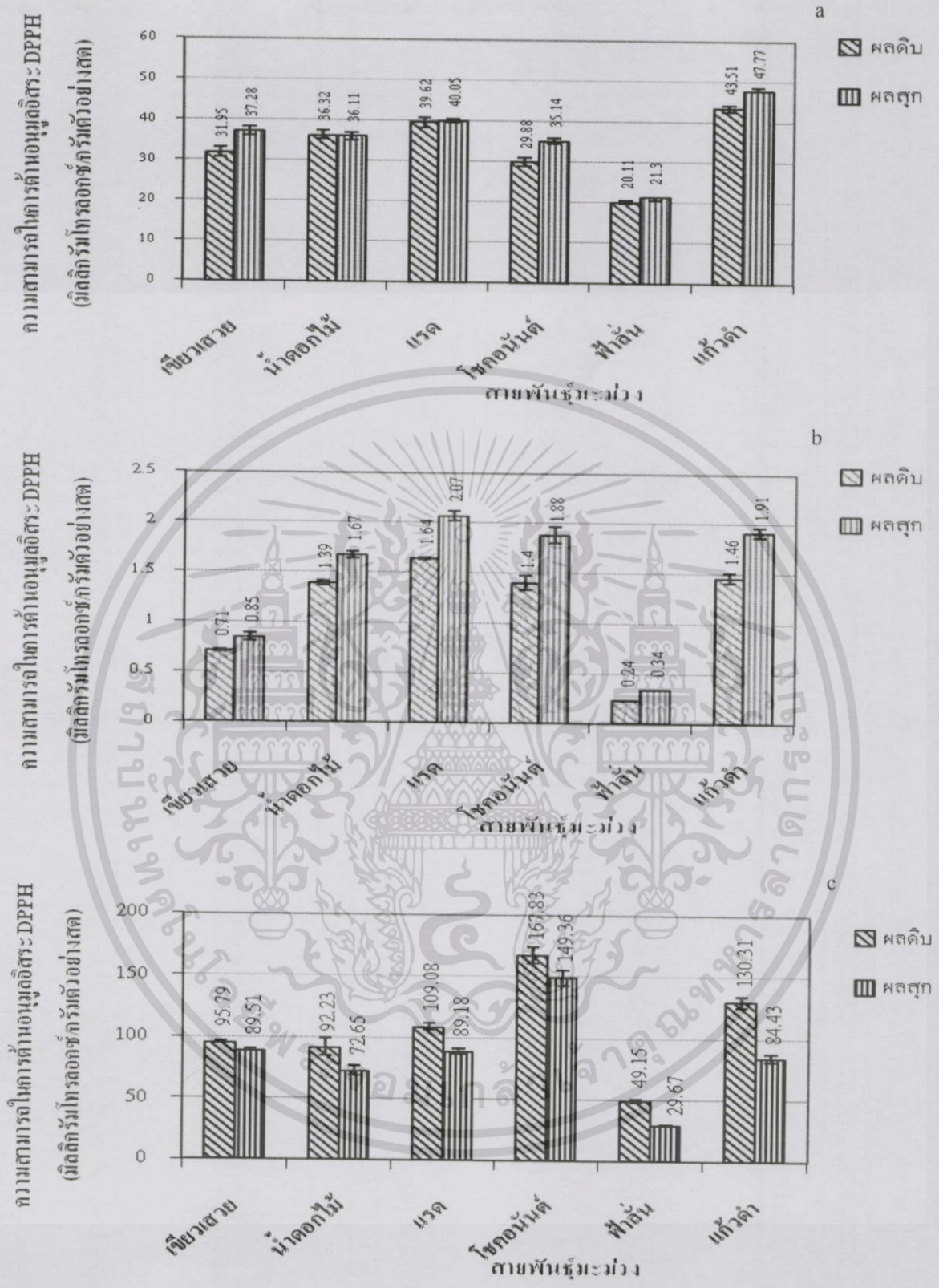
4.2 ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก

จากการศึกษาความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธีต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยรายงานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

จากการตรวจวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเปลือก เนื้อ และเมล็ดในทั้งผลดิบและผลสุกของมะม่วง 6 สายพันธุ์ โดยรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH ของเปลือก (a) เนื้อ (b) และเมล็ดใน (c) ของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

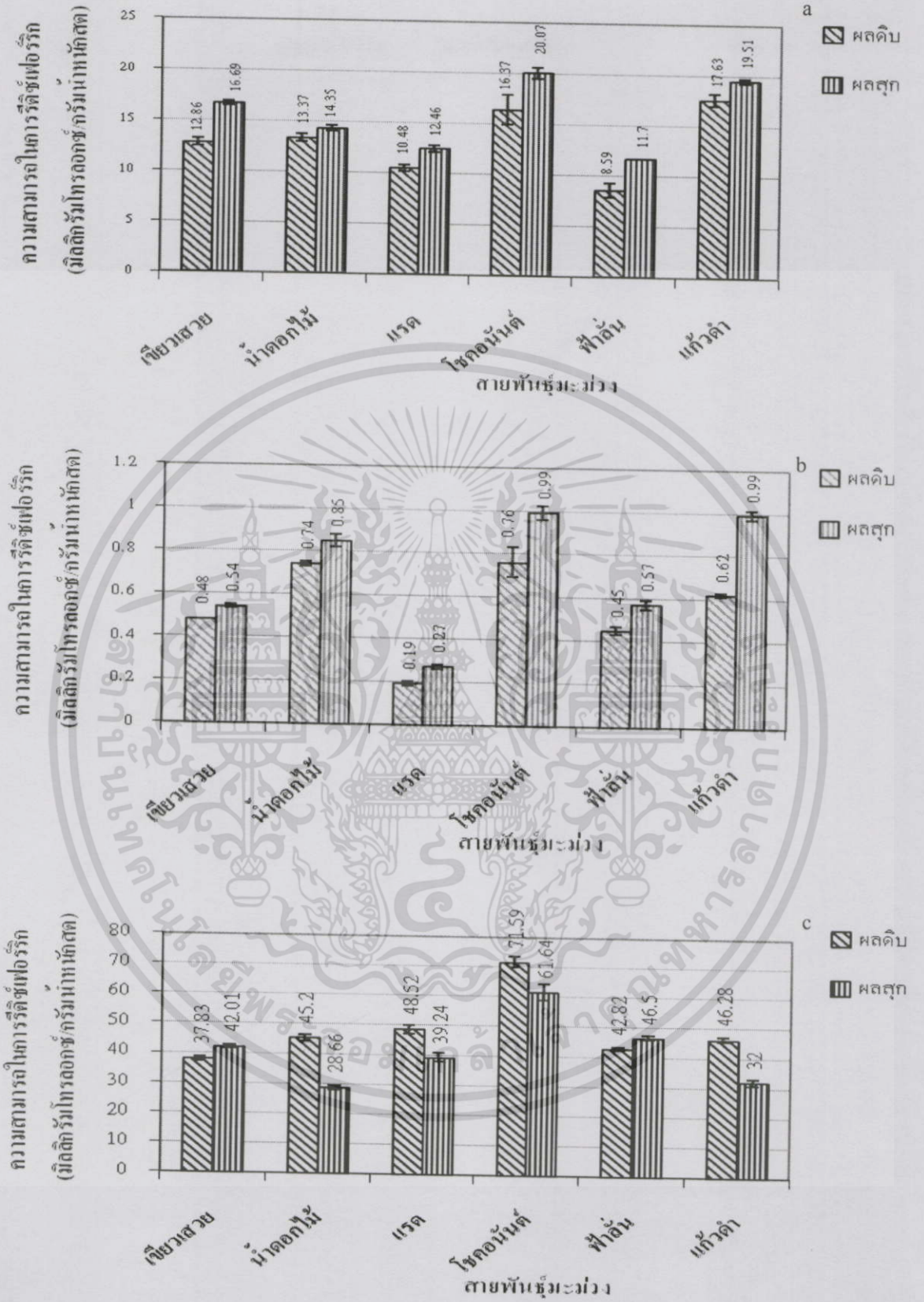
ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์ทั้งผลดิบ และผลสุกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดโดยมีค่าอยู่ในช่วง 29.67 – 167.83 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์/กรัมตัวอย่างสด รองลงมาคือ เปลือกซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 22.11 – 47.77 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์/กรัมตัวอย่างสด และในเนื้อมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำที่สุด อยู่ในช่วง 0.24 - 2.07 มิลลิกรัมสมมูลย์ โทรลอกซ์/กรัมตัวอย่างสด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละสายพันธุ์จะเห็นได้ว่าเมล็ดในของมะม่วงโชคอนันต์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดทั้งในผลดิบและผลสุก สำหรับเปลือกนั้นพบว่าสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดคือ เปลือกของมะม่วงแก้ว ในขณะที่เนื้อมะม่วงทุกสายพันธุ์ที่ทั้งสองระดับความสุกจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเมล็ดและเปลือก อย่างไรก็ตามเนื้อมะม่วงสุกทุกสายพันธุ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อมะม่วงดิบ

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.7 เมื่อพิจารณาที่ระดับความสุกต่างกัน คือในมะม่วงดิบและมะม่วงสุกพบว่าเมล็ดในของมะม่วงดิบทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าในมะม่วงสุกเล็กน้อย แต่เปลือก และ เนื้อของมะม่วงสุกจะมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวสูงกว่าในเปลือกและเนื้อมะม่วงดิบ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ajila และคณะ (2007a) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือกมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ Raspuri และ Badami ทั้งผลดิบและผลสุก โดยพบว่าเปลือกมะม่วงทั้งสองสายพันธุ์ที่ทั้งสองระดับความสุกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าเนื้อมะม่วง และในเปลือกมะม่วงสุกจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูง กว่าในเปลือกมะม่วงดิบ

4.2.2 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารสกัดเปลือก เนื้อ และเมล็ดของมะม่วง 6 สายพันธุ์ ทั้งผลดิบและผลสุก โดยรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทร-ลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของเปลือก (a) เนื้อ (b) และเมล็ดใน (c) ของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.8 จะเห็นได้ว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างมะม่วงทั้ง 6 สายพันธุ์ มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH กล่าวคือเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์ที่ทั้งผลดิบ และ ผลสุกมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงที่สุดคือมีค่าอยู่ในช่วง 28.66 –71.59 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรอกซ์/กรัมตัวอย่างสด รองลงมาคือ เปลือกซึ่งมีค่า 8.95 – 19.51 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรอกซ์/กรัมตัวอย่างสด และต่ำที่สุดคือเนื้อมะม่วงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.19 – 0.99 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์/กรัมตัวอย่างสด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละสายพันธุ์จะเห็นได้ว่าทั้งเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงโชคอนันต์มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก สูงที่สุดทั้งในผลดิบและผลสุก ขณะที่เนื้อมะม่วงทุกสายพันธุ์ทั้งผลดิบ และ ผลสุกจะมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเมล็ดและเปลือก อย่างไรก็ตามเนื้อมะม่วงสุกทุกสายพันธุ์มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อมะม่วงดิบ เมื่อพิจารณาที่ระดับความสุกต่างกัน คือในมะม่วงดิบและมะม่วงสุกพบว่าเมล็ดในของมะม่วงดิบส่วนใหญ่มีแนวโน้มของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าในมะม่วงสุกเล็กน้อย ยกเว้นเมล็ดในของมะม่วงเขียวเสวยและฟ้าลั่น ซึ่งเมล็ดในมะม่วงสุกจะมีค่าสูงกว่าเมล็ดในมะม่วงดิบเล็กน้อย แต่เปลือกและเนื้อของมะม่วงสุกจะมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวสูงกว่าในเปลือกและเนื้อมะม่วงดิบ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกจะเห็นได้ว่าตัวอย่างมะม่วงที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงจะมีแนวโน้มของมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกได้ดีด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของเปลือก และเนื้อของมะม่วงสุกจะมีค่าสูงกว่าในเปลือกและเนื้อของมะม่วงดิบ ทั้งนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะม่วง ซึ่งพบว่าเมื่อมะม่วงสุกทั้งเปลือกและเนื้อของมะม่วงจะมีสีเขียวลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น สีเหลืองที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ จากการทดลองของ Chen และคณะในปี 2007 พบสารในกลุ่มของคาโรทีนอยด์หลายชนิดในมะม่วงสุกของไต้หวันที่สำคัญคือ ไวโอลาแซนทิน (violaxanthin) และ ทรานส์เบต้าคาโรทีน (*trans*-β-carotene) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Charoensiri และคณะในปี 2009 ซึ่งพบว่าในมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้มีเบต้าคาโรทีน และไลโคปีนสูง ในขณะที่มะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวย และแรดจะมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ดังกล่าวที่ต่ำกว่ามาก ดังนั้นเมื่อปริมาณเบต้าคาโรทีน และไลโคปีนเพิ่มสูงขึ้นในมะม่วงสุกจึงมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น

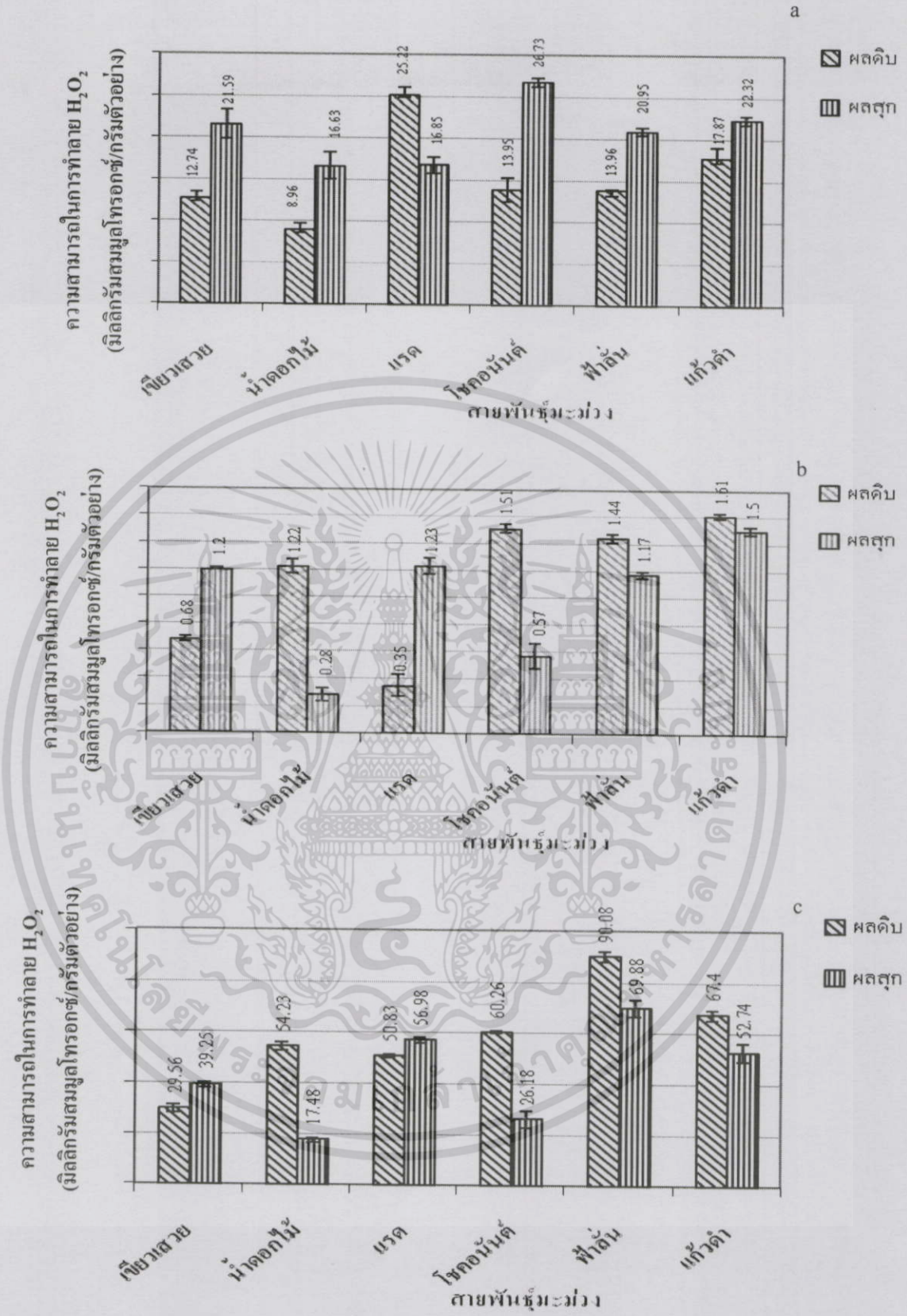
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของสารสกัดเปลือก เนื้อ และเมล็ดของมะม่วง 6 สายพันธุ์ ทั้งผลดิบและผลสุก โดยรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในส่วนต่างๆ ของมะม่วงจะเห็นได้ว่าความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก กล่าวคือเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์ที่ทั้งผลดิบและผลสุกมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงที่สุดคือมีค่าอยู่ในช่วง 17.48 –90.08 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรอกซ์/กรัมตัวอย่างสด รองลงมาคือเปลือกซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 8.96 – 26.73 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรอกซ์/กรัมตัวอย่างสด และ ต่ำที่สุดคือเนื้อมะม่วงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.28 – 1.61 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์/กรัมตัวอย่างสด แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละสายพันธุ์จะเห็นได้ว่าเมล็ดในของมะม่วงฟ้าลั่นมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงที่สุดทั้งในผลดิบและผลสุกซึ่งแต่ต่างจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ที่เมล็ดมะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์จะมีค่าสูงที่สุด สำหรับเปลือกนั้นพบว่าสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงสุดคือ เปลือกของมะม่วงโชคอนันต์ ในขณะที่เนื้อมะม่วงทุกสายพันธุ์ที่ทั้งสองระดับความสุกจะมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเมล็ดและเปลือก

เมื่อพิจารณาที่ระดับความสุกต่างกัน คือในมะม่วงดิบและมะม่วงสุกพบว่าเมล็ดใน และเนื้อของมะม่วงดิบทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มของความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สูงกว่าในมะม่วงสุก ยกเว้นมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย และแรด ที่เมล็ดในและเนื้อของมะม่วงสุกจะสูงกว่าเมล็ดในและเนื้อของมะม่วงดิบเล็กน้อย แต่ในเปลือกของมะม่วงสุกเกือบทุกสายพันธุ์จะมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวสูงกว่าในเปลือกมะม่วงดิบ ยกเว้นเปลือกมะม่วงแรดที่มีความสามารถในการทำลายไฮโดเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงเมื่อสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของเปลือก (a) เนื้อ (b) และเมล็ดใน (c) ของมะม่วง 6 สายพันธุ์ที่ระดับความสุกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และ ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์

พันธุ์มะม่วง	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลโทรอกซ์/กรัมตัวอย่าง)			ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (มิลลิกรัมสมมูลโทรอกซ์/กรัมตัวอย่าง)			ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลโทรอกซ์/กรัมตัวอย่าง)		
	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด	เปลือก	เนื้อ	เมล็ด
เขียวเสวย(ดิบ)	31.95±1.16^{g}	0.71±0.01^{f}	95.79±1.36^{f}	12.86±0.35^{ef}	0.48±0.00^{f}	37.83±0.99^{f}	12.74±0.88^{d}	0.68±0.02^{d}	29.56±1.70^{g}
เขียวเสวย(สุก)	37.28±1.27^{e}	0.85±0.03^{e}	89.51±0.64^{gh}	16.69±0.59^{c}	0.54±0.01^{e}	42.01±0.66^{gh}	21.59±1.99^{b}	1.20±0.2^{c}	39.25±1.24^{e}
น้ำดอกไม้(ดิบ)	36.32±0.83^{ef}	1.39±0.01^{d}	92.23±7.43^{fg}	13.37±0.42^{e}	0.74±0.01^{c}	45.20±0.79^{fg}	8.96±0.88^{e}	1.22±0.06^{c}	54.23±1.62^{d}
น้ำดอกไม้(สุก)	36.11±0.72^{ef}	1.67±0.03^{d}	72.65±3.88^{d}	14.35±0.20^{d}	0.85±0.04^{b}	28.66±0.53^{d}	16.63±1.83^{c}	0.28±0.06^{f}	17.48±1.10^{f}
แรด(ดิบ)	39.62±1.23^{b}	1.64±0.01^{c}	109.08±1.59^{e}	10.48±0.32^{h}	0.19±0.01^{h}	48.52±0.96^{c}	25.22±0.90^{a}	0.35±0.10^{f}	50.83±0.84^{d}
แรด(สุก)	40.05±0.34^{a}	2.07±0.04^{a}	89.18±2.37^{gh}	12.46±0.18^{f}	0.27±0.01^{g}	39.24±0.46^{gh}	16.85±1.07^{c}	1.23±0.07^{c}	56.98±1.37^{c}
โชคอนันต์(ดิบ)	29.88±0.43^{h}	1.40±0.08^{d}	167.83±3.19^{a}	16.37±0.65^{c}	0.76±0.06^{c}	71.59±1.96^{a}	13.95±1.45^{cd}	1.51±0.04^{b}	60.26±0.37^{c}
โชคอนันต์(สุก)	35.14±0.66^{f}	1.88±0.08^{b}	149.36±4.64^{b}	20.07±0.23^{a}	0.99±0.03^{a}	61.64±3.06^{b}	26.73±0.59^{a}	0.57±0.11^{e}	26.18±3.77^{h}
ฟ้าลั่น(ดิบ)	20.11±0.54^{i}	0.24±0.00^{h}	49.15±1.38^{i}	8.59±0.76^{i}	0.45±0.02^{f}	42.82±0.62^{f}	13.96±0.07^{d}	1.44±0.03^{b}	90.08±2.39^{a}
ฟ้าลั่น(สุก)	21.30±0.12^{i}	0.34±0.01^{g}	29.67±0.57^{i}	11.70±0.04^{g}	0.57±0.02^{e}	46.50±0.83^{f}	20.95±0.47^{b}	1.17±0.02^{c}	69.88±3.82^{b}
แก้วดำ(ดิบ)	43.51±0.34^{d}	1.46±0.06^{d}	130.31±2.72^{c}	17.63±0.57^{b}	0.62±0.01^{d}	46.28±0.69^{c}	17.87±1.35^{c}	1.61±0.03^{a}	67.40±2.19^{b}
แก้วดำ(สุก)	47.77±0.94^{c}	1.91±0.06^{b}	84.43±3.20^{fg}	19.51±0.12^{a}	0.99±0.02^{a}	32.00±1.17^{h}	22.32±0.52^{b}	1.50±0.04^{b}	52.74±4.24^{d}

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a-j}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยหาความแตกต่างของสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างมะม่วงแต่ละชนิดโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงตารางที่ 4.3 โดยจะเห็นได้ว่า ในมะม่วงสายพันธุ์ที่แตกต่างกันก็จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และ ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก็จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธีในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์

จากการนำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองทั้งหมดมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธี โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ผลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธีที่แตกต่างกัน ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก	ความสามารถในการทำลาย H_2O_2
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	1	0.935*	0.709*
ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก		1	0.827*
ความสามารถในการทำลาย H_2O_2			1

หมายเหตุ

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ละวิธีได้แก่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และ ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของ เปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ พบว่าโดยภาพรวมความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้ง 3 วิธี มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกัน กล่าวคือตัวอย่างสารสกัดมะม่วงที่มี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงก็จะมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และ ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงด้วย ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guorong และคณะในปี 2009 ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆ คือ DPPH ((2,2- diphenyl-1-picryhydrazyl) radical scavenging assay), FRAP (ferric reducing antioxidant power), ABTS (antioxidant capacity determined by radical cation), ORAC (oxygen radical absorbance capacity), SRSA (superoxide radical scavenging activity) และMCC (metal chelating capacity) ในผลกีวี 8 สายพันธุ์ เมื่อนำมาศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละวิธีพบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูง ยกเว้น MCC ที่ไม่พบความสัมพันธ์กับวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธีต่างๆยังมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและวิตตามินซีอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชค-อนันต์ ฟ้าลั่น และแก้วดำ ทั้งผลดิบและผลสุก โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น และค่าพารามิเตอร์สี พบว่า เมื่อมะม่วงสุกค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นจากมะม่วงดิบคือเพิ่มจากค่าเฉลี่ย 3.47 ในมะม่วงดิบ เป็น 4.91 ในมะม่วงสุก ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดก็จะลดลงจากค่าเฉลี่ย 5.08 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.78 เปอร์เซ็นต์ โดยที่มะม่วงฟ้าลั่นมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงที่สุด รองลงมาคือ เขียวเสวย แรด น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และแก้วดำ ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะแปรผันตามกัน โดยที่ในมะม่วงสุกจะมีค่าสูงกว่าในมะม่วงดิบ ปริมาณความชื้นพบว่าในเนื้อมะม่วงมีความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือในเปลือกและในเมล็ดโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 80.67, 72.07 และ 58.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงพบว่าเมื่อมะม่วงสุก เปลือกจะมีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่เนื้อจะมีความสว่างลดลง สีของทั้งเปลือกและเนื้อเมื่อสุกสีเขียวจะลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตุเห็นได้ด้วยตา

จากการตรวจวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง 6 สายพันธุ์ ดังกล่าวทั้งผลดิบและผลสุก พบว่าเมล็ดในของมะม่วงทุกสายพันธุ์มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือก และ เนื้อ โดยมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 29.67 – 167.83, 22.11 – 47.77 และ 0.24 – 2.07 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ มีค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกอยู่ในช่วง 28.66-71.59, 8.95 -19.51 และ 0.19-0.99 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ และมีค่า ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 17.48 – 90.08, 8.96 – 26.73, และ 0.28-1.61 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงโชคอนันต์ ที่ทั้งสองระดับความสุกจะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด เมื่อพิจารณาที่ระดับความสุกต่างกันพบว่า เมล็ดในของมะม่วงดิบส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สูงกว่าเมล็ดในของมะม่วงสุก สำหรับเปลือกและเนื้อมะม่วงสุกทุกสายพันธุ์ จะมีแนวโน้มของความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่า เปลือก และเนื้อมะม่วงดิบ เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งสามวิธีพบว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผันตามกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีโดยเฉพาะเมล็ดในและเปลือกของมะม่วง ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมจึงน่าจะศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2546. *ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช : มะม่วง เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 142 หน้า.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร. 2544. *รายงานเกณฑ์คุณภาพและวิธีการตรวจวัดคุณภาพวัตถุดิบมะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร*. กรุงเทพฯ: ส่วนอุตสาหกรรมเกษตรสำนักพัฒนาอุตสาหกรรม.

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2547. *คู่มือมะม่วง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทพพิทักษ์.

จริงแท้ ศิริพาณิช. 2541. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 หน้า.

เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. *การปลูกมะม่วง*. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์. 88 หน้า.

ธวัชชัย รัตน์ชเลส, พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และ รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2546. *มะม่วงแก้ว : ไม้ผลเพื่อความหวังและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ*. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน. 199 หน้า.

นภชลัช ยอดพรหม. 2549. สมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมะม่วงต่อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีโอกาสปนเปื้อนในโยเกิร์ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชนา เจนวิถีสุข. 2545. *แอนติออกซิเดนท์: สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย*. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์. 281 หน้า.

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และ ศศิธร จันทนวรางกูร. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ. 554-561.

พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2547. ศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระและการตรวจประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารจากพืช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*. 24(2): 18-35.

มาลิน จุลศิริ. 2540. *ยาต้านจุลชีพ*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาการสาธารณสุขอาเซียน. 209 หน้า.

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และพัชรี บุญศิริ. 2542. โปรออกซิแดนท์ : อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิแดนท์. *วารสารวิทยาศาสตร์*. 53: 196-198.

วิจิตร วังใน. 2533. *การทำสวนมะม่วง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 28 หน้า.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. *อาหาร*. 32(4): 245-253.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันคีนันแห่งเอเชีย. 2549. โครงการจัดทำแผนที่เครือข่ายวิสาหกิจ (Cluster Mapping) เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการ. กรุงเทพฯ : หจก. อุดมรัตน์การพิมพ์และดีไซน์. หน้า 33-35.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา ยุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2550. *สารต้านอนุมูลอิสระ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์. 280 หน้า.

Ajila, C.M., Bhat, S.G. & Prasada Rao, U.J.S. 2007a. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*. 102: 1006–1011.

Ajila, C.M., Naidu, K.A., Bhat, S.G. & Prasada Rao, U.J.S. 2007b. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*. 105: 982-988.

AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical Chemists, Inc, Virginia. 1298 p.

AOAC 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, (17th ed.), Gaithersburg, MD, USA.

Beerh, O.P., Raghuramaiah, B. & Krishnamurthy, G.V. 1976. Utilization of mango waste; recovery of juice from waste pulp and peel. *Journal of Food Science and Technology*. 13: 138-141.

Benzie, I.F.F. & Strain, J.J. 1999. Ferric reducing/antioxidative power assay : Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version of simultaneous measurement of antioxidant power and ascorbic acid concentration. *In* Methods in enzymology, vol.299 (Packer, L., ed.). New York : Academic Press, Inc. 15-27.

Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A. & Carle, R. 2005. Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 6: 442-452.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*. 28: 25-30.

Charoensiri R., Kongkachuichai R., Suknicom S., Sungpuag P. 2009. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits Food Chemistry. 113: 202–207.

Chen J.P., Tai C.Y., Chen B.H. 2007. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (Mangifera indica L.). Food Chemistry. 100: 1005–1010.

Frankel, E.N. & Meyer, A.S. 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 1925-1941.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guorong Du, Mingjun Li, Fengwang Ma, Dong Liang. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits.Food Chemistry 113 (2009) 557–562

Kriengsak Thaiponga, Unaroj Boonprakoba,_Kevin Crosbyb, Luis Cisneros-Zevallosc, David Hawkins Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19: 669–675

Loelillet, D. 1994. The European mango market: A promising tropical fruit. *Fruit*. 49: 332-334.

Molyneux, D. 2004. `Neglected' disease but unrecognised successes: challenges and opportunities for infectious disease control. *Lancet*. 364: 380-383.

Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H. & Matoba, T. 2004. Effect of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. *Journal of food science*. 69(1): FCT7-FCT10.

Neilson, S.S. 1998. *Food Analysis*. 2nd edition. Aspen Publishers.Inc. Gaithersbrug, Maryland.

Prior, R.L., Wu, X. & Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(6): 1841-1856.

Punchard, N.A. & Kelly, F.J. 1996. *Free radicals: a practical approach*. Washington, D.C. Oxford university press, Inc. 310 p.

Ribeiro, S.M.R., Barbosa, L.C.A., Queiroz, J.H., Knodler, M. & Schieber, A. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*. 110: 620-626.

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

Willcox, J.K., Ash, S.L. & Catignani, G.L. 2004. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44: 275-295.

Yen, G.C. & Chen, A.Y. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43: 27-37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวัดค่าความเป็นกรดด่าง

วัดความเป็นกรดด่าง (pH) ใช้วิธีซึ่งรายงานโดย Cheng และคณะ (2007) โดยนำเนื้อมะม่วงมาปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้จนสังเกตเห็นว่าเนื้อมะม่วงละเอียด จากนั้นจึงกรองด้วยผ้าขาวบาง บีบคั้นน้ำลงในบีกเกอร์ จากนั้นนำตัวอย่างไปวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter ขั้วอิเลคโทรดแก้วที่อุณหภูมิห้อง

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

วิธีวิเคราะห์

1. กด cal ที่เครื่องจนกระทั่งขึ้น Ct1
2. จุ่ม probe ลงใน pH 7 กด Enter รอจนกระทั่ง Ct2 ปรากฏ
3. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
4. จุ่ม probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า slope ในช่วง 56-62 (ค่าติดลบ)
5. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
6. จุ่ม probe ลงในตัวอย่าง กด Enter 2 ครั้ง จะปรากฏค่า pH ของตัวอย่าง

หมายเหตุ

- pH buffer ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ในขั้นตอนที่ 2 ใช้เวลาไม่เกิน 10-15 นาที ถ้าเกินให้ปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่
- ถ้าไม่ขึ้น Ct2 แต่ขึ้น Et3 ให้ปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่ ถ้ายังไม่ได้ให้เปลี่ยน pH buffer ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อมะม่วงใช้วิธีของ AOAC (2000) ค่าความเป็นกรดที่วิเคราะห์ได้นิยมเรียกว่า total titratable acidity ในงานวิจัยนี้จะรายงานปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

อุปกรณ์

1. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ขนาด 100 และ 300 มิลลิลิตร
7. แท่งแก้วคนสาร
8. ช้อนตักสาร

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (N)
2. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) ความเข้มข้น 1%
3. เอธานอล (ethanol) ความเข้มข้น 95%
4. โพแทสเซียมพทาเลต (potassium phthalate)

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย NaOH มาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N (โดยประมาณ) โดยชั่ง NaOH 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป standardize ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมพทาเลต ($KHC_8H_4O_4$)

วิธี standardize สารละลาย NaOH ทำโดย

1) ละลาย $KHC_8H_4O_4$ ที่ผ่านการอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator ปริมาณ 0.6000-0.7000 กรัม ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่
2) หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ในสารละลาย $KHC_8H_4O_4$ จำนวน 2 หยด
3) นำไปไตเตรตกับสารละลาย NaOH ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายปฏิกิริยาเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนที่คงตัว โดยทำการไตเตรต 3 ครั้ง บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{จำนวนกรัม } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตร NaOH} \times 204.229}$$

2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1%

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ในเอธานอล 95% 100 มิลลิลิตร

การสกัดตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วง 15 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้โดยใช้ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที
3. ต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงใช้กระจกนาฬิกาปิด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. กรองสารตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างสารสกัดเนื้อมะม่วง 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด
3. ไตเตรตด้วยสารละลาย NaOH มาตรฐาน จนได้สีชมพูจางๆ คงที่ บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
4. คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในสารละลายตัวอย่างเนื้อมะม่วง

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{(V)(N)(eq.Wt.)(100)}{(1000)(v)}$$

เมื่อ V = ปริมาณของสารละลายมาตรฐาน NaOH

N = normality ของสารละลายมาตรฐาน NaOH

v = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง

eq.Wt. = น้ำหนักสมมูลย์ของกรดซิตริกเท่ากับ 64 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์โดย DNS method จะใช้วิธีซึ่งรายงานโดย Neilson (1998)

สารเคมี

1. กรด 3, 5-ไดไนโตรซาลิไซลิก (3,5-dinitrosalicylic acid)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
3. โพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรท (Potassium sodium tartrate)
4. กลูโคส (Glucose)

การเตรียมสารเคมี

1. Dinitrosalicylic reagent (DNS reagent)

ละลาย 3, 5- dinitrosalicylic acid 1 กรัมใน 2 N NaOH 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรทลงไป 30 กรัม คนให้ละลาย ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

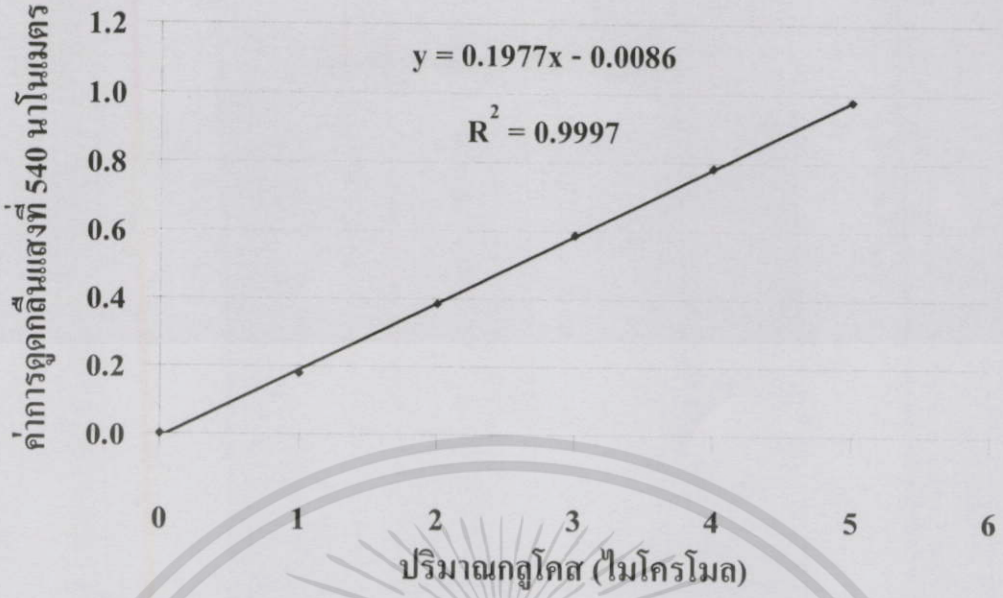
2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (MW = 180.2) โดยละลายกลูโคส 0.0901 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกลูโคส (ความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร) 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 มิลลิลิตร
2. เติม DNS reagents หลอดละ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน
3. นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดโดยใช้แผ่นเพจทำความร้อนนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที
4. เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร
6. บันทึกผลการทดลองและนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคสในแต่ละความเข้มข้น จะได้กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส แสดงดังรูปที่ ค.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

การสกัดตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วง 15 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที
3. ต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้กระจกนาฬิกาปิด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. กรองสารตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.8 มิลลิลิตรและเติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน
2. นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที
3. เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร คำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างโดยใช้กราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

การคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

สมการจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

$$y = 0.1977x + 0.0086 ; R^2 = 0.9997$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

x = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ไมโครโมล/ 0.2 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบ

ครั้งที่ 1 ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบ 0.2 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เท่ากับ 0.423

แทนค่าในสูตรจะได้

$0.423 = 0.1977x + 0.0086$

$x = 2.138$ ไมโครโมล / 0.2 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

ตัวอย่างสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 2.138 ไมโครโมล

ตัวอย่างสารสกัด 100 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $\frac{2.138 \times 100}{0.2}$ = 1091.55 ไมโครโมล

โดยที่ตัวอย่างสารสกัด 100 มิลลิลิตรนั้น เตรียมจากเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบ 15 กรัม

ดังนั้นเนื้อมะม่วงเขียวเสวยดิบ 15 กรัม

มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $\frac{1091.55}{15}$ = 72.77 ไมโครโมล/ กรัม

1 โมล กลูโคส หนักเท่ากับ 180.2 กรัม

1 ไมโครโมล กลูโคส หนักเท่ากับ 180.2 ไมโครกรัม

ดังนั้น 72.77 ไมโครโมล เท่ากับ $\frac{180.2 \times 72.77}{1}$

= 1,3113.15 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง

= 13.11 มิลลิกรัมกลูโคส/กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)
2. โถดูดความชื้น (Disiccator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. Tong
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. ช้อนตักสาร

วิธีวิเคราะห์

1. นำถ้วยอลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างมะม่วงตัวอย่างละ 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถ้วยอลูมิเนียม
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่
4. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ละลายในเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรมให้เป็น 50 มิลลิลิตร
2. เอธานอล ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ 0.12 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง
2. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด และเอธานอล ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 1.2 มิลลิลิตร นั่นคือปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัด และเอธานอล ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ จะต้องเท่ากับ 1.08 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอล ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์เป็น blank
5. คำนวณเปอร์เซนต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยแทนค่าในสมการดังนี้

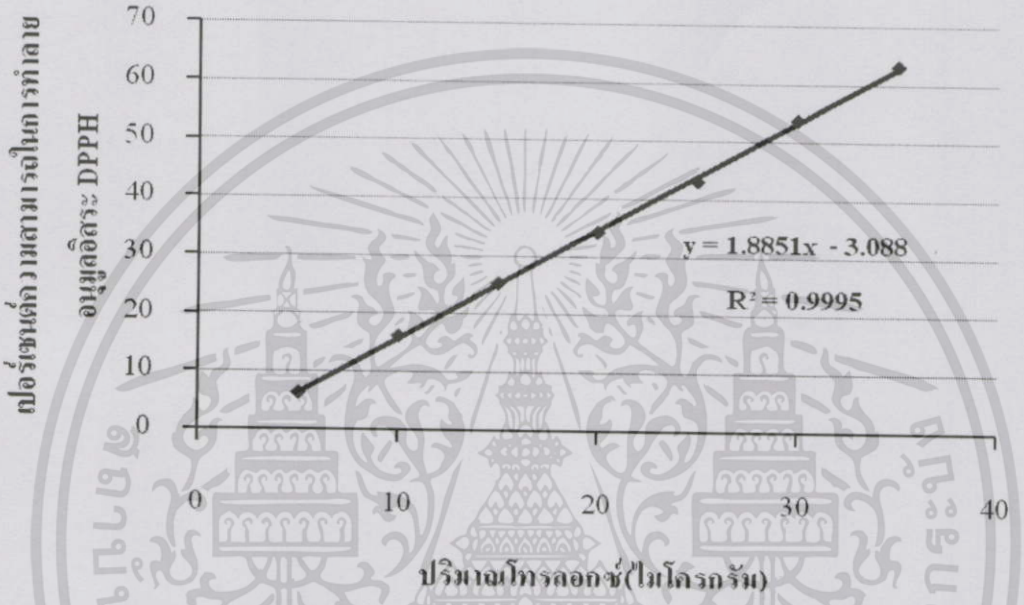
{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลาย DPPH โดยให้ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลายโทรลอกซ์ โดยให้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.2 มิลลิลิตร
3. ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร
4. เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม(vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ในที่มืด
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ เป็น blank
7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยไมโครกรัม



รูปที่ จ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัดจากเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง

วิธีการวิเคราะห์ทำโดยดูดสารสกัดที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมมา ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ให้ปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

คำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPHของตัวอย่างสารสกัด สมมูลโทรอกซ์ โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH $= \left(1-\left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right)\times 100$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ดังรูปที่ จ 1 สมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

$y = 1.8851x - 3.088$; $R^2 = 0.9995$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 0.08 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เท่ากับ 0.451 และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 0.788 แทนค่าในสมการจะได้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH $= \{1-(0.451/0.788)\} \times 100$

$= 42.77$

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

$42.77 = 1.8851x - 3.088$

$x = 24.32$ ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 24.32 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 30,406 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 100 มิลลิลิตร มาจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 1 กรัมดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 30,406 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 30.41 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain 1999 มีหลักการคือ ดูความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส(Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

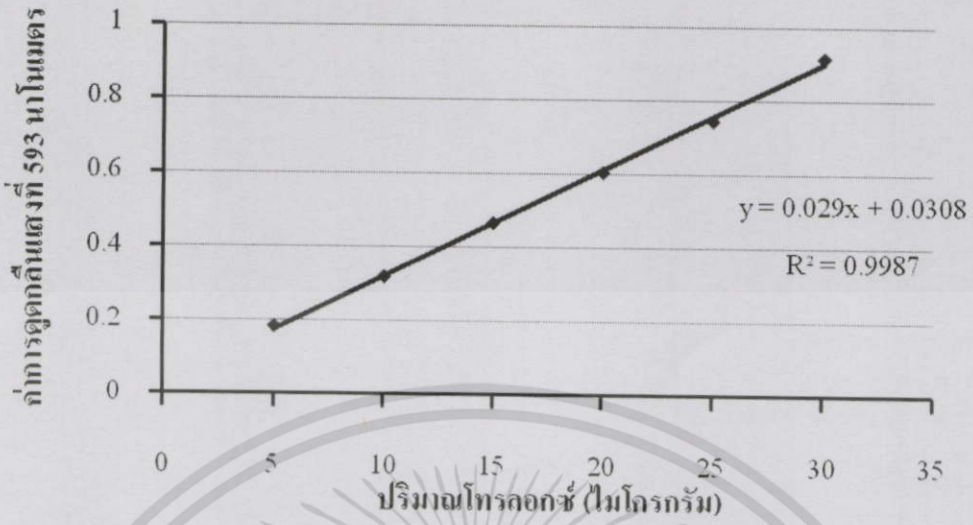
สารเคมี

1. อะซิเตต บัฟเฟอร์ (acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ชั่ง โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต 3.1 กรัม ผสมกับ กรดแกลเชียลอะซิติก 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ เป็น 1 ลิตร
2. สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ในHCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ชั่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร
3. สารละลาย $FeCl_3 . 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ชั่ง $FeCl_3 . 6H_2O$ 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50มิลลิลิตร
4. FRAP reagent ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มี อัตราส่วนของอะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3 . 6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ซึ่งจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร
1. เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร
4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของตัวอย่างสารสกัด

1. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตรประมาณ 0.1 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

คำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัด สมมูลโทรอกซ์ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ดังรูปที่ ฉ 1 โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

สมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

$y = 0.028x + 0.0308$; $R^2 = 0.9987$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

x = ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (ไมโครกรัม/ 0.1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 0.08 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโน

เมตร เท่ากับ 0.404

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์(รูปที่ ฉ 1)

$0.404 = 0.028x + 0.0308$

$x = 12.87$ ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก = 12.87 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก = 16,087.5 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 100 มิลลิลิตร มีปริมาณตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 1 กรัมดังนั้น

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก = 16,087.5 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก = 16.09 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2 scavenging activity)

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะใช้วิธีที่รายงานโดย Yen และ Chen (1995) โดยวัดปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 230 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ดี จะทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้มาก

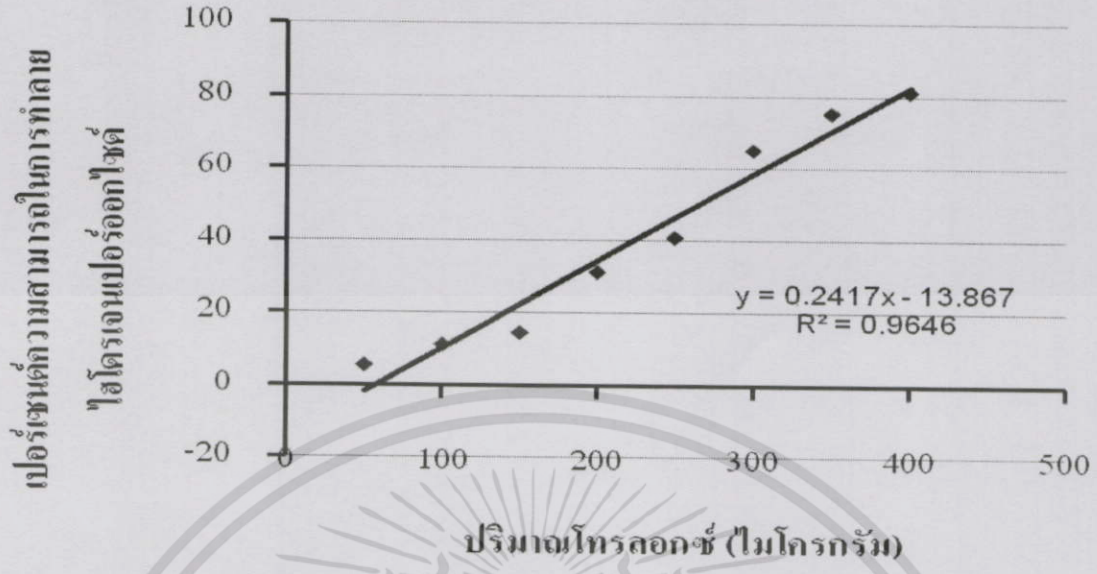
สารเคมี

1. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 90 มิลลิโมลาร์ โดยปิเปต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 เปอร์เซนต์ มา 0.92 มิลลิลิตร ละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ชั่งโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต 1.38 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ผสมกับ ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต 6.7008 กรัมปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 7.4 โดยใช้ อัตราส่วน โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต 20 เปอร์เซนต์ ต่อ ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต 80 เปอร์เซนต์

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

5. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 และ 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.05 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้มีปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 2 มิลลิลิตร
6. ปิเปตน้ำกลั่น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
7. เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 90 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร
8. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
9. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร
10. สำหรับ blank ให้ใช้ ตัวอย่างที่วิเคราะห์ผสมกับ phosphate buffer โดยไม่ต้องมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในตัวอย่างสารสกัด

1. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
2. ปิเปตน้ำกลั่น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
3. เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 90 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร
4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร
6. สำหรับ blank ให้ใช้ ตัวอย่างที่วิเคราะห์ผสมกับ phosphate buffer โดยไม่ต้องมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

คำนวณความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของตัวอย่างสารสกัด สมมูลโทรอกซ์ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์มาแทนค่าในสมการคำนวณหาค่าเปอร์เซนต์ความสามารถในการทำลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไดของตัวอย่างสารสกัดโดยแทนค่าในสมการดังนี้

{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

แล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแทนในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ ดังรูปที่ ง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$y = 0.2417x - 13.867$; $R^2 = 0.9646$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร

x = ค่าความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(ไมโครกรัม/ 0.1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 0.08 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร เท่ากับ 0.648

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = {1- (0.648/0.842) } x 100

= 23.04

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์(รูปที่ ง 1)

23.04 = 0.2417x – 13.867

x = 152.69 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 152.69 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 0.1 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 12,725 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 100 มิลลิลิตร มีปริมาณตัวอย่างเปลือกมะม่วงเขียวเสวยดิบ 1 กรัมดังนั้น

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 12,725 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 12.73 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวลลิตา สมประสงค์ เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโยยีการอาหาร จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2549 ศึกษาต่อในระดับ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ปีการศึกษา 2549 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้